

PERANCANGAN ANTENA MIMO ARRAY 37 GHZ UNTUK JARINGAN KOMUNIKASI 5G

Mohamad Sholeh, Yusnita Rahayu

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

ABSTRACT

The development of communication technology was started from first generation (1G) to fourth generation (4G), which each new generation always comes with a significant increase in performance. With the increasing of wireless mobile devices and services in the future, there are still some problems and challenges that can not be accommodated even by 4G, such as high data rates, area coverage, and low energy consumption. The 5G (Five Generation) technology presents to solve problems and the need to improve network efficiency and capacity, improved data rate with better coverage at lower power consumption. This research will design a planar array microstrip antenna, MIMO (Multiple Input Multiple Output) 2x2, which works at a frequency of 37 GHz using CST (Computer Simulation Technology) Microwave Studio software. The antenna was designed by using RT-duroid 5880 substrate with a thickness of 0.508 mm. This design uses the technique of Microstrip Line/T-junction consisting of 4 elements. The simulation results obtained for 4 elements array are the return loss of -28.483 dB, the bandwidth of 2,12 GHz, VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) $\leq 1,078$ and gain $\geq 11,8$ dBi, The results obtained by MIMO 2x2 antenna are the return loss of -26,767 dB, the bandwidth of 2,12 GHz, VSWR $\leq 1,096$ and gain $\geq 18,7$ dBi.

Keywords: Return loss, bandwidth, VSWR, gain

PENDAHULUAN

Teknologi 5G hadir untuk 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. Telah banyak dilakukan kegiatan penelitian diseluruh dunia untuk memajukan jaringan nirkabel berikutnya yaitu 5G atau generasi kelima (Rahayu dkk, 2017).

Pada 2015 *World Radio Communication Conference* (WRC), Sektor Radio *Communication* (ITU-R) secara resmi menyetujui ketiga resolusi tersebut untuk mempromosikan proses penelitian 5G dan mengkonfirmasi bahwa nama resmi 5G adalah IMT-2020 (Xie R dkk, 2016). IMT-2020 mencanangkan beberapa kandidat band frekuensi untuk jaringan komunikasi 5G di antaranya rentang frekuensi 24.25-27.5 GHz, 31.8-33.4 GHz, 37-43.5

GHz, 45.5-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-76 GHz, 81-86 GHz. Band frekuensi yang lebih tinggi ini menyediakan *bandwidth* yang lebar untuk komunikasi data tingkat tinggi dalam jarak pendek dari urutan beberapa ratus meter (Belen, 2016).

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 *massive multiple-input-multiple-output* (MIMO) (Al-Tarifi dkk, 2016). *Massive Multi-input dan multi-output* (MIMO) adalah salah satu teknologi yang menjanjikan untuk teknologi jaringan 5G. Sistem MIMO ini terdiri dari satu antena atau lebih elemen antena (Rahayu & Mustofa, 2017).

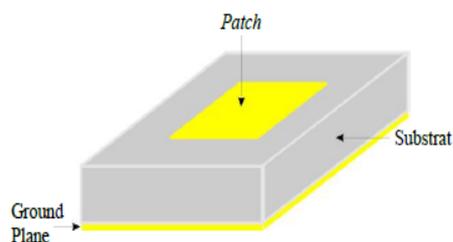
Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antena mikrostrip *plannar array*, MIMO 2x2 yang berkerja pada frekuensi 37 GHz dengan menggunakan *software CST Microwave Studio* sehingga nantinya dapat digunakan untuk aplikasi jaringan komunikasi nirkabel 5G. Pada

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 antena 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 antena 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. Pada gambar 1 merupakan Struktur Antena Mikrostrip (Saleh, 2015)



Gambar 1. Struktur Antena Mikrostrip (Wibowo, 2017)

2. Parameter Antena

Performansi dari suatu antena dapat dilihat dari parameter antena itu sendiri. Ada banyak parameter dari antena. Berikut ini akan dijelaskan beberapa parameter tersebut.

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah kemampuan suatu antena untuk bekerja pada frekuensi yang diinginkan. Pengukuran VSWR berhubungan dengan pengukuran koefisien refleksi dari antena tersebut. Perbandingan level tegangan yang kembali ke pemancar (V^-) dan yang datang menuju beban (V^+) ke sumbernya lazim disebut koefisien pantul atau koefisien refleksi, berikut persamaannya (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, persamaan 2 merupakan rumus *return loss* (Wibowo, 2017)..

