

Perancangan Antena Mikrostrip Circular Dual Band 28/38 GHz Dengan Metamaterial CSRR Untuk Jaringan Komunikasi 5G

Hidayatul Amin, Yusnita Rahayu

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia
Email: hidayatul.m.amin@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Communication technology development are growing to the 5G era, where there is a significant increase in performance compared to previous generations. The occurrence of improvement and mobile wireless service in the future, there are still some issues that can not be accommodated even by today's 4G, such as high data rates, area coverage and low energy consumption. Therefore, 5G technology will solve the problem and the need to improve efficiency and network capacity, increase data rate with better coverage on low power consumption. This research will design microstrip antenna MIMO (multiple input multiple output) 4x4 with Metamaterial CSRR (Complementary Split-Ring Resonator), which works at a frequency of 28 GHz and 38 GHz using CST Microwave Studio software, The antenna is designed by using RT-duroid 5880 substrate with a thickness of 1.575 mm. The simulation results obtained for MIMO 4x4 are the return loss value of -25.916 dB and -25.697, the bandwidth for frequency 28 is 15.89% (4.45 GHz) and frequency of 38 5.92% (2.25 GHz), VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) ≤ 1.106 and ≤ 1.109 and gain $\geq 10,5$ dBi.

Keywords: Return loss, Bandwidth, VSWR, gain

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi 5G yang akan datang diharapkan bisa memecahkan masalah dan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi dan kapasitas jaringan, peningkatan data rate dengan cakupan yang lebih baik pada konsumsi daya yang rendah. Maka dari itu diperlukan suatu perancangan antena yang cocok untuk komunikasi nirkabel 5G guna untuk mencapai *bandwidth* yang lebih besar, radiasi yang lebih baik, efisiensi antena yang lebih baik, dan kinerja yang baik. Sebagai generasi baru jaringan komunikasi 5G memiliki keunggulan transmisi data rate yang tinggi dan pemanfaatan sumber spektrum dibandingkan dengan jaringan 4G dan cakupannya juga sangat meningkat.

Komunikasi 5G pada saat ini mulai dikembangkan untuk meningkatkan kualitas komunikasi, khususnya meningkatkan kualitas dalam area berukuran kecil. Saat ini, para peneliti sedang mengerjakan standar nirkabel generasi kelima (5G) dengan tingkat data yang luar biasa. Pada jaringan 5G, peningkatan kapasitas saluran bisa mencapai 1000 kali lipat dari 4G, di mana tingkat kemajuan edge akan 100 kali perwaktu. Persyaratan ini diharapkan dapat dipenuhi dengan memanfaatkan teknologi baru utama *multiple-*

input-multiple-output (MIMO) (Al-Tarifi dkk, 2016).

MIMO adalah metode yang memungkinkan untuk meningkatkan *throughput data* menggunakan beberapa saluran transmisi untuk penerimaan data dengan saluran yang berbeda-beda. Untuk mewujudkan teknologi MIMO pada struktur *multi antenna mobile* dapat menggunakan polarisasi dan keragaman pola untuk komunikasi yang baik dengan *mutual coupling* yang rendah.

Penelitian antena yang bekerja pada frekuensi gelombang millimeter *dual-band* telah banyak dilakukan. Seperti yang dilakukan oleh Lisma F, Yofan H, Yusnita R, dan Adit K dalam penelitiannya yang berjudul "A New 2x4 Array Design of Dual-Band Millimeter-Wave Antenna for 5G Applications" pada tahun 2018 dengan hasil nilai *return loss* -19.755 dB, $VSWR \leq 1.5$ dan *bandwidth* 1.189 GHz pada frekuensi 28 GHz sedangkan pada frekuensi 38 GHz didapatkan hasil *return loss* -19.553 dB, $VSWR \leq 1.5$ dan *bandwidth* 1.42.

Penelitian tentang antena MIMO yang bekerja pada frekuensi gelombang milimeter juga telah dilakukan I. R. Mustofa dan Yusnita R yang berjudul "Design of 2x2 MIMO Microstrip Antenna Rectangular Path Array for 5G Wireless Communication Network" pada tahun 2017 dengan

hasil *return loss* -44,77 dB, *VSWR* 1.9 , *bandwidth* 1.95 GHz (6.96 %) dan *gain* 18,5 dBi.

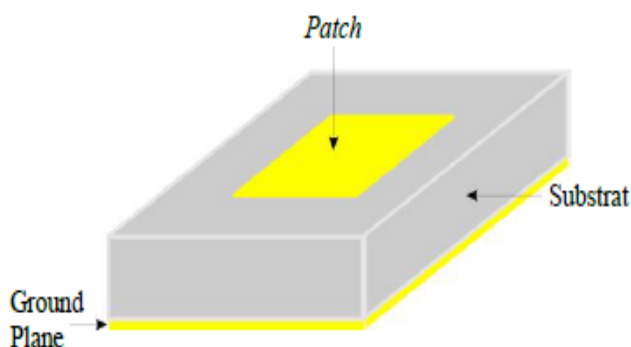
Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antenna mikrostrip MIMO 4x4 yang bekerja pada frekuensi 28 dan 38 GHz dengan menggunakan *software CST Microwave Studio* sehingga nantinya dapat digunakan untuk aplikasi jaringan komunikasi nirkabel 5G. Pada perancangan ini menggunakan teknik pencatutan *Microstrip Line/T-junction* yang terdiri dari 4 elemen peradiasi yang disusun secara *planar* untuk mendapatkan *gain* yang tinggi (> 10 dBi).

