

Metode Peningkatan Kinerja Broadband Antena Mimo 4×4 Menggunakan Dielektrik Termodifikasi pada Frekuensi 1800 MHz

Nadya Aprilita¹, Hepi Ludyati², Didin Saefudin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : ¹nadyaaprilita@gmail.com, ²hepi.ludyati@polban.ac.id, ³saedien@gmail.com

ABSTRAK

Antena merupakan salah satu perangkat telekomunikasi yang berfungsi sebagai perangkat penyesuai impedansi (*matching impedance*) antara impedansi saluran dan impedansi ruang bebas sekaligus perangkat penerima atau pengirim sinyal informasi dari saluran ke ruang bebas. Banyak jenis antena yang salah satunya merupakan antena mimo. Antena mimo merupakan peningkatan dari antena mikrostrip, memiliki lebih dari satu *input* dan lebih dari satu *output*. Tujuan dari multi *input* dan multi *output* dari antena mimo tersebut adalah untuk mengatasi kelemahan-kelemahan pada saat pengiriman informasi dari pengirim ke penerima pada umumnya seperti *fading* atau *multipath fading*. Selain mengatasi persoalan *fading*, antena mimo hadir untuk mengatasi semakin banyaknya pengguna dari sistem komunikasi saat ini, khususnya teknologi komunikasi bergerak yang sedang berkembang saat ini. Seiring dengan mengatasi banyaknya pengguna teknologi komunikasi bergerak, antena mimo yang dibuat harus dapat memenuhi kebutuhan akan *bandwidth* yang besar. Penelitian yang diusulkan dalam meningkatkan kinerja *broadband* antena mimo antara lain dengan menggunakan material artifisial dielektrik termodifikasi dengan cara menyisipkan lembar konduktor (*stripline*) ke material substrat. Berdasarkan simulasi menggunakan aplikasi CST Microwave[®] didapatkan hasil parameter antena mimo artifisial sebagai berikut : *Gain* sebesar 2.902 dB, *bandwidth* sebesar 182.4 MHz, *return loss* pada frekuensi tengah sebesar 19.13 dB.

Kata Kunci

Broadband mimo, artifisial dielektrik.

1. PENDAHULUAN

Telekomunikasi merupakan proses pengiriman sinyal informasi dari pengirim ke penerima. Salah satu perangkat pendukung telekomunikasi tersebut adalah antena. Antena merupakan perangkat penyesuai impedansi (*matching impedance*) antara impedansi saluran dan impedansi ruang bebas sekaligus perangkat penerima atau pengirim sinyal informasi dari saluran ke ruang bebas [1]. Banyak jenis antena yang telah dibuat seperti antena dipol, antena monopol, antena yagi, antena mikrostrip, antena MIMO (*Multi Input Multi Output*) dll.

Antena mimo merupakan peningkatan dari antena mikrostrip, memiliki multi *input* dan multi *output*. Tujuan dari multi *input* dan multi *output* dari antena mimo tersebut adalah untuk mengatasi kelemahan pada saat pengiriman informasi dari pengirim ke penerima pada umumnya seperti *fading* atau *multipath fading* pada sistem komunikasi bergerak karena adanya pantulan dari lingkungan sekitar yang menyebabkan sinyal informasi saling berinterferensi atau mengalami superposisi. Selain itu, antena mimo akan memberikan penambahan kapasitas untuk mengatasi semakin banyaknya pengguna. Seiring dengan mengatasi banyaknya pengguna teknologi telekomunikasi bergerak, antena mimo yang dibuat

harus dapat memenuhi kebutuhan akan *bandwidth* yang besar. Dengan adanya teknologi antena mimo, pengguna dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain (*mobile*) tanpa khawatir informasi yang dikirimkan akan rusak akibat oleh adanya *multipath fading*. Beberapa kelebihan yang ditawarkan oleh antena mimo seperti mampu meningkatkan kapasitas dan mengatasi *fading* sedangkan pada dasarnya antena mimo merupakan antena mikrostrip yang memiliki kekurangan memiliki *bandwidth* yang kecil.