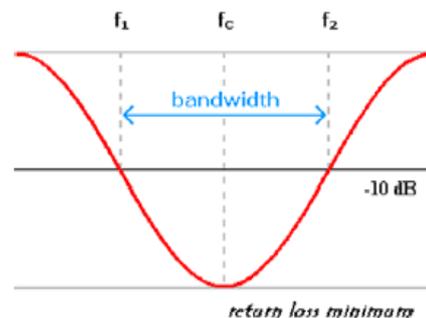
Persamaan dari *Return loss* adalah:

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

Nilai *return loss* yang baik adalah -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 antena sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

Bandwidth

Bandwidth atau lebar pita frekuensi (gambar 2) suatu antena didefinisikan sebagai besar rentang frekuensi kerja dari suatu antena, di mana kinerja antena 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 antena sudah diketahui. Frekuensi bawah adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antena, sedangkan frekuensi atas merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antena. , Pada gambar 2 dibawah ini merupakan Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* (Herudin, 2012).



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

Persamaan 3 dibawah ini 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 antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antena teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara tropik sama dengan daya yang diterima oleh antena (P_{in}) dibagi 4π . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan persamaan rumus 4 (Darmawan, 2016):

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

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

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

Keterangan :

- $U(\theta, \phi)$ = Perolehan daya pada arah tertentu
- P_{in} = Daya yang diterima oleh antena
- $P_{in} (lossless)$ = Daya yang diterima oleh antena isotropik

Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang

Menentukan lebar *patch* (w) dapat dihitung menggunakan persamaan 6-10 berikut ini (Sidauruk, 2015):

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (6)$$

Keterangan

- c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
- f_r = Frekuensi kerja antena
- ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (1) diperlukan parameter Δl yang merupakan pertambahan panjang dari 1 akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari 1 (Δl) tersebut dirumuskan dengan (Sidauruk, 2015):

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (7)$$

Dimana h merupakan tinggi substrat dan ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik efektif yang dirumuskan sebagai berikut (Sidauruk, 2015):

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} \right) \quad (8)$$

Dengan demikian panjang *patch* (1) diberikan oleh (Sidauruk, 2015):

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (9)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (10)$$

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 saluran mikrostrip diberikan oleh persamaan 11-12 di bawah ini (Saleh, 2015):

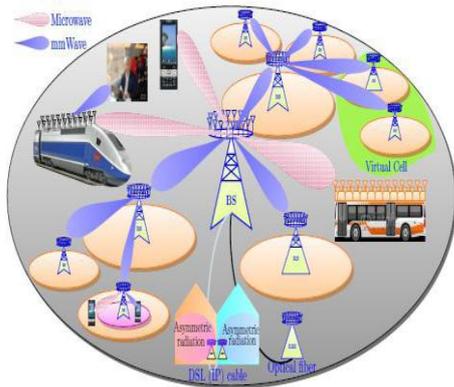
$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\frac{\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (11)$$

Dengan ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif dan:

$$B = \frac{60\epsilon_r^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (12)$$

Massive MIMO

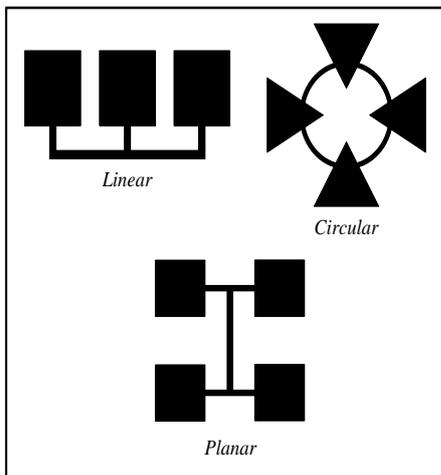
M-MIMO (*Massive Multiple Input Multiple Output*) merupakan suatu sistem penyusunan antenna dimana jumlah antenna *transmitter* dan antenna *receiver* terdiri lebih dari satu antenna (jumlah yang sangat banyak). Penyusunan antenna secara *massive* ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *user* yang setiap tahunnya mengalami kenaikan dari sisi jumlah (Santoso dkk, 2017). Pada gambar 3 dibawah ini merupakan Arsitektur jaringan 5G berdasarkan *mmWave* dan *Massive MIMO*.