LANDASAN TEORI

1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antenna yang terdiri atas elemen radiasi (*Patch*) yang sangat tipis yang dilakukan *ground plane*, dimana antara bidang dengan elemen radiasi (*Patch*) dipisahkan oleh substrat dielektrik. Pengembangan antenna mikrostrip berawal dari ide dasar bagaimana menggunakan *printed circuit technology* tidak hanya untuk komponen rangkaian dan saluran transmisi pada sistem elektronika, tapi bisa juga digunakan sebagai elemen peradiasi. Antena mikrostrip mendapat perhatian yang cukup besar pada tahun 1970-an meskipun ide dasar pembuatannya yaitu tahun 1933 dan mendapatkan hak paten tahun 1935 (Saleh, 2015).

Dari gambar 1 dapat dilihat struktur antenna mikrostrip yang terbagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian *patch*, *substrat*, dan *ground plane*.



Gambar 1. Struktur Antena Mikrostrip
(Wibowo, 2017)

2. Parameter Antena

Performansi dari suatu antenna dapat dilihat dari parameter antenna itu sendiri. Ada banyak parameter

dari antenna. Berikut ini akan dijelaskan beberapa parameter tersebut.

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah kemampuan suatu antenna untuk bekerja pada frekuensi yang diinginkan. Pengukuran VSWR berhubungan dengan pengukuran koefisien refleksi dari antenna tersebut. Perbandingan level tegangan yang kembali ke pemancar (V^-) dan yang datang menuju beban (V^+) ke sumbernya lazim disebut koefisien pantul atau koefisien refleksi (Darmawan, 2016).

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

dimana:

Z_1 = impedansi beban (*load*)

Z_2 = impedansi saluran *lossless*.

Return Loss

Return Loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena), sehingga tidak semua daya yang diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan kembali (Wibowo, 2017)..

Persamaan dari *Return loss* adalah:

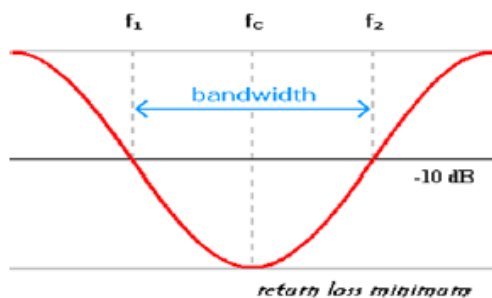
$$return\ loss = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2)$$

Nilai *return loss* yang baik adalah dibawah -9,54 dB, karena pada saat kondisi tersebut saluran transmisi dalam keadaan *matching* dimana gelombang yang direfleksikan lebih kecil dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan. Nilai dari parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

Bandwidth

Bandwidth atau lebar pita frekuensi suatu antenna didefinisikan sebagai besar rentang frekuensi kerja dari suatu antenna, di mana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, *beamwidth*, polarisasi,

gain, efisiensi, VSWR, return loss,) memenuhi spesifikasi standar. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas dari suatu antenna sudah diketahui. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antenna, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antenna seperti pada gambar 2. (Herudin, 2012).



Gambar 2. Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth*
(Herudin, 2012)

Persamaan untuk mencari *Bandwidth* sebagai berikut:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \% \quad (3)$$

Keterangan:

f_2 = frekuensi tertinggi (Hz)

f_1 = frekuensi terendah (Hz)

f_c = frekuensi tengah (Hz)

Penguatan (Gain)

Ada dua jenis parameter penguatan (*Gain*) yaitu *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* pada sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara tropik sama dengan daya yang diterima oleh antenna (P_{in}) dibagi 4π . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan persamaan 4 (Darmawan, 2016):

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

Selain penguatan absolute, ada juga penguatan relatif. Penguatan relatif didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama di antara kedua antenna itu. Akan tetapi antenna referensi merupakan sumber isotropik yang *lossless*. Secara umum dapat dihubungkan dengan persamaan 5. (Darmawan, 2016):

$$G = d \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in, losles}} \quad (5)$$

Keterangan :

$U(\theta, \phi)$ = Perolehan daya pada arah tertentu

P_{in} = Daya yang diterima oleh antenna

$P_{in} (losless)$ = Daya yang diterima oleh antenna isotropik ϵ

Antena Mikrostrip Patch Lingkaran

Menentukan *radius circular* (α) (Syahrial, 2015):

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (7)$$

Keterangan

F = Fungsi logaritmik elemen peradiasi

α = Dimensi radiasi *circular* (cm)

h = Ketebalan substrate (mm)

ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat (F/m)

f_r = Frekuensi resonansi (MHz)

Teknik Pencatutan Mikrostrip Line Feeding

Pada tugas akhir ini digunakan metode *microstrip line feeding*. Metode ini tersusun dari dua konduktor, yaitu sebuah *strip* dengan lebar w dan bidang pentanahan (*Ground Plane*), keduanya dipisahkan oleh suatu substrat yang memiliki permitivitas relatif (ϵ_r) dengan tinggi (h). Parameter utama yang penting untuk diketahui pada suatu saluran transmisi adalah impedansi karakteristiknya (Z_0). Impedansi karakteristik (Z_0) dari saluran *microstrip* ditentukan oleh lebar strip (w) dan tinggi substrat (h).