Banyak penelitian untuk mengubah/menaikkan nilai permitivitas dari suatu bahan, maka kita dapat menggunakan material dielektrik artifisial untuk rekayasa elektromagnetik [2]. Beberapa rekayasa elektromagnetik sebelumnya yang telah dibuat yaitu dengan memasukkan konduktor silindris ke dalam substrat [3], menggunakan mode gelombang TM₁₁ untuk meningkatkan nilai permitivitas pada antena mikrostrip dengan *patch* lingkaran dengan cara memasukkan konduktor silindris ke dalam substrat antena berbahan gabus dan Styrofoam [4], kemudian dikembangkan lagi menggunakan mode gelombang TM₀₁ dan TM₁₁ pada rentang frekuensi UHF [5] dan kemudian rekayasa elektromagnetik ini sampai

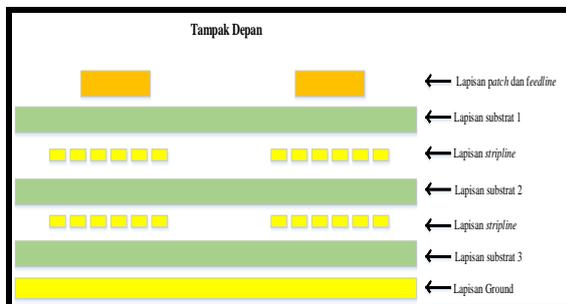
ke pengembangan antenna mimo 4x4 yang menggunakan mode gelombang TM11 [6].

Berdasarkan beberapa penelitian rekayasa elektromagnetik di atas, karena itu penulis membuat penelitian tentang metode peningkatan kinerja *broadband* antenna mimo 4x4 untuk sistem komunikasi bergerak menggunakan material dielektrik termodifikasi untuk meningkatkan *bandwidth*. Penelitian yang akan diusulkan dalam meningkatkan kinerja *broadband* antenna mimo antara lain dengan menggunakan material dielektrik termodifikasi dan dengan menggunakan metode perubahan/pemotongan bentuk *patch* dan dengan menyisipkan lembar konduktor tembaga diantara dua substrat.

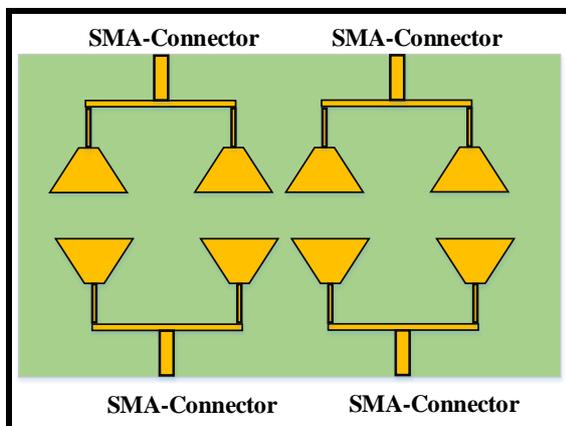
2. METODE PENELITIAN

2.1. Bentuk Perancangan Fisik Antena

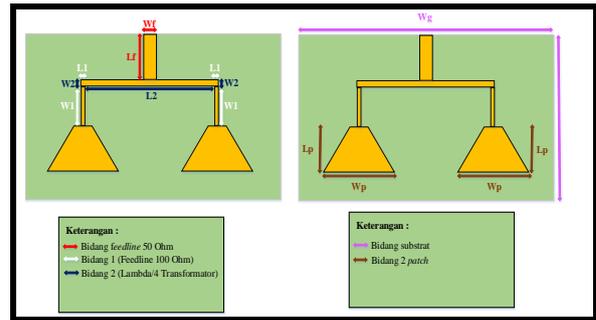
Antena mikrostrip yang dibuat, terdiri dari 3 lapisan substrat FR-4 Epoxy dengan ketebalan 0,8, kemudian diantara lapisan substrat pertama dan kedua ditambahkan stripline dengan ketebalan 0.036 begitu juga lapisan substrat kedua dan ketiga. Kemudian bentuk *patch* yang awalnya persegi panjang, dipotong dibagian sisinya untuk memperbesar *bandwidth*. Berikut ini merupakan ilustrasi antenna yang akan dibuat, yang akan dijelaskan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 6 :