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

Antena Mikrostrip Array

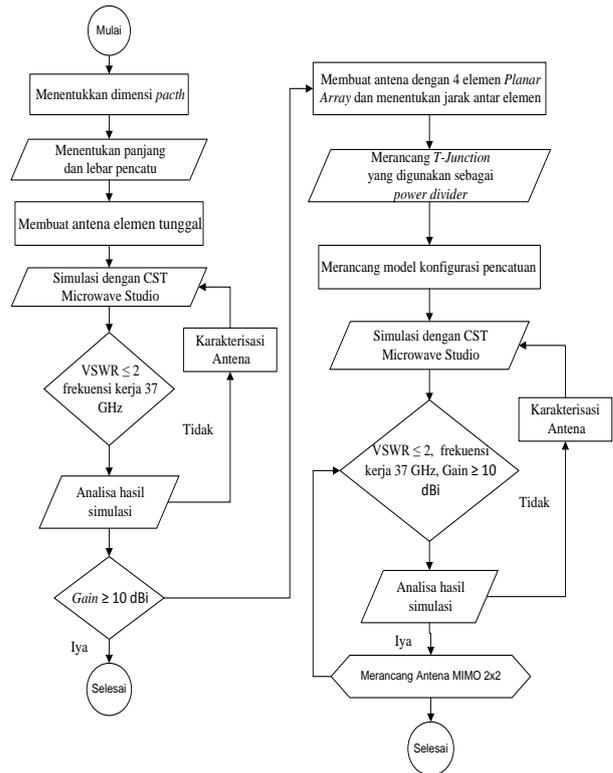
Antena mikrostrip *array* adalah pengembangan dari antena mikrostrip yang merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi (*Patch*) yang membentuk suatu jaringan. Antena mikrostrip *array* dapat berbentuk seri, paralel, atau gabungan keduanya. Antena mikrostrip *array* memiliki *bandwidth* dan *gain* yang lebih besar dari antena mikrostrip biasa (Ayuningtyas & Muliyaningsih, 2014). Pada gambar 4 merupakan beberapa bentuk Antena mikrostrip *array* yaitu: *planar*, *linear*, dan *circular*.



Gambar 4. Konfigurasi Antena *Array* (Gusma, 2014)

BAHAN DAN METODE

Dalam perancangan Antena *MIMO Array* diperlukan diagram alir yang berisi tahapan-tahapan untuk membantu dalam proses perancangan. Gambar 5 dibawah ini merupakan gambar dari diagram alir perancangan antena mikrostrip secara umum.



Gambar 5. Diagram Alir Perancangan Antena Mikrostrip Secara Umum

Menentukan Karakteristik Antena

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

Tabel 1. Parameter antena yang diinginkan

Parameter	Karakterisasi Antena
Frekuensi Kerja	37 GHz
<i>Return Loss</i>	< -10 dB
<i>Bandwidth</i>	> 500 MHz
<i>VSWR</i>	≤ 2
<i>Gain</i>	≥ 10 dBi

Menentukan Jenis Substrat yang digunakan

Adapun jenis substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah substrat *RT Duroid 5880* yang memiliki ketebalan sebesar 0,508 mm dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi substrat yang digunakan

Jenis Substrat	<i>RT Duroid 5880</i>
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	2,2
<i>Dielectric Loss Tangent</i> ($\tan \delta$)	0,0009
Ketebalan Substrat (h)	0,508 mm

Perancangan Dimensi Patch Persegi Panjang

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah antenna mikrostrip dengan frekuensi kerja 37 GHz. Pada perancangan awal dari dimensi antenna digunakan rumus yang telah dijelaskan didalam bab sebelumnya, yaitu menggunakan persamaan (6) hingga (10). Perhitungan dimensi patch persegi panjang terdiri atas panjang (l) dan lebar (w). Menentukan lebar patch (w) :

$$w = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 37 \times 10^9 \sqrt{\frac{2,2+1}{2}}} = 3,20 \text{ mm} \quad (13)$$

$$\epsilon_{\text{reef}} = \frac{2,2+1}{2} + \frac{2,2+1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12 \left(\frac{0,508}{3,20} \right)}} \right) = 2,227 \quad (14)$$

$$\Delta L = 0,412 \times 0,508 \times \frac{\left(2,227 + 0,3 \left(\frac{3,20}{0,508} \right) \right) + 0,264}{\left(2,227 - 0,258 \left(\frac{3,20}{0,508} \right) \right) + 0,8} = 0,248 \text{ mm} \quad (15)$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 37 \times 10^9 \sqrt{2,227}} = 2,7 \text{ mm} \quad (16)$$

$$L = 2,7 - 2 \times 0,248 = 2,20 \text{ mm} \quad (17)$$

Dari perhitungan tersebut yang berdasarkan spesifikasi substrat yang akan digunakan, diperoleh panjang dan lebar patch masing-masing adalah 2,20 mm dan 3,20 mm.