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung Panjang dan lebar lebar saluran mikrostrip diberikan oleh persamaan 8 dan 9 di bawah ini (Saleh, 2015):

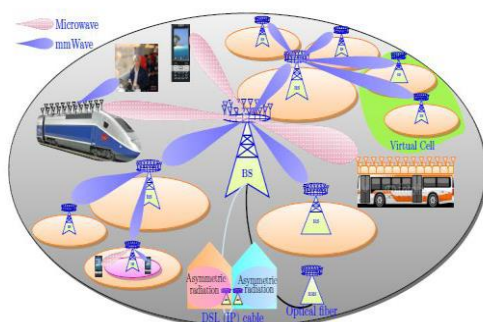
$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B-1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B-1) + \frac{0,39}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (8)$$

Dengan ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif dan:

$$B = \frac{60\epsilon_r^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (9)$$

Massive MIMO

MIMO (*Massive Multiple Input Multiple Output*) merupakan suatu sistem penyusunan antenna dimana jumlah antenna *transmitter* dan antenna *receiver* terdiri lebih dari satu antenna (jumlah yang sangat banyak). Penyusunan antenna secara *massive* ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *user* yang setiap tahunnya mengalami kenaikan dari sisi jumlah. Konsep *multi-user* MIMO sudah ada sejak beberapa tahun belakangan ini, tapi menerapkan dan menyebar banyak antenna pada *base station* merupakan suatu hal yang relatif baru. Dengan menerapkan banyak antenna pada *base station*, proses transmisi bisa lebih terfokuskan pada terminal yang dituju. Semakin banyak antenna yang dipakai, semakin dapat terfokuskan gelombang yang ditransmisikan seperti ditunjukkan pada gambar 3. (Santoso dkk, 2017)

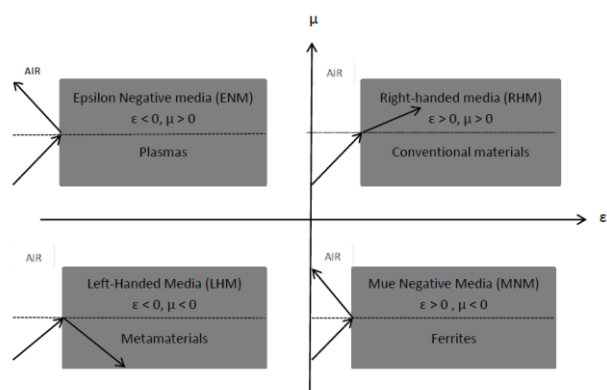


Gambar 3. Arsitektur jaringan 5G berdasarkan *mmWave* dan *Massive MIMO* (Santoso dkk, 2017)

3. Metamaterial

Metamaterial merupakan media/bahan yang dirancang (artifisial) untuk memiliki karakteristik permeabilitas dan/atau permitivitas negative. Permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) adalah dua parameter yang digunakan untuk mengarakterisasi property listrik dan magnetic dari material yang berinteraksi dengan medan-medan elektromagnetik. Permitivitas adalah ukuran seberapa besar perubahan sebuah medium untuk menyerap energi listrik ketika dipaparkan ke sebuah medan listrik. Permitivitas merupakan perbandingan antara perpindahan listrik oleh medium (D) dengan kuat medan listrik (E).

Dari gambar 4 kuadran 1 merupakan daerah bahan dielektrik yang sering dijumpai dengan ϵ dan μ positif. Material plasma untuk frekuensi tertentu memiliki karakterisasi $\epsilon < 0$ dan $\mu > 0$ sehingga termasuk di kuadran 2. Begitu juga dengan material di kuadran 4 ($\epsilon > 0$, $\mu < 0$) yang sangat jarang ditemui kecuali material *gyroscopic* yang memiliki sifat ini untuk frekuensi tertentu. Dan untuk kuadran 3 dengan ϵ dan μ negative sampai saat ini belum ditemukan di alam. Namun demikian ϵ dan μ negative dapat diperoleh dengan merekayasa struktur dari material yang sudah ada.