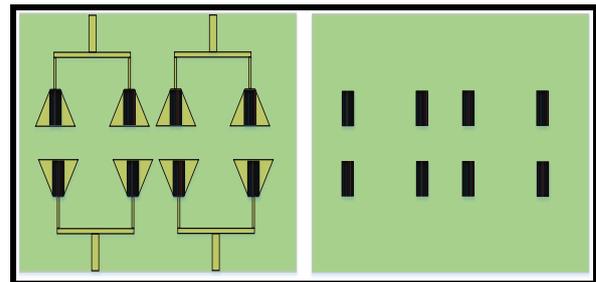
Gambar 1. Antena Tampak Depan



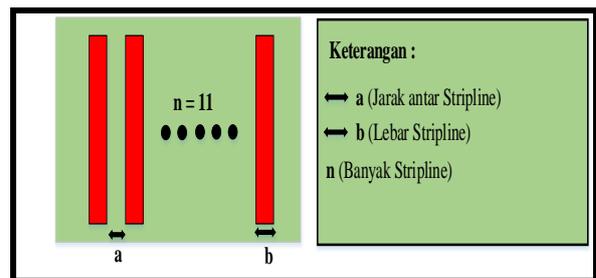
Gambar 2. Tampilan Atas Layer 1



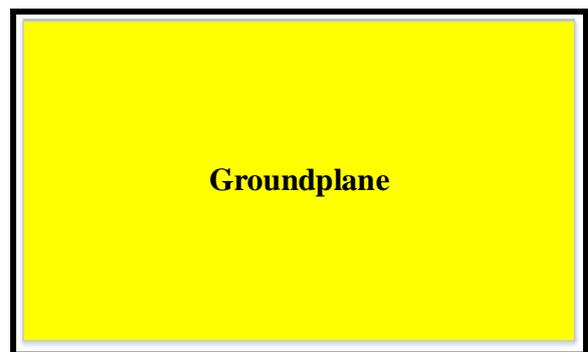
Gambar 3. Bentuk Fisik Patch dan Feedline Antena Mimo



Gambar 4. Tampilan Atas Layer 2 dan Layer 3



Gambar 5. Bentuk Fisik Stripline Artifisial



Gambar 6. Tampilan Bawah Layer 3

2.2. Perhitungan Dimensi Antena

Dimensi antenna konvensional dan artifisial didasarkan pada perhitungan antenna mikrostrip *single patch* konvensional dan kemudian melakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang maksimal

2.2.1 Lebar Patch Antena

Lebar *patch* antena mikrostrip yang akan kita gunakan dihitung menggunakan Persamaan (1) berikut ini :

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1.8 \times 10^9 \sqrt{\frac{4.4 + 1}{2}}} = 50.7 \text{ mm} \quad (1)$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkanlah nilai lebar *patch* antena adalah 50.7 mm.

2.2.2 Panjang Patch Antena

Panjang *patch* antena mikrostrip dihitung menggunakan Persamaan (4), namun sebelum mencari panjang mikrostrip, kita harus mencari nilai ϵ_{reff} pada Persamaan (2) dan nilai ΔL (pertambahan nilai L) yang diakibatkan adanya pengaruh dari *fringing effect* pada Persamaan (3) berikut ini merupakan perhitungannya :

1. Nilai ϵ_{reff}

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right) = 4.0576 \quad (2)$$

2. Nilai ΔL

$$\Delta L = 0.412h \left[\frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8 \right)} \right] = 1.1054 \text{ mm} \quad (3)$$

3. Nilai panjang *patch* antena

$$L = L_{eff} - 2\Delta L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L = 39.159 \text{ mm} \quad (4)$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkanlah nilai panjang *patch* antena adalah 39.159 mm.