Perancangan Saluran Pencatu 50 Ω

Pada saat perancangan antenna 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).

$$B = \frac{60 \times 3,14^2}{50 \times \sqrt{2,2}} = 7,98 \quad (18)$$

$$w = \frac{2 \times 0,508}{3,14} \times \left\{ \begin{array}{l} 7,98 - 1 - \ln((2 \times 7,98) - 1) + \frac{2,2-1}{2 \times 2,2} \\ \left[\ln(7,98 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,2} \right] \end{array} \right\} = 1,21 \text{ mm} \quad (19)$$

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 1,21 mm. Sedangkan untuk panjang saluran pencatu (l_p) diharapkan diperoleh nilai yang optimal melalui iterasi. Untuk perancangan awal digunakan panjang pencatu sebesar 1,3 mm.

Perancangan T-Junction

Pada hasil rancangan elemen tunggal diketahui bahwa saluran pencatu yang digunakan adalah 50 Ω. Pada perancangan antenna 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

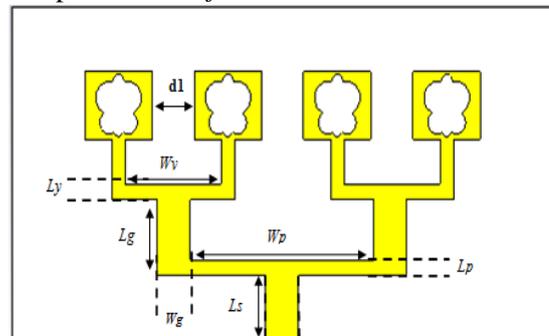
$$B = \frac{60 \times 3,14^2}{100 \times \sqrt{2,2}} = 3,99 \quad (20)$$

$$w = \frac{2 \times 0,508}{3,14} \times \left\{ \begin{array}{l} 3,99 - 1 - \ln((2 \times 3,99) - 1) + \frac{2,2-1}{2 \times 2,2} \\ \left[\ln(3,99 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{2,2} \right] \end{array} \right\} = 0,47 \text{ mm} \quad (21)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan Antena Mikrostrip Array 4 Elemen Peradiasi

Pada gambar 6 merupakan bentuk dari antenna array dengan 4 buah elemen dengan menggunakan teknik pencatuan T-junction.



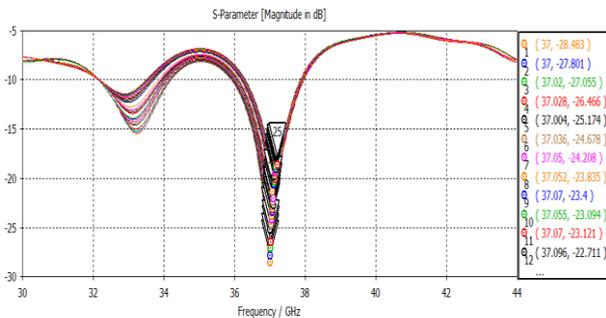
Gambar 6. Antena Array 4 Elemen Peradiasi

Pada tabel 3 dibawah ini merupakan beberapa karakteristik dari antenna mikrostrip yang dirancang, kemudian setelah didapatkan nilai-nilai

dari beberapa pencatutan *T-junction* 50 Ω dan 100 Ω. Dengan mengetahui beberapa karakteristik dari antenna yang dirancang, maka dapat membantu mempermudah memperoleh rancangan yang optimal. Pada gambar 7-10 merupakan beberapa hasil dari simulasi antenna mikrostrip *array* 4 elemen yaitu nilai *return loss*, *VSWR*, *gain* dan pola radiasi.