Gambar 4. Klasifikasi material berdasarkan ϵ dan μ (Nuansa, 2011)

Complementary Split-Ring Resonator (CSRR)

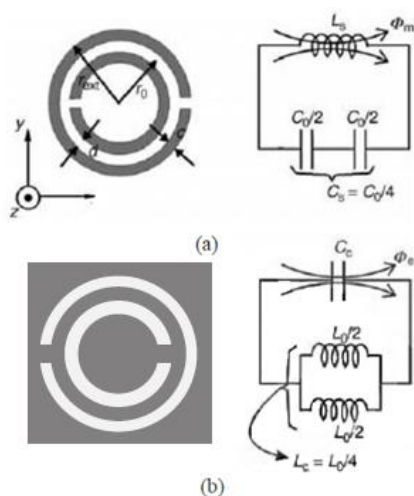
CSRR menghasilkan medium dengan permitivitas negatif dan *left-handed*. CSRR merupakan elemen komplementer dari *Split-Ring Resonator* (SRR) di mana jika SRR dibangkitkan oleh medan magnetic maka sebaliknya CSRR akan dibangkitkan oleh medan listrik yang timbul ketika arus mengalir melalui saluran transmisi (*host line*) yang berada diatasnya.

Dan dikarenakan sifat dualitas dari keduanya, pada kondisi ideal, karakteristik dan sifat elektromagnetik serta model rangkaiannya hampir sama, yang membedakan hanya dari factor L dan C yang saling berkebalikan ketika dimasukkan dalam rangkaian ekuivalen dan persamaan parameternya.

CSRR dicetak dibidang *ground* atau pada *strip* konduktor (jika memiliki cukup ruang). Desain dari CSRR ini mampu menghasilkan dipol listrik yang kuat pada frekuensi resonansinya, dan juga memiliki dimensi yang kecil, sehingga sangat baik untuk rancangan metamaterial.

Pada gambar 5(a), C_0 adalah kapasitansi total antar ring, dimana $C_0 = 2\pi r_0 C_{pul}$, dan C_{pul} adalah kapasitansi tepi per panjang unit. C_s mewakili kapasitansi seri dari ring dalam dan luar SRR ($C_s = C_0/4$). Induktansi L_s diperoleh dari ring metal dengan radius rata-rata r_0 dan lebar c .

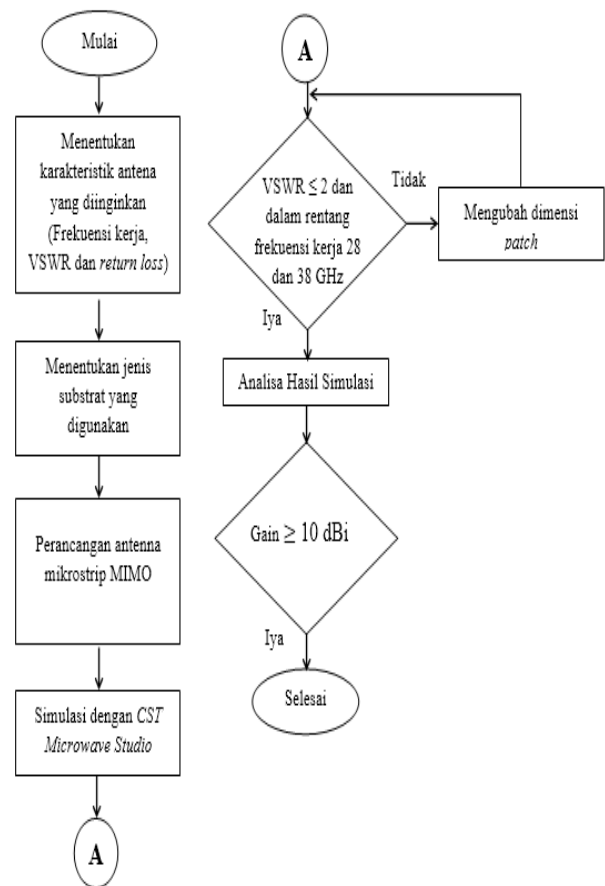
CSRR dibentuk dari dua ring slot yang masing-masing “dipotong” oleh tembaga pada ujung-ujung yang berseberangan, dan di antara kedua ring slot terdapat sebuah strip tembaga (lihat gambar 5.b).



Gambar 5. (a) Struktur SRR dan rangkian ekuivalen (b) CSRR dan rangkian ekuivalen. (Nuansa, 2011)

BAHAN DAN METODE

Dalam perancangan Antena MIMO Array diperlukan diagram alir yang berisi tahapan-tahapan untuk membantu dalam proses perancangan. Gambar 3.1 dibawah ini merupakan gambar dari diagram alir perancangan antenna mikrostrip secara umum.