2.2.3 Lebar Ground dan Substrat Antena

Lebar *ground* dan substrat antena mikrostrip memiliki nilai yang sama. Untuk mencari nilai dari lebar *ground* dan substrat dari antena mikrostrip menggunakan Persamaan (5):

$$Wg = 6h + W_{patch} = (6 \times 2.4) + 50.7 = 65.1 \text{ mm} \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkanlah nilai lebar *ground* dan substrat antena adalah 65.1 mm.

2.2.4 Panjang Ground dan Substrat Antena

Panjang *ground* dan substrat antena dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (6) :

$$Lg = 6h + lp + lf = 74.285 \text{ mm} \quad (6)$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkanlah nilai panjang *ground* dan substrat antena adalah 74.285 mm.

2.2.5 Lebar Saluran mikrostrip

Lebar saluran mikrostrip dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (8). Namun, sebelum ke Persamaan (8), harus mencari *variable* B yang belum diketahui pada Persamaan (7) :

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{377\pi}{2 \times 50 \sqrt{4.4}} = 5.65 \quad (7)$$

Setelah nilai dari *variable* B telah ditemukan, maka lanjut ke Persamaan (8)

$$W = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right] = 4.4908 \text{ mm} \quad (8)$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkanlah nilai lebar saluran mikrostrip adalah 4.4908 mm.

2.2.6 Panjang Saluran mikrostrip

Panjang saluran mikrostrip dapat kita cari dengan menggunakan Persamaan (9) seperti berikut:

$$L_f = \frac{1}{4} \lambda_g = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{1}{4} \frac{c/f}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = 20.726 \text{ mm} \quad (9)$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkanlah nilai panjang saluran mikrostrip adalah 20.726 mm.

2.2.7 Ukuran matching impedance ($\lambda/4$ transformator)

Sebelum menghitung ukuran dari *matching impedance* mencari impedansi saluran $\lambda/4$ transformator menggunakan Persamaan (10) untuk mencari impedansi *input* :

$$Z_{0,1} = \sqrt{Z_0 \times Z_L} = \sqrt{50 \times 100} = 70.7 \Omega \quad (10)$$

Setelah didapatkan besar impedansi saluran transformator, maka kita dapat mencari lebar saluran $\lambda/4$ transformator menggunakan Persamaan (11) berikut ini :

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \pi^2}{70.7 \sqrt{4.4}} = 3.993 \quad (11)$$

Setelah nilai dari *variable* B telah ditemukan, maka lanjut ke Persamaan (8) untuk menghitung lebar saluran $\lambda/4$ transformator seperti berikut ini :

$$W = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right] = 2.3978 \text{ mm}$$

Kemudian, selanjutnya adalah mencari panjang dari saluran $\lambda/4$ transformator menggunakan Persamaan (12) sebagai berikut :

$$L_t = \frac{1}{4} \lambda_g = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{1}{4} \frac{c/f}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = 26.3234 \text{ mm} \quad (12)$$

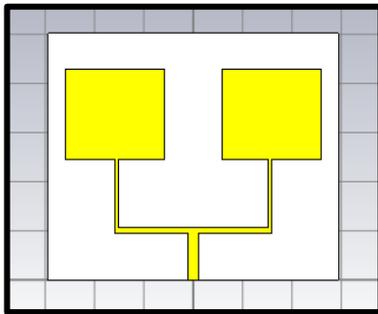
Berdasarkan perhitungan, didapatkanlah nilai lebar dan panjang saluran $\lambda/4$ transformator sebesar 2.3978 mm dan 26.3234 mm.