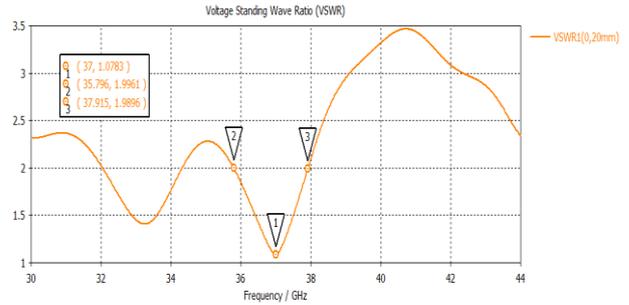
Tabel 3 Parameter Antena Array 4 Elemen

Parameter (<i>T-junction</i>)	Ukuran (mm)
Lebar Pencatu 50 Ω (<i>Ws</i>)	1,21
Panjang Pencatu 50 Ω (<i>Ls</i>)	2,1
Lebar Pencatu 100 Ω (<i>Wp</i>)	0,20
Panjang Pencatu 100 Ω (<i>Lp</i>)	8
Lebar Pencatu 50 Ω (<i>Wg</i>)	0,20
Panjang Pencatu 50 Ω (<i>Lg</i>)	2,6
Lebar Pencatu 100 Ω (<i>Wy</i>)	0,20
Panjang Pencatu 100 Ω (<i>Ly</i>)	4,55
Jarak antar elemen (<i>dI</i>)	4,05



Gambar 7. Nilai *Return Loss* Antena Array 4 Elemen

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa frekuensi kerja yang didapat adalah 37 GHz dengan nilai *return loss* yang diperoleh sebesar -28,483 dB. Hasil ini sudah sangat sesuai dengan frekuensi yang diharapkan yaitu pada range 37 GHz dan *return loss* yang didapat juga sudah sesuai dengan parameter yakni ≤ -10 dB dan *return loss*-nya sudah sangat baik, dapat dilihat bahwa frekuensi yang bekerja ditandai oleh penanda/marker 25. Dapat disimpulkan frekuensi yang telah didapatkan sudah sesuai parameter yang diinginkan pada karakterisasi ini nilai *return loss* yang didapatkan juga sudah sesuai dengan parameter yang diinginkan.



Gambar 8. Nilai *VSWR* Antena Array 4 Elemen

Dapat dilihat pada gambar 8 bahwa nilai *VSWR* yang diperoleh pada frekuensi 37 GHz yaitu 1,078. Dari data-data yang telah dipaparkan di atas, diketahui bahwa pada rentang frekuensi 35,79-37,91 GHz rancangan antenna *array* 4 elemen peradiasi mampu bekerja pada nilai $VSWR \leq 1,078$ dimana memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai, yaitu pada nilai $VSWR \leq 2$ atau *return Loss* ≤ -10 dB.

Adapun *bandwidth* yang dicapai pada Antena Array 4 Elemen dengan nilai $VSWR \leq 2$ frekuensi 37 GHz dapat dihitung menggunakan persamaan 3:

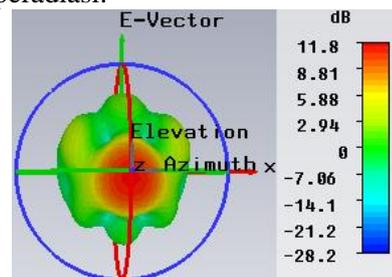
$$Bandwidth = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \%$$

$$Bandwidth = \frac{37,91 - 35,79}{37} \times 100\%$$

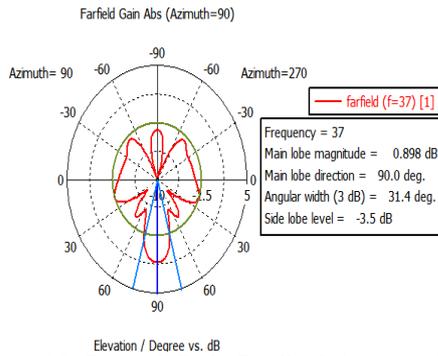
$$Bandwidth = 5,72\%(2,12GHz)$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh bahwa *bandwidth* antenna *array* 4 elemen 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 *array* 4 elemen dengan pencatutan *microstrip line/T-junction* mencapai nilai yang optimal.

Nilai *gain* yang didapatkan dari hasil simulasi setelah proses optimasi adalah sebesar 11,8 dBi pada range frekuensi 37 GHz. Nilai *gain* yang didapatkan sudah melebihi parameter untuk perancangan yakni ≥ 10 dBi. Gambar 9 menunjukkan *gain* hasil simulasi antenna *array* 4 elemen peradiasi.