Gambar 6. Diagram Alir Perancangan Antena Mikrostrip MIMO

Menentukan Karakteristik Antena

Adapun tahapan awal dari perancangan antenna adalah menentukan karakteristik antenna yang diharapkan, yaitu frekuensi kerja antenna, *impedance bandwidth*, *return loss*, *VSWR*, dan *gain*. Adapun parameter antenna 5G yang diinginkan seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter antenna yang diinginkan

Parameter	Karakterisasi Antena
Frekuensi Kerja	28 dan 38 GHz
Return Loss	< -10 dB
Bandwidth	> 500 MHz
VSWR	≤ 2
Gain	≤ 10 dBi

Menentukan Jenis Substrat yang digunakan

Adapun jenis substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah substrat *RT Duroid 5880* yang memiliki ketebalan sebesar 1,575 mm dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi substrat yang digunakan

Jenis Substrat	RT Duroid 5880
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	2,2
Dielectric Loss Tangent ($\tan \delta$)	0,0009
Ketebalan Substrat (h)	1,575 mm

Perancangan Dimensi Patch Lingkaran

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antena mikrostrip dengan frekuensi kerja 28 dan 38 GHz. Pada perancangan awal dari dimensi antena digunakan rumus yang telah dijelaskan didalam bab sebelumnya, yaitu menggunakan persamaan (6) dan (7). Perhitungan dimensi *patch* lingkaran terdiri atas dimensi *radius circular* (α).

Menentukan *radius circular* (α) :

$$F = \frac{8.789 \times 10^9}{28 \times 10^9 \sqrt{2.2}} = 0.212 \quad (10)$$

$$\alpha = \frac{0.212}{\left\{ 1 + \frac{2 \times 1.575}{3.14 \times 2.2 \times 0.212} \left[\ln \left(\frac{3.14 \times 0.212}{2 \times 1.575} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} = 2.5 \text{ mm} \quad (11)$$

Dari perhitungan tersebut yang berdasarkan spesifikasi substrat yang akan digunakan, diperoleh *radius circular* sebesar 2.5 mm.

Perancangan Saluran Pencatu 50 Ω

Pada saat perancangan antena mikrostrip elemen tunggal pada *CST Microwave Studio* perlu adanya impedansi masukan (Z_{in}) sebesar 50 Ω dimana pencatu akan dihubungkan dengan konektor *impedance* 50 Ω tersebut. Nilai tersebut bisa didapatkan dengan mengatur lebar dari saluran pencatu. Untuk mendapatkan besar lebar dari saluran pencatu yang menghasilkan nilai impedansi 50 Ω dapat dicari dengan menggunakan persamaan (11) hingga (12).

$$B = \frac{60 \times 3.14^2}{50 \times \sqrt{2.2}} = 7.98 \quad (12)$$

$$W = \frac{2 \times 1.575}{3.14} \times \left\{ \frac{7.98 - 1 - \ln[(2 \times 7.98) - 1] + \frac{2.2 - 1}{2 \times 2.2}}{\ln(7.98 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{2.2}} \right\} = 4.82 \text{ mm} \quad (13)$$

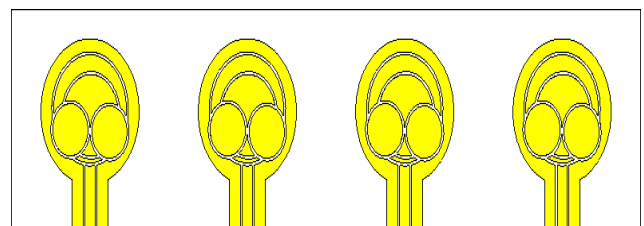
Dengan memasukkan karakteristik impedansi yang diinginkan dan parameter-parameter substrat yang digunakan ke dalam rumus di atas, maka dari hasil perhitungan untuk menghasilkan nilai impedansi 50 Ω dengan menggunakan nilai parameter substrat yang digunakan dalam perancangan ini, dibutuhkan lebar saluran pencatu sebesar 4.82 mm. Sedangkan untuk panjang saluran pencatu (l_f) diharapkan diperoleh nilai yang optimal melalui iterasi. Untuk perancangan awal digunakan panjang pencatu sebesar 1.87 mm.

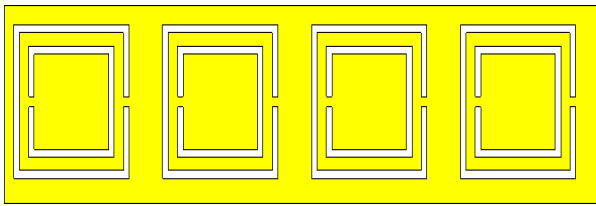
Perancangan T-Junction

Pada hasil rancangan elemen tunggal diketahui bahwa saluran pencatu yang digunakan adalah 50 Ω . Pada perancangan antena mikrostrip *planar array* 4 elemennya menggunakan teknik *T-junction*. Dimana pada perancangan ini menggunakan 2 buah saluran pencatu mikrostrip yaitu 50 Ω dan 100 Ω yang berfungsi sebagai *power divider*. Lebar saluran pencatu mikrostrip 100 Ω dapat dicari dengan menggunakan persamaan (11) hingga (12), yaitu sebagai berikut

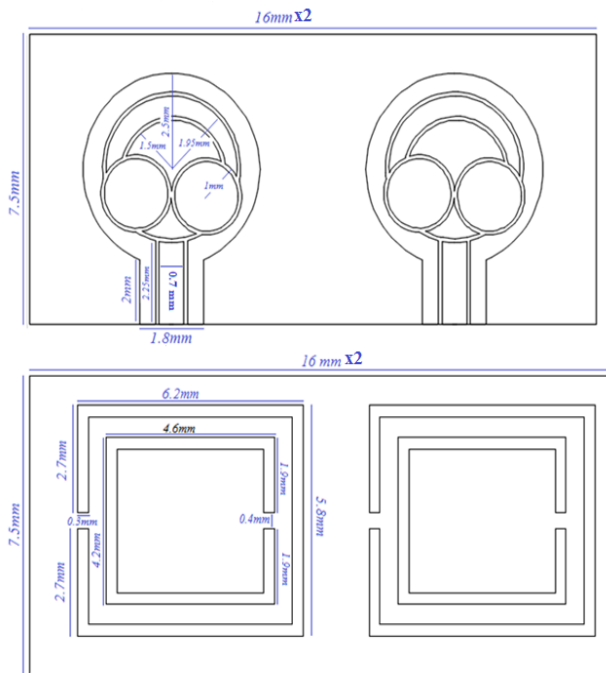
$$B = \frac{60 \times 3.14^2}{100 \times \sqrt{2.2}} = 3.99 \quad (14)$$

$$W = \frac{2 \times 1.575}{3.14} \times \left\{ \frac{3.99 - 1 - \ln[(2 \times 3.99) - 1] + \frac{2.2 - 1}{2 \times 2.2}}{\ln(3.99 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{2.2}} \right\} = 1.38 \text{ mm} \quad (15)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN**Hasil Perancangan Antena Mikrostrip Patch circular Metamaterial CSRR****Gambar 7.** Antena MIMO 4x4



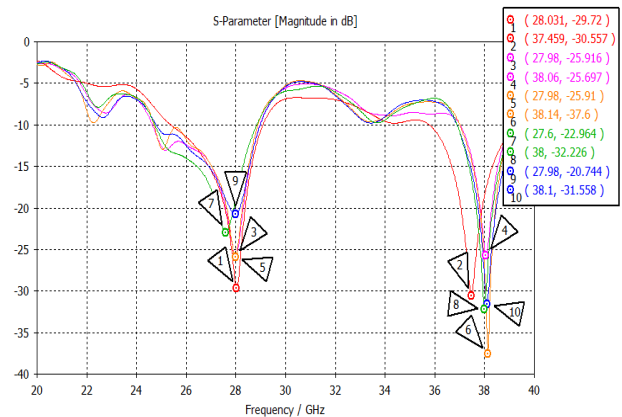
Gambar 8. Ground MIMO 4x4 dengan Metode Metamaterial CSRR



Gambar 9. Dimensi antenna MIMO 4x4 Metamaterial CSRR

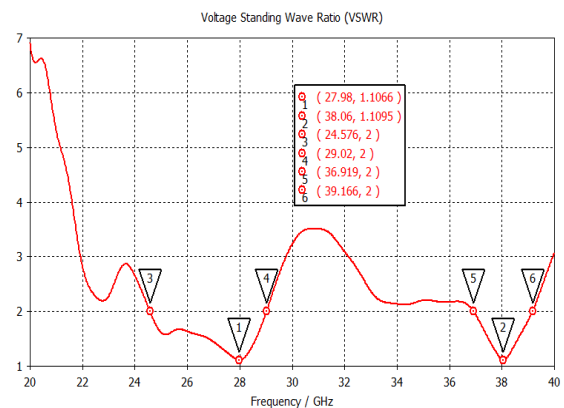
Pada gambar 7 dan 8 merupakan desain dari antenna 5G MIMO 4x4 dengan menggunakan metode Metamaterial CSRR yang telah disimulasikan dengan *software* CST Microwave Studio, untuk gambar 7 merupakan desain *patch* berbentuk *circular*. Dan gambar 8 adalah desain dari *ground* yang telah menggunakan metode dari metamaterial CSRR dengan melakukan pemotongan / pembolongan dari tembaga nya.

Sedangkan gambar 9 adalah dimensi ukuran dari antena 5G MIMO 4x4 dengan menggunakan metode Metematerial CSRR yang telah dirancang. Desain yang disimulasikan tersebut telah dikarakterisasi semaksimal mungkin dari perhitungan awal sehingga menghasilkan nilai-nilai parameter yang diinginkan tercapai. Karakterisasi antena tersebut bisa dilakukan dengan cara mengubah nilai ukuran dan membolongi *patch* atau *ground*. Bisa juga dengan mengecilkan atau membesarkan ukuran dari saluran pencatu.



Gambar 10. Nilai *Return Loss* Antena MIMO 4x4

Dari gambar 10, dapat dilihat bahwa frekuensi yang didapat dari hasil simulasi menggunakan *software* adalah 27.98 GHz dengan nilai *return loss* nya sebesar -25.916 dB dan 38.06 GHz dengan nilai *return loss* sebesar -25.697 dB. Hasil ini sudah mendekati dengan hasil yang diinginkan yaitu pada frekuensi kerja 28 GHz dan 38 GHz. Dan nilai *return loss* yang didapat juga sudah sesuai dengan parameter yang diinginkan yaitu ≤ -10 dB. Dari gambar di atas hasil simulasi terbaik ditunjukkan oleh penanda/*marker* 3 dan 4 berwarna merah jambu. Hasil tersebut merupakan



Gambar 11. Nilai VSWR Hasil Antena MIMO 4x4

Dapat dilihat pada gambar 11. bahwa nilai VSWR yang diperoleh pada frekuensi 28 GHz adalah 1.106 dan pada frekuensi 38 GHz nilai VSWR nya adalah 1.109. Dari data-data yang telah dipaparkan di atas, diketahui bahwa pada rentang frekuensi 24.576-29.02 GHz rancangan antena MIMO 4x4 mampu bekerja pada nilai $VSWR \leq 2$ untuk frekuensi 28 GHz sedangkan untuk frekuensi 38 GHz diketahui pada frekuensi 36.919-39.166 mampu

bekerja pada $VSWR \leq 2$. Nilai ini telah memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai, yaitu pada nilai $VSWR \leq 2$ atau $return Loss \leq -10$ dB.

Adapun *bandwidth* yang dicapai pada nilai $VSWR \leq 2$ frekuensi 28 dan 38 GHz adalah :

$$Bandwidth = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \%$$

$$Bandwidth = \frac{29.02 - 24.57}{28} \times 100\%$$

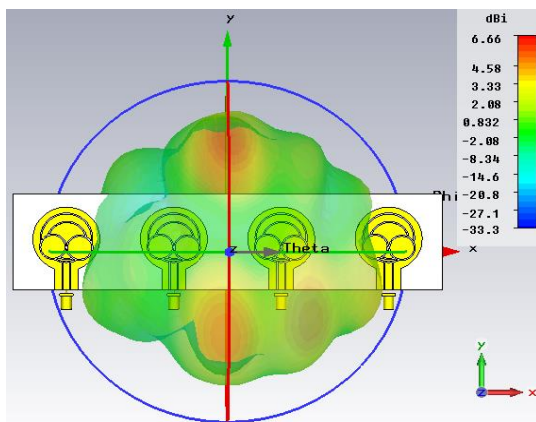
$$Bandwidth = 15.89\%(4.45GHz)$$

$$Bandwidth = \frac{39.16 - 36.91}{38} \times 100\%$$

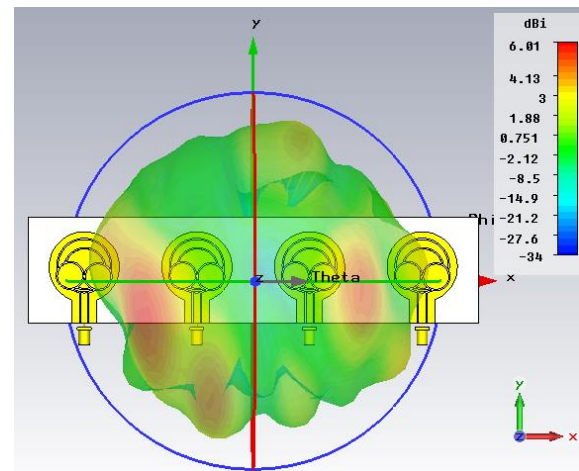
$$Bandwidth = 5.92\%(2.25GHz)$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh bahwa *bandwidth* antenna MIMO 4x4 pada $VSWR \leq 2$ memiliki *bandwidth* yang lebih besar jika dibandingkan dengan *bandwidth* yang telah ditetapkan secara teori, yaitu perolehan *bandwidth* antenna dengan pencatutan *microstrip line* hanya berkisar 2-5 % saja. Dengan demikian, *bandwidth* antenna MIMO 4x4 dengan pencatutan *microstrip line* mencapai nilai yang optimal.

Nilai *gain* yang didapatkan dari hasil simulasi setelah proses optimasi adalah sebesar 6.66 dBi pada frekuensi 28 GHz dan 6.01 dBi pada frekuensi 38 GHz. Nilai *gain* yang didapatkan sudah melebihi parameter untuk perancangan yakni ≤ 10 dBi. Gambar 12 menunjukkan *gain* hasil simulasi antenna MIMO 4x4 dengan Metamaterial CSRR.

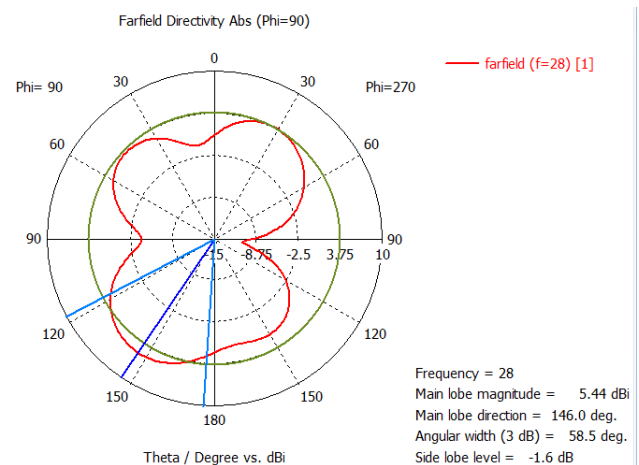


Gambar 12. Nilai *Gain* MIMO 4x4 CSRR Frekuensi 28 GHz

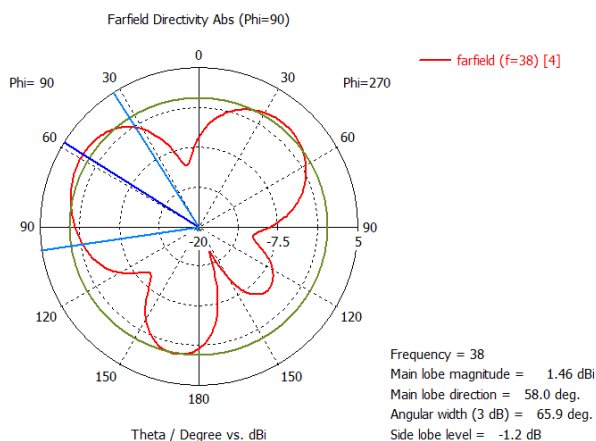


Gambar 13. Nilai *Gain* MIMO 4x4 CSRR Frekuensi 38 GHz

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, Pada gambar 13 yang merupakan diagram pola radiasi dari hasil simulasi antenna MIMO 4x4 dengan Metamaterial CSRR di frekuensi 28 GHz dan 38 GHz bentuk pola radiasi yang didapat dari hasil pengujian adalah *omnidirectional*. Hal ini berarti bahwa antenna memiliki intensitas radiasi maksimum lebih dari dua arah.



Gambar 14. Hasil Pola Radiasi MIMO 4x4 CSRR Frekuensi 28 GHz



Gambar 15. Hasil Pola Radiasi MIMO 4x4 CSRR Frekuensi 38 GHz

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil perancangan dan proses simulasi antenna microstrip *mobile* MIMO *multi layer*, diantaranya sebagai berikut :

1. Antenna microstrip MIMO 4x4 *multi Layer* dirancang mampu bekerja pada frekuensi 5G yang ditargetkan yaitu pada frekuensi 28 dan 38 GHz dengan *return loss* sebesar -25.91 dB dan -25.69 dB dan memiliki nilai *impedance bandwidth* pada $VSWR \leq 1.106$ dan 1.109 sebesar 4.45 GHz (15.89%) dan 2.25 GHz (5.92%) pada frekuensi kerja 27.98 dan 38.06. dengan demikian antenna telah memenuhi kebutuhan *bandwidth* yang ditargetkan yaitu pada *bandwidth* ≥ 500 MHz.
2. Gain antenna MIMO 4x4 *multi layer* yang didapatkan berdasarkan hasil simulasi mencapai nilai maksimum sebesar 6.66 dB pada frekuensi kerja 28 dan 6.01 dBi pada frekuensi 38 GHz. Gain ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, yaitu *gain* ≤ 10 dBi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, T., Zahra, A. A., Darjat. 2013. Simulasi Perbandingan Antena Mikrostrip Rectangular Patch dan Circular Patch Menggunakan Software Matlab. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang.
- Darmawan D. 2016. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode Planar Array 4 Elemen Patch Sebagai Penguat Sinyal Wi-Fi. Jurusan

Teknik Elektro, fakultas Teknik, Universitas Jember.

- Mithari, A., Patil, U. 2016. Efficiency and Bandwidth Improvement Using Metamaterial of Microstrip Patch Antenna. *IRJET*, 03.
- Mustofa, I. R., Rahayu, Y. 2017. Design of 2x2 MIMO Microstrip Antenna Rectangular Patch Array for 5G Wireless Communication Network. *PIERS-FALL*, 2679-2683.
- Nuansa G. 2011. Rancang Bangun Antena Mikrostrip dengan Metamaterial CSRR pada Frekuensi 2,6-2,7 GHz. Skripsi Sarjana Fakultas Teknik, Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia.
- Rahayu, Y., et al. 2018. A New 2x4 Array Design of Dual-Band Millimeter-Wave Antenna for 5G Applications. *IEEE*.
- Reddy, S. R., Raghavan, S. 2015. Rhombic CSRR based Dual Band Antenna for Wireless Application. *IEEE*.
- Saleh F. 2015. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode Phase Array Peradiasi Rectangular 4 Element Patch Frekuensi 900 Mhz. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Santoso, R., Astuti, R. P., Nugroho, B. S. 2017. Perancangan Dan Analisis Antena Massive Mimo Mikrostrip Dengan Pencatutan Proximity Feed Berpolarisasi Cross Linier Untuk Komunikasi 5G (28 Ghz) Universitas Telkom. Universitas Telkom, 4. 2043-2050.
- Sarmah, K., et al. 2016. An Ecperimental Study on Designing of Dual Band Antenna using CSRR Structure with a Single Band Antenna. *IEEE*, 141-143.
- Syahrial, Teuku., Arif, T. Y., Ariga, J. 2015. Simulasi Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip Patch Circular pada Frekuensi 2.4 GHz untuk Aplikasi WLAN. Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2015, 134-140.