2.3. Simulasi Antena

Setelah melakukan perhitungan, maka melanjutkan *men-design* menggunakan aplikasi CST Microwave[®], Tabel 1 sampai Tabel 4 merupakan ukuran dari antena setelah di optimasi dan Gambar 7 sampai dengan Gambar 10 merupakan hasil bentuk antena yang telah disimulasikan di aplikasi CST Microwave[®]:

Tabel 1 Ukuran Antena Mikrostrip *Single patch*
Konvensional

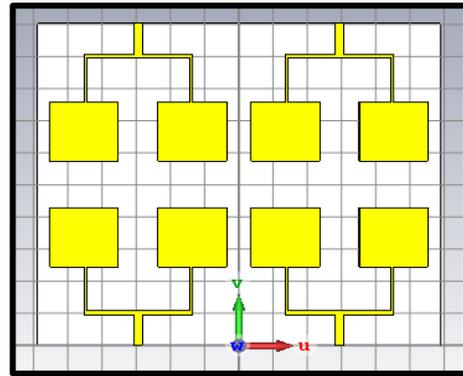
Parameter	Nilai
d	23.189
H	2.4
L ₁	27.5
L ₂	W _p +d
L _f	19
L _g	6*h+L _p +L ₁ +W ₂ +L _f
L _p	37.07
T	0.036
W ₁	1.3
W ₂	2.4
W _f	4.4908
W _g	6*h+d+2*W _p
W _p	40



Gambar 7. Tampilan Antena Mikrostrip *Single patch*
Konvensional

Tabel 2 Ukuran Antena Mikrostrip MIMO
Konvensional

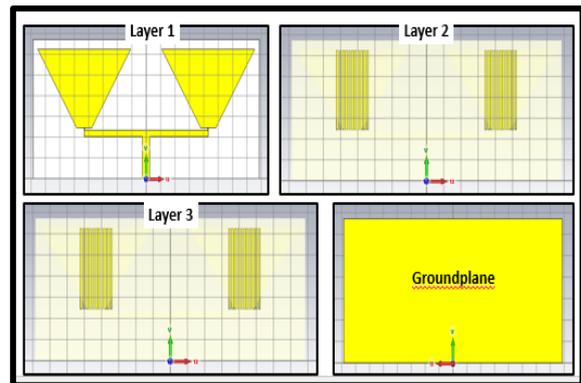
Parameter	Nilai
d	23.189
H	2.4
L ₁	27.5
L ₂	W _p +d
L _f	19
L _g	6*h+L _p +L ₁ +W ₂ +L _f
L _p	37.01
T	0.036
W ₁	1.3
W ₂	2.4
W _f	4.4908
W _g	6*h+d+2*W _p
W _p	40



Gambar 8. Tampilan Antena MIMO Konvensional

Tabel 3 Ukuran Antena Mikrostrip *Single patch*
Artifisial

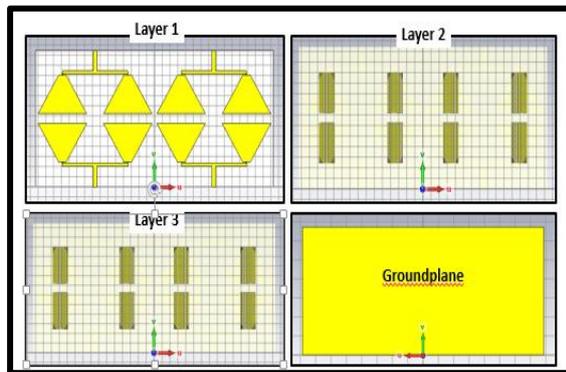
Parameter	Nilai
a	1
d	20.23
h	0.8
L ₁	1.2
L ₂	W _p +d
L _f	20.23
L _g	6*h+L _p +L ₁ +W ₂ +L _f
L _p	38
T	0.036
W ₁	0.314
W ₂	3
W _f	5
W _g	6*h+d+2*W _p
W _p	66
Parameter	Nilai
a	1



Gambar 9. Tampilan Antena Mikrostrip *Single patch*
Artifisial

Tabel 4 Ukuran Antena Mikrostrip Mimo Artifisial

Parameter	Nilai
a	1
d	20.23
H	0.8
L ₁	1.2
L ₂	W _p +d
L _f	20.23
L _g	6*h+L _p +L ₁ +W ₂ +L _f
L _p	38
T	0.036
W ₁	0.5
W ₂	3
W _f	5
W _g	6*h+d+2*W _p
W _p	64
Parameter	Nilai
a	1



Gambar 10. Tampilan Antena Mimo Artifisial

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 5 sampai Tabel 7 akan dirangkum perbandingan antena mikrostrip yang telah dibuat yaitu antena konvensional *single patch* dan mimo serta antena artifisial *single patch* dan mimo

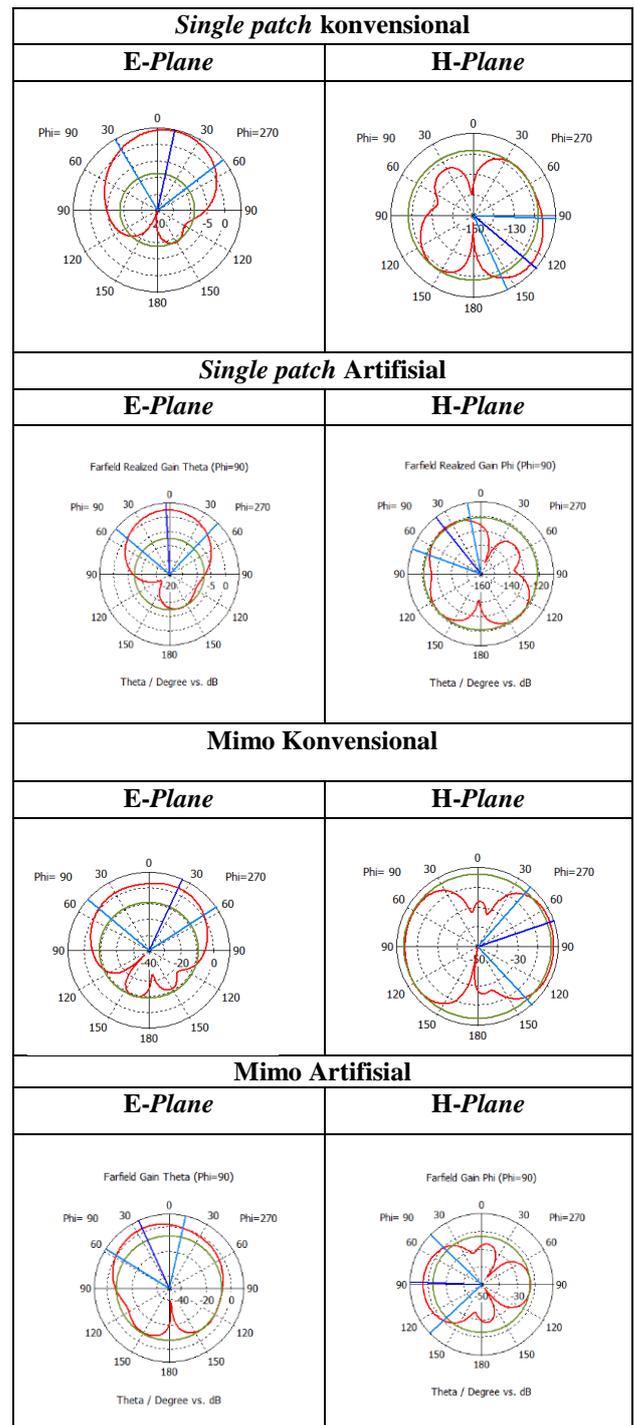
Tabel 5. Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip *Single patch* Konvensional dan Artifisial

	Konvensional	Artifisial
<i>Return Loss</i>	-35.84 dB	-18.48 dB
<i>Gain</i>	4.542 dB	2.552 dB
<i>Bandwidth</i>	67.828 MHz	173.16 MHz
VSWR	1.032	1.21