Gambar 9. Hasil Simulasi *Gain* Antena array 4 Elemen

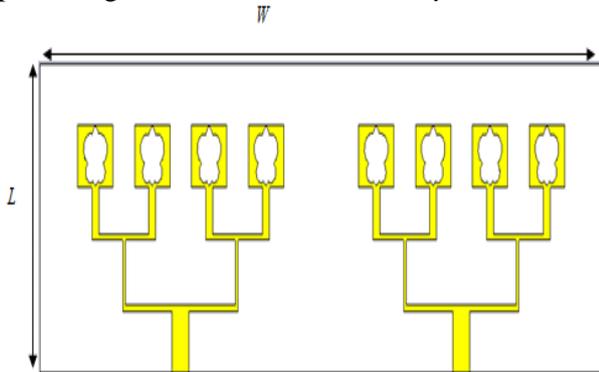


Gambar 10. Bentuk Pola Radiasi Antena Array 4 Elemen

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, Pada gambar 10 yang merupakan diagram pola radiasi dari hasil simulasi antena array 4 elemen peradiasi di frekuensi 37 GHz bentuk pola radiasi yang didapat dari hasil pengujian adalah *omnidirectional*. Hal ini berarti bahwa antena memiliki intensitas radiasi maksimum lebih dari dua arah.

Hasil Perancangan Antena MIMO 2x2

Pada gambar 11 dibawah ini merupakan hasil perancangan dari antena MIMO array 2x2.

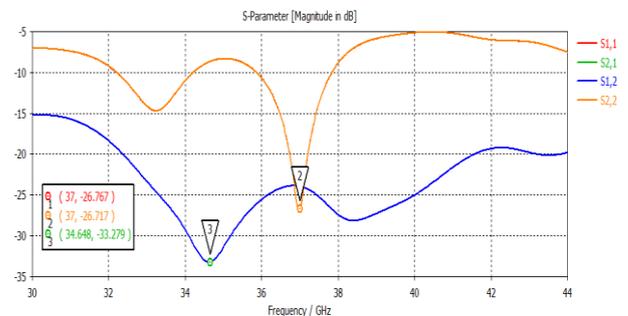


Gambar 11. Antena MIMO 2x2

Pada tahap sebelumnya telah dilakukan perancangan antena array 4 elemen peradiasi, dimana rancangan dimensi antena dibuat *plannar*. Hasil akhir dari antena tersebut juga sudah sesuai dengan parameter yang diinginkan. Untuk tahap selanjutnya adalah membuat antena mikrostrip MIMO 2x2 terdiri atas 8 elemen peradiasi dengan dimensi antena $9,98 \times 20$ mm. Pada rancangan antena ini terdiri atas 2 buah *T-junction* yang memiliki impedansi 50Ω dan 100Ω . Dengan mengetahui beberapa karakteristik dari antena yang dirancang, maka dapat membantu mempermudah memperoleh rancangan yang optimal. Pada gambar 12-15 merupakan beberapa hasil dari simulasi antena MIMO 2x2 yaitu nilai *return loss*, *VSWR*, *gain* dan pola radiasi. Tabel 4 adalah parameter antena MIMO 2x2 8 elemen.

Tabel 4 Parameter antena MIMO 2x2

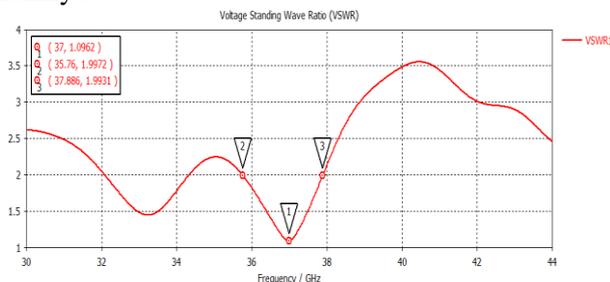
Parameter	Ukuran (mm)
Lebar substrat (<i>W</i>)	20
Panjang substrat (<i>L</i>)	9,98
Ketebalan substrat (<i>h</i>)	0,508
Lebar Pencatu 50Ω (<i>Ws</i>)	1,21
Panjang Pencatu 50Ω (<i>LS</i>)	2,1
Lebar Pencatu 100Ω (<i>Wp</i>)	0,47
Panjang Pencatu 100Ω (<i>Lp</i>)	8
Lebar Pencatu 50Ω (<i>Wg</i>)	0,79
Panjang Pencatu 50Ω (<i>Lg</i>)	2,6
Lebar Pencatu 100Ω (<i>Wy</i>)	0,20
Panjang Pencatu 100Ω (<i>Ly</i>)	4,55
Lebar Pencatu 50Ω (<i>Wf</i>)	0,5
Panjang Pencatu 50Ω (<i>Lf</i>)	1,6
Jarak antar elemen (<i>dI</i>)	4,05



Gambar 12. Nilai *Return Loss* dan *mutual coupling* antena MIMO 2x2

Gambar 11 memperlihatkan rancangan antena MIMO 2x2 dengan 8 buah elemen peradiasi. Dapat dilihat bahwa frekuensi kerja yang didapat adalah 37 GHz dengan nilai *return loss* yang diperoleh sebesar -26,767 dB . Hasil ini sudah sangat sesuai dengan frekuensi yang diharapkan yaitu pada range 37 GHz dan *return loss* yang didapat juga sudah sesuai dengan parameter yakni ≤ -10 dB dan *return loss*-nya sudah sangat baik. Dapat dilihat bahwa frekuensi yang bekerja ditandai oleh penanda/marker 2. Untuk *mutual coupling* yang disebabkan oleh masing-masing antena pada gambar grafik 12 dengan amplitudo gelombang berwarna biru, efek gelombang permukaan yang

ditimbulkan oleh antenna 1 (S1,1) tidak mempengaruhi kinerja antenna 2 (S2,2) karena gelombang permukaan yang ditimbulkan oleh antenna 1 (S1,1) dengan nilai *return loss* -33,229 dB dan itu artinya dari kedua antenna tersebut dapat menstransmisikan gelombang tanpa harus mengganggu kinerja antenna yang satu dengan yang lainnya .



Gambar 13. Nilai VSWR Hasil Antena MIMO 2x2

Dapat dilihat pada gambar 13 bahwa nilai VSWR yang diperoleh pada frekuensi 37 GHz adalah 1,096. Dari data-data yang telah dipaparkan di atas, diketahui bahwa pada rentang frekuensi 35,76-37,88 GHz rancangan antenna MIMO 2x2 dengan 8 buah elemen mampu bekerja pada nilai $VSWR \leq 2$. Nilai ini telah memenuhi kebutuhan yang ingin dicapai, yaitu pada nilai $VSWR \leq 2$ atau *return Loss* ≤ -10 dB.

Adapun *bandwidth* yang dicapai pada perancangan antenna MIMO 2x2 dengan nilai $VSWR \leq 2$ frekuensi 37 GHz dapat dihitung menggunakan persamaan 3 :

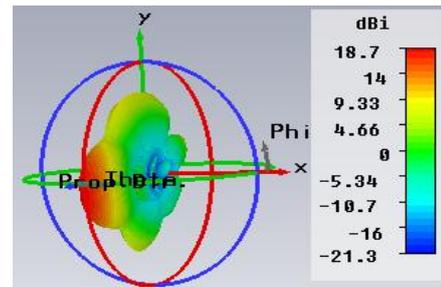
$$Bandwidth = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100 \%$$

$$Bandwidth = \frac{37,88 - 35,76}{37} \times 100\%$$

$$Bandwidth = 5,7\%(2,12GHz)$$

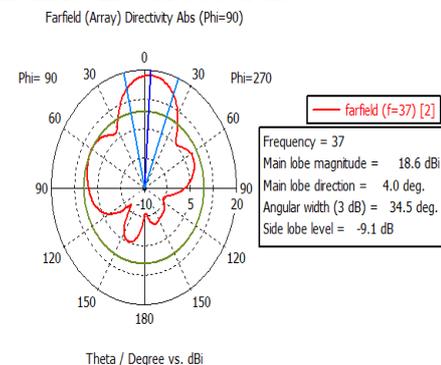
Dari hasil perhitungan di atas diperoleh bahwa *bandwidth* antenna MIMO 2x2 dengan 8 elemen peradiasi pada $VSWR \leq 2$ memiliki *bandwidth* yang lebih besar jika dibandingkan dengan *bandwidth* yang telah ditetapkan secara teori, yaitu perolehan *bandwidth* antenna dengan pencatuan *microstrip line* hanya berkisar 2-5 % saja. Dengan demikian, *bandwidth* antenna MIMO 2x2 dengan 8 elemen peradiasi dengan pencatuan *microstrip line/T-junction* mencapai nilai yang optimal.