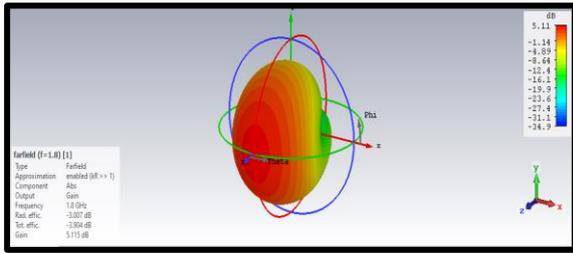
Tabel 6. Perbandingan Parameter Antena Mikrostrip Mimo Konvensional dan Artifisial

	Konvensional	Artifisial
<i>Return Loss</i>	-33.65 dB	-19.13 dB
<i>Gain</i>	3.909 dB	2.902 dB
<i>Bandwidth</i>	68.53 MHz	182.4 MHz
VSWR	1.042	1.248

Tabel 7. Perbandingan Pola Radiasi Antena Mikrostrip Konvensional dan Artifisial



Metode artifisial dapat meningkatkan nilai *gain* yang semula 4.542 dB menjadi 5.115 dB seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 11.



Gambar 11. Hasil *Gain* Antena Artifisial

Namun parameter *gain* tersebut menurun akibat adanya pemotongan *patch* sebesar 25.6%. Pemotongan *patch* tersebut bertujuan untuk meningkatkan nilai *bandwidth*. Nilai *bandwidth* tersebut terbukti naik sebesar 60.183%. Kenaikan *bandwidth* ini juga mengakibatkan penurunan parameter yang lain seperti VSWR yang turun sebesar 19.77%. Antena mimo artifisial yang dibuat oleh Cucun Noviyanti memiliki *bandwidth* sebesar 514 MHz dalam perancangan dan memiliki *bandwidth* sebesar 172.05 MHz pada hasil realisasi, namun antena yang dirancang ini sulit dalam rancangan dan fabrikasi karena antena artifisial yang dibuat dengan cara menembuskan kawat ke substrat antena.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi antena yang telah dibuat didapatkan kesimpulan sebagai berikut, dalam kedua perbandingan antena yang telah dibuat yaitu antena konvensional dan antena artifisial, antena yang memiliki *bandwidth* lebih lebar yaitu antena artifisial dengan lebar *bandwidth* sebesar 182.4 MHz

atau sebesar 10,13% dari frekuensi tengah. Untuk parameter lainnya seperti *gain*, VSWR dan pada antena artifisial mengalami penurunan nilai parameter yang diakibatkan oleh kenaikan *bandwidth*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. A. Balanis, Antena Theory Third Edition, Canada: John Wiley Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2005.
- [2] Nurfiana and H. Ludyati, "Rekayasa Antena Mikrostrip Persegi Panjang pada Radar Altimeter menggunakan Metode Rekayasa Elektromagnetik Berbahan Dasar Floral Foam," *IRWNS*, pp. 354-361, 2019.
- [3] M. F. Dewi, "Realisasi Antena Mikrostrip Lingkaran pada Material Dielektrik Artifisial Berbahan Akrilik dengan Permittivitas Anisotropis di Arah Z," Bandung, 2016.
- [4] I. Inggianti, "Reakisasi Antena Mikrostrip Lingkaran dengan Material Dielektrik Artifisial Berbahan Styrofoam pada Frekuensi UHF," Bandung, 2017.
- [5] I. Kartika, "Realisasi Antena Mikrostrip Lingkaran 1 Elemen menggunakan Purwarupa Material Elektromagnetik Inovatif Berbahan Dasar Akrilik dengan Mode TM01 dan TM11 pada Frekuensi 1800 MHz," Bandung, 2018.
- [6] C. Noviyanti and H. Ludyati, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip 4x4 MIMO Berbahan Material Dielektrik Artifisial dengan Menggunakan Mode Gelombang TM 11 (Pola Crepes) untuk Meningkatkan *Gain* Antena Repeater pada Aplikasi LTE," Bandung, 2019.