Nilai *gain* yang didapatkan dari hasil simulasi setelah proses optimasi adalah sebesar 18.7 dBi pada frekuensi 37 GHz. Nilai *gain* yang didapatkan sudah melebihi parameter untuk perancangan yakni ≥ 10 dBi. Gambar 14 menunjukkan *gain* hasil simulasi antenna MIMO 2x2 dengan 8 elemen peradiasi.



Gambar 14. Nilai *Gain* MIMO 2x2

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian, Pada gambar 15 yang merupakan diagram pola radiasi dari hasil simulasi antenna MIMO 2x2 dengan 8 elemen peradiasi di frekuensi 37 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 15. Hasil Pola Radiasi MIMO 2x2

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa sementara dan penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, penelitian ini dapat disimpulkan akan dapat :

1. Antena mikrostrip *patch array* 4 elemen, memiliki nilai *gain* yang cukup baik yaitu 11,8 dBi dengan bentuk pola radiasi *omnidirectional*. dan memiliki nilai *impedance bandwidth* pada $VSWR \leq 2$ sebesar 2,12 GHz (5,72 %). Dengan demikian, antenna telah memenuhi kebutuhan *bandwidth* yang ditargetkan yaitu pada *bandwidth* ≥ 500 MHz.
2. Antena MIMO 2x2 8 elemen yang dirancang dengan melanjutkan dari perancangan antenna *array* 4 elemen mengalami peningkatan nilai *gain* yaitu mengalami peningkatan nilai *gain* yaitu 18,7 dBi dan memiliki bentuk pola radiasi *omnidirectional*. dan memiliki nilai *impedance bandwidth* pada $VSWR \leq 2$ sebesar 2,12 GHz (5,7%). Dengan demikian, antenna telah memenuhi kebutuhan *bandwidth* yang ditargetkan yaitu pada *bandwidth* ≥ 500 MHz.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Tarifi M. A, Faouri Y, S and Sharawi M. S. 2016. A Printed 16 Ports Massive MIMO Antenna System with Directive Port Beams. Electrical Engineering Department, King Fahd University for Petroleum and Minerals (KFUPM), Dhahran, Saudi Arabia
- Bellen M. V, 2016. Implications of WRC-15 on spectrum and 5G. JRC Technical Report
- 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
- Gusma, R. A. 2014. Simulasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang Planar Array 6 Elemen dengan Pencatuan Aperture Coupled untuk Aplikasi CPE WiMax Pada Frekuensi 3,3-3,4 GHz. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Indonesia.
- Herudin. 2012. Perancangan Antena Mikrostrip Frekuensi 2,6 GHz untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution). Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia
- Rahayu Y, Mustofa I. R, 2017. Design of 2x2 MIMO Microstrip Antenna Rectangular Patch Array for 5G Wireless Communication Network. Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia
- Rahayu Y, Fitria L, Hakiki Y, Kurniawan A, 2017. A new 2x4 Array Design Dual-Band Millimeter-Wave Antenna for 5G Application. Faculty of Engineering, Department of Electrical Engineering, University of Riau, Pekanbaru, Indonesia
- 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
- Sidauruk H. F, Rambe A. H. 2014. Analisa Penentuan Ukuran Slot Pada Karakteristik Antena Mikrostrip Patch Segiempat Dengan Pencatuan Aperture Coupled. Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
- Santoso R, Astuti R. P, Nugroho B. S, 2017. Perancangan Dan Analisis Antena Massive Mimo Mikrostrip Dengan Pencatuan Proximity Feed Berpolarisasi Cross Linier Untuk Komunikasi 5G (28 Ghz) Fakultas Teknik Elektro, Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom
- Xie R, Cao J, Wang R, Wang X, Xu Z, and Zhu S. 2016. A Study of Dielectric Resonator Antenna Array Applied to 5G Communication System. School of Information Science and Technology East China Normal University, Shanghai, China
- Wibowo R. P. 2017. Perancangan Dan Pembuatan Antena Array Dengan Beamwidth $\leq 5^\circ$ Pada Frekuensi S-Band Dengan Menggunakan Elemen Mikrostrip Bow-Tie. Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya