

Karakterisasi Antena *Multiple Input Multiple Output* Menggunakan Modifikasi *Slot* Pada Dielektrik *Patch Array* Untuk Teknologi *Wireless Fidelity*

Puspa Kurniasari¹, Nadia Thereza², Melia Sari³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, Indralaya

Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM 32, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan 30662

¹puspakurniasari@ft.unsri.ac.id

²nadiathereza@ft.unsri.ac.id

³meliasari@ft.unsri.ac.id

Intisari — Komunikasi wireless dalam teknologi akses layanan internet memiliki peranan yang sangat penting. Perangkat komunikasi yang menggunakan sistem wireless membutuhkan antena sebagai media perambatan gelombang radio menuju kanal wireless. Kinerja antena mempengaruhi pengiriman dan penerimaan sinyal gelombang radio tersebut. Pada teknologi layanan Wireless Fidelity atau WiFi, antena diaplikasikan untuk operasional kerja WiFi pada frekuensi 2,4 GHz. Pada pengiriman dan penerimaan sinyal WiFi dapat terjadi penurunan kuat sinyal oleh penghalang dan lingkungan sekitar perangkat wireless sehingga hal ini yang menyebabkan akses layanan internet oleh pengguna akan mengalami gangguan koneksi dan kualitas informasi yang ditransfer akan mengalami degradasi. Penelitian ini membahas mengenai karakterisasi susunan antena Multiple Input Multiple Output (MIMO) mikrostrip untuk kinerja kuat sinyal WiFi. Desain antena MIMO menggunakan penambahan slot pada setiap patch rectangular di substrat antena. Slot yang digunakan yaitu empat buah slot segiempat dengan ukuran slot serta jarak yang sama dari tepi bidang patch. Konfigurasi slot berdasarkan spesifikasi bahan substrat, ketebalan substrat, frekuensi kerja dan ukuran patch. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, hasil menunjukkan bahwa untuk parameter Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) 1,50 dan gain 3,898 dBi. Return loss minimum -13,88 dB di frekuensi 2,4 GHz sedangkan pola radiasi direksional dengan side lobe -14,2 dB serta bandwidth antena 87,8 MHz. Antena MIMO array yang dirancang telah dapat diberikan karakterisasi untuk dapat bekerja sesuai fungsinya sebagai media propagasi sinyal dalam akses layanan teknologi WiFi.

Kata kunci — Antena, Gain, MIMO, WIFI.

Abstract — Wireless communication in internet service technology has a very important role. Communication devices that use a wireless system require an antenna as a medium for propagating radio waves to the wireless channel. Antenna performance affects the transmission and reception of radio wave signals. In Wireless Fidelity (WiFi) technology, the antenna is applied for WiFi operation at a frequency of 2.4 GHz. Transmission and reception of WiFi signals can decrease signal strength due to obstructions and the environment around the wireless device so that this causes the internet service access has a connection problem and the quality of information transferred will be degraded. This study discusses the characterization of the microstrip Multiple Input Multiple Output (MIMO) antenna array for WiFi signal strength performance. The MIMO design uses an additional slot in each rectangular patch in the antenna substrate. The slots use four rectangular slots with the same slot size and distance from the edge of the patch area. The slot configuration is based on the substrate material specification, substrate thickness, frequency and patch size. Based on the research that has been done, the results show that the Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) parameter is 1.50 and the gain is 3.898 dBi. Minimum return loss of -13.88 dB at a 2.4 GHz frequency while the radiation pattern is directional with a side lobe of -14.2 dB and the bandwidth of 87.8 MHz. The designed MIMO array antenna can be characterized to work according to its function as a signal propagation medium in accessing WiFi technology services.

Keywords — Antenna, Gain, MIMO, WIFI.

I. PENDAHULUAN

Dalam era teknologi informasi dan komunikasi layanan informasi melalui jejaring *online* atau internet menjadi salah satu hal yang sangat berperan penting untuk kebutuhan informasi masyarakat saat ini. Dengan adanya teknologi informasi dan komunikasi khususnya pada pengembangan infrastruktur di bidang telekomunikasi dan jaringan, manusia dapat bertukar informasi antara satu sama lain dalam jarak jauh dan berbeda lokasi.

Kebutuhan teknologi ini akan selalu mengalami peningkatan di setiap aktivitas manusia baik secara individu dan bermasyarakat. Hal ini disebabkan karena ada perkembangan jaringan untuk memenuhi penyediaan layanan internet yang handal saat ini. Selain itu, jaringan yang memadai dan tepat guna dapat menjadi fasilitas untuk penyediaan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang juga sedang berkembang pesat di bidang teknologi informasi dan komunikasi. Alasan – alasan tersebut menuntut adanya pemanfaatan struktur dan strategi dalam sistem komunikasi serta cara beradaptasi dengan cepat pada teknologi tersebut.

Sistem komunikasi yang digunakan untuk melengkapi pengembangan infrastruktur jaringan akses informasi dan komunikasi adalah sistem komunikasi nirkabel (*wireless*). Pada sistem *wireless* yaitu teknologi *WiFi* mensyaratkan tahap meradiasikan dan menangkap gelombang elektromagnetik yang terjadi pada perangkat pengguna khususnya perangkat antenna. Secara umum, sinyal *WiFi* yang kuat dalam suatu jaringan terdeteksi oleh perangkat *mobile* yang dekat lokasinya dengan *access point* dan sebaliknya jika perangkat *mobile* pengguna menjauh maka sinyal pada jaringan *WiFi* akan semakin berkurang.

Permasalahan ini dapat menyebabkan ada waktu tunda atau koneksi jaringan dapat terputus saat pengguna mengakses informasi layanan *WiFi*. Metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan pengembangan pada desain antenna yang digunakan dalam pengiriman dan penerima sinyal komunikasi pada jaringan *WiFi* yang merupakan bagian

dari teknologi IEEE 802.11. Rancangan antenna ditambahkan pada perangkat *access point* dan *WiFi adapter* atau perangkat *mobile* dalam rangka penambahan besar *gain* agar sinyal yang dipropagasikan dapat ditransmisikan dan diterima secara optimal tanpa harus berpindah lokasi pada jarak yang dekat dengan sumber sinyal jaringan *WiFi* untuk dapat berkomunikasi suara dan data. Pada penelitian sebelumnya tentang antenna MIMO untuk aplikasi *WiFi* menghasilkan *gain* terbesar 3,428 dBi dengan pola radiasi *unidirectional* dan memiliki polarisasi *elips* [1].

Penggunaan variasi *patch* antenna misalnya bentuk *bowtie* dapat juga digunakan untuk merealisasikan antenna MIMO dengan susunan 4x4 dan menghasilkan $gain \geq 2,89$ dBi dan $return loss \leq -17,394$ dB[2]. Selain itu, pencatutan antenna mempengaruhi kinerja dan kapasitas antenna pada teknologi *WiFi* yang menggunakan jenis pencatutan *inset feed* dan jenis pencatutan *electromagnetically coupled*[3]. Peningkatan penguatan antenna atau *gain* dapat dilakukan dengan melakukan modifikasi pada permukaan *patch* misalnya bentuk *slot*[4] sehingga terjadi perubahan pada dimensi antenna.

Bentuk *patch* dan *array* antenna memberikan peningkatan *gain* dan besar *bandwidth* pada frekuensi kerja yang ditetapkan termasuk pada frekuensi tinggi[5]. Pada penelitian ini, perancangan antenna diberikan karakter antenna agar mampu bekerja untuk infrastruktur layanan *WiFi* menggunakan jenis antenna MIMO dengan dimensi antenna tipe *array* pada frekuensi 2,4 GHz sehingga pengguna perangkat *mobile* mendapatkan peningkatan *gain* dan peningkatan laju data akses layanan informasi dalam *coverage* jangkauan layanan internet jaringan *WiFi*.

II. METODE PENELITIAN

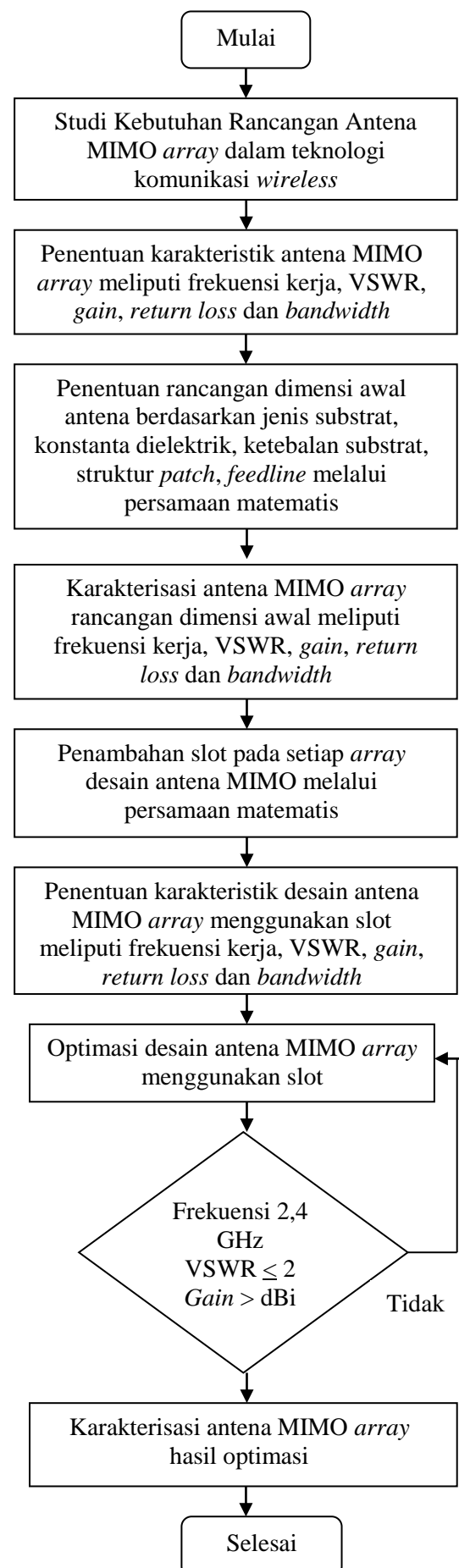
Karakterisasi antenna MIMO *array* ini terdiri dari tahap-tahap panduan desain antenna. Proses penelitian dimulai dari studi literatur atau pustaka serta referensi yang berkaitan dengan perancangan yang akan diteliti dan selanjutnya adalah penentuan

karakter antenna dari sisi frekuensi yang digunakan, *VSWR*, *gain*, *return loss*, pola radiasi dan *bandwidth*. Hal ini merupakan spesifikasi antenna yang dirancang bangun. Diagram alir atau *flowchart* tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Setelah karakterisasi antenna MIMO array yang dirancang, tahap selanjutnya adalah merancang desain awal antenna berdasarkan pemilihan tipe substrat, ketebalan substrat, konstanta dielektrik, struktur *patch*, penentuan saluran transmisi antenna. Desain awal antenna MIMO array menggunakan persamaan matematis teori antenna. Bentuk dimensi awal antenna tersebut selanjutnya disimulasikan melalui perangkat lunak untuk mendapatkan hasil *VSWR*, *gain*, *return loss*, pola radiasi dan *bandwidth*.

Slot pada antenna MIMO array ditambahkan pada dimensi awal antenna MIMO array dan disimulasikan kembali untuk mendapatkan hasil karakter antenna yang diamati. Pada tahap ini hasil – hasil yang diperoleh dianalisis untuk selanjutnya disesuaikan dengan syarat kinerja antenna yang telah ditetapkan untuk dapat bekerja pada perangkat *wireless* di jaringan *WiFi*.

Tahap optimasi dilakukan pada desain antenna MIMO array untuk mendapatkan desain antenna MIMO array yang dapat menghasilkan peningkatan *gain*, *VSWR* dan *return loss* yang telah ditetapkan, *bandwidth* dan pola radiasi dari gelombang yang diradiasikan antenna.



Gbr.1 Flowchart kerja tahap rancangan antenna MIMO array

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan karakter antenna untuk desain dimensi awal antenna. Antena bekerja dengan frekuensi kerja di 2,4 GHz yang merupakan frekuensi untuk layanan *WiFi* sehingga dapat diakses oleh pengguna perangkat *wireless*. Antena dirancang dengan metode mikrostrip *line* karena dimensinya kecil dan dapat direalisasikan dengan alat dan bahan yang terjangkau.

Setelah frekuensi kerja ditetapkan dilanjutkan dengan pemilihan media substrat. Substrat berperan untuk media saluran gelombang elektromagnetik dari catuan daya. Jenis media substrat yang sedang digunakan dalam penelitian ini adalah FR4 atau dikenal juga *Flame Resistant 4* tipe *double layer*. Substrat termasuk bahan *Printed Circuit Board* (PCB) dengan menggunakan ketebalan (h) 1,6 mm dan konstanta dielektrik (ϵ_r) 4,3. Struktur *patch* pada substrat digunakan jenis *rectangular* dari *copper*. Spesifikasi – spesifikasi tersebut lalu digunakan sebagai data utama dalam perhitungan matematis dari teori antenna seperti pada tabel 1:

Tabel 1. Karakteristik Dimensi Awal Antena

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	jenis substrat	<i>Flame Resistant (FR4) Double Layer Epoxy</i>
2.	ketebalan substrat (h)	1,6 mm
3.	konstanta dielektrik (ϵ_r)	4,3
4.	<i>voltage standing wave ratio</i> (vswr)	≤ 2
5.	<i>return loss</i>	$\leq -9,54$ dB

Bentuk struktur *rectangular patch* terdiri dari *width* atau lebar dan *length* atau panjang. Perhitungan lebar elemen peradiasi atau lebar *patch* atau *patch width* (W) diperoleh melalui persamaan (1) dengan c adalah kecepatan cahaya 3×10^8 m/s adalah sebagai berikut :

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

$$W = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2 \times (2,4 \times 10^9 \text{ Hz}) \sqrt{\frac{(4,3 + 1)}{2}}}$$

$$W = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{4,8 \times 10^9 \text{ Hz} \sqrt{\frac{(4,3 + 1)}{2}}}$$

$$W = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{7,813 \times 10^9 \text{ Hz}}$$

$$W = 0,03839 \text{ m}$$

$$W = 38,39 \text{ mm}$$

selanjutnya untuk menentukan panjang elemen peradiasi atau panjang *patch* atau *patch length* (L) maka dihitung konstanta dielektrik efektif terlebih dahulu yaitu menggunakan persamaan (2):

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

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{4,3 + 1}{2} + \frac{4,3 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{1,6 \text{ mm}}{38,39 \text{ mm}} \right)}} \right)$$

$$\epsilon_{r_{eff}} = 2,65 + 1,65 \left(\frac{1}{1,22 \text{ mm}} \right)$$

$$\epsilon_{r_{eff}} = 3,99$$

Hasil konstanta dielektrik efektif lalu disubstitusikan pada persamaan (3) untuk mendapatkan panjang elemen peradiasi efektif:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3)$$

$$L_{eff} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2 \times (2,4 \times 10^9 \text{ Hz}) \sqrt{3,99}}$$

$$L_{eff} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{9,596 \times 10^9 \text{ Hz}}$$

$$L_{eff} = 0,03126 \text{ m}$$

$$L_{eff} = 31,26 \text{ mm}$$

Struktur *patch* pada substrat merupakan elemen peradiasi yang menyebabkan efek medan tepi yang diperoleh melalui perhitungan matematis persamaan (4) :

$$\Delta L = 0,412 \times h \left\{ \frac{\left(\epsilon_{r_{eff}} + 0,3 \right) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{\left(\epsilon_{r_{eff}} - 0,258 \right) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \right\}$$

$$\Delta L = 0,412 \times 1,6mm \left\{ \frac{\left(3,99 + 0,3 \right) \left(\frac{38,39mm}{1,6mm} + 0,264 \right)}{\left(3,99 - 0,258 \right) \left(\frac{38,39mm}{1,6mm} + 0,8 \right)} \right\} \quad (4)$$

$$\Delta L = 0,412 \times 1,6mm \left\{ \frac{(4,29)(23,99 + 0,264)}{(3,732)(23,99 + 0,8)} \right\}$$

$$\Delta L = 0,6592mm \left\{ \frac{(104,04966)}{(92,51628)} \right\}$$

$$\Delta L = 0,741378013mm$$

sehingga panjang *patch* atau *patch length* merupakan panjang elemen peradiasi efektif untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik didapatkan dengan persamaan (5) yaitu :

$$L_{eff} = L + 2\Delta L$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L$$

$$L = 31,26mm - 2(0,741378013mm) \quad (5)$$

$$L = 31,26mm - 1,482756026mm$$

$$L = 29,77mm$$

Saluran catu atau *feedline* ditentukan menggunakan impedansi 50 ohm dan 100 ohm. Saluran catu atau saluran transmisi pada *patch* antenna dirancang dari tepi substrat yang terhubung ke konektor 50 ohm ke perangkat *wireless*. Saluran catu 50 ohm tersebut menghubungkan *rectangular patch* yang diatur secara *array* dan linier. Elemen *rectangular patch* berjumlah delapan *patch* dan disusun *array* dengan dua *rectangular patch* untuk satu *array* sehingga dengan jumlah *patch* delapan akan ada empat *array*. Rancangan antenna ini adalah antenna MIMO *array* 4x4.

Untuk itu, panjang dan lebar saluran transmisi dengan 50 ohm atau dinamakan lebar *feedline* dan panjang *feedline* dapat ditentukan melalui persamaan (6):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left(B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right) \quad (6)$$

dengan persamaan (7) diperoleh B

$$B = \frac{60\pi^2}{50\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60\pi^2}{50\sqrt{4,3}} = \frac{60\pi^2}{103,68} = 5,71 \quad (7)$$

sehingga lebar saluran transmisi 50 ohm ialah :

$$W = \frac{2 \times 1,6mm}{\pi} (5,71 - 1 - \ln(2(5,71) - 1) + \frac{4,3 - 1}{2 \times (4,3)} \left[\ln(5,71 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,3} \right])$$

$$W = \frac{3,2mm}{\pi} (4,71 - 2,34 + 0,38[1,54 + 0,39 - 0,14])$$

$$W = 3,10mm$$

dan konstanta dielektrik efektif saluran transmisi 50 ohm melalui persamaan (2) yaitu :

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{4,3 + 1}{2} + \frac{4,3 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{1,6mm}{3,10mm} \right)^2}} \right)$$

$$\epsilon_{r_{eff}} = 2,65 + 1,65 \left(\frac{1}{2,68} \right)$$

$$\epsilon_{r_{eff}} = 3,26$$

panjang saluran transmisi 50 ohm diperoleh menggunakan persamaan (8) :

$$L_f = \frac{\lambda}{4\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{0,125m}{4\sqrt{3,26}} = 0,01730m = 17,30mm \quad (8)$$

Untuk spesifikasi saluran transmisi 100 ohm pada antenna MIMO *array* yang dirancang dimulai dengan perhitungan lebar *feedline* menggunakan persamaan (6) menggunakan faktor B melalui persamaan (7):

$$B = \frac{60\pi^2}{100\sqrt{4,3}} = \frac{60\pi^2}{207,36} = 2,85$$

$$W = \frac{2 \times 1,6mm}{\pi} (2,85 - 1 - \ln(2(2,85) - 1) + \frac{4,3 - 1}{2 \times (4,3)} \left[\ln(2,85 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,3} \right])$$

$$W = \frac{3,2mm}{\pi} (1,85 - 1,54 + 0,38[0,61 + 0,39 - 0,14])$$

$$W = 0,64mm$$

sehingga diperoleh konstanta dielektrik efektif dan panjang *feedline* menggunakan persamaan (9):

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} + 0,04 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \right] \quad (9)$$

$$\epsilon_{r_{eff}} = \frac{4,3 + 1}{2} + \frac{4,3 - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{1,6mm}{0,64mm} \right)}} + 0,04 \left(1 - \frac{0,64mm}{1,6mm} \right)^2 \right]$$

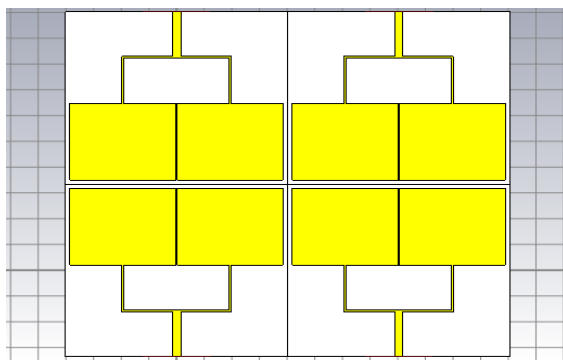
$$\epsilon_{r_{eff}} = 2,65 + 1,65[0,17 + 0,0144]$$

$$\epsilon_{r_{eff}} = 2,95$$

Persamaan (9) digunakan karena karakteristik mikrostrip yang digunakan $W/h \leq 1$. Lebar *feedline* untuk 100 ohm menggunakan persamaan (8) :

$$L_f = \frac{\frac{\lambda}{4}}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{0,125m}{\sqrt{2,95}} = 0,01819m = 18,19mm$$

Berdasarkan spesifikasi yang diperoleh secara teoritis maka desain awal antenna seperti pada gambar (2) :



Gbr.2 Dimensi awal antenna MIMO array tanpa slot

Tahap selanjutnya adalah penambahan slot pada desain antenna. Penentuan lebar slot, panjang slot vertikal dan panjang slot horizontal ditentukan secara teoritis. Lebar slot pada *patch* antenna MIMO array yang digunakan adalah 2,08 mm menggunakan persamaan (10) :

$$E = \frac{\lambda_o}{60} = \frac{0,125m}{60} = 0,00208m = 2,08mm \quad (10)$$

Slot terdiri dari slot vertikal dan slot horizontal. Panjang slot vertikal (C_1) ditentukan dengan menggunakan persamaan (11) :

$$\frac{C_1}{W} \geq 0,3 \quad (11)$$

sehingga diperoleh

$$\frac{C_1}{38,39mm} \geq 0,3$$

$$C_1 \geq 11,52mm$$

sedangkan panjang slot horizontal (D) didapatkan dari persamaan (12) :

$$D = \frac{c}{f_{low} \sqrt{\epsilon_{r_{eff}}}} - 2(L - 2\Delta L - E) \quad (12)$$

hasilnya ialah :

$$D = \frac{3 \times 10^8 \times 10^3 \frac{mm}{s}}{2,4 \times 10^9 Hz \sqrt{3,99}} - 2(29,77 - 2(0,74) - 2,08)$$

$$D = \frac{3 \times 10^{11} mm}{4,79 \times 10^9} - 2(26,21)$$

$$D = 10,21mm$$

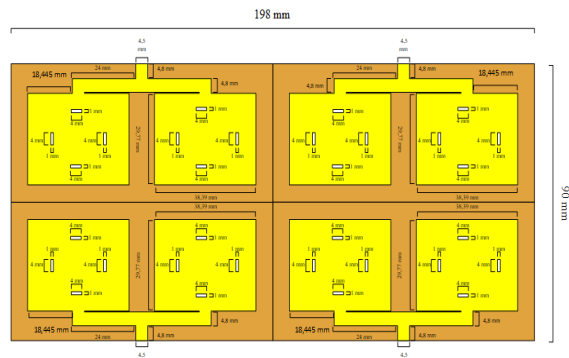
Rekapitulasi hasil perhitungan berdasarkan teori antenna maka spesifikasi desain dimensi awal antenna MIMO array seperti pada tabel 2

Tabel 2. Spesifikasi Ukuran Elemen Desain Awal Antena MIMO Array

W_{patch}	38,39 mm
L_{patch}	29,77 mm
W_{50ohm} (saluran transmisi)	3,10 mm
L_{50ohm} (saluran transmisi)	17,3 mm
W_{100ohm} (saluran transmisi)	0,64 mm
L_{100ohm} (saluran transmisi)	18,19 mm
lebar slot (E)	2,08 mm
panjang slot vertikal (C_1)	11,52 mm
panjang slot horizontal (D)	10,21 mm

Kinerja antenna ditentukan oleh karakterisasi antenna tersebut sehingga memiliki perbedaan dengan antenna lainnya. Parameter karakterisasi antenna menggunakan VSWR, *gain*, *return loss*, pola radiasi dan *bandwidth* yang telah ditetapkan sebagai standar kinerja agar antenna berfungsi dengan

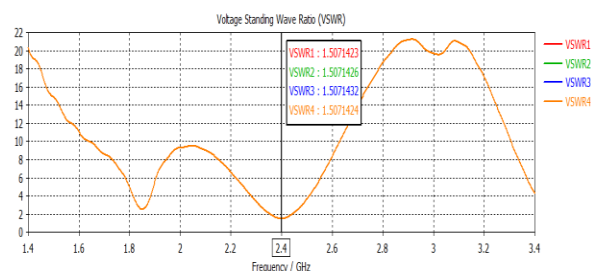
selayaknya pada frekuensi yang diinginkan. Hasil – hasil parameter yang diperoleh menunjukkan antenna belum dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz sehingga berdasarkan referensi hasil tersebut maka dibutuhkan optimasi pada setiap spesifikasi parameter. Gambar 3 merupakan desain antenna MIMO array hasil optimasi :



Gbr.3 Rancangan antenna MIMO array dengan slot

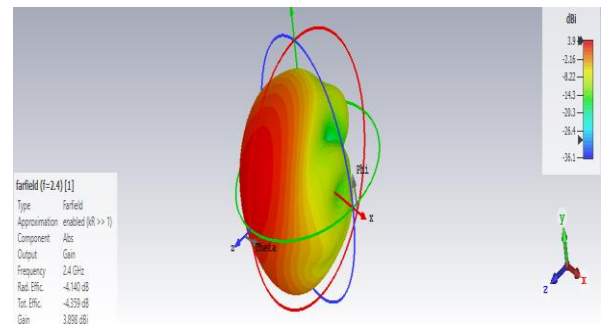
Elemen array antenna yang disusun 4x4 dengan slot dicatu melalui saluran atau *feedline* dengan lebar *feedline* 4,5 mm. Panjang saluran pencatu 100 ohm ke masing-masing *patch* dalam satu array yaitu 24 mm.

Pencatutan pada lebar 4,5 mm diaplikasikan agar terjadi *matching* antara konektor 50 ohm ke perangkat luar. Antena MIMO array yang dirancang memiliki impedansi masukan yang terhubung dengan konektor 50 ohm tersebut. Saluran pencatu dari antenna mengirimkan energi yang berasal dari sumber menuju antenna MIMO array berbasis mikrostrip ini. Hasil VSWR untuk rancangan antenna pada gambar 4 menunjukkan hasil lebih kecil dari 2 yang merupakan syarat karakter antenna mikrostrip seperti pada gambar 5. VSWR yang didapatkan yaitu 1,50 untuk semua elemen array pada frekuensi 2,4 GHz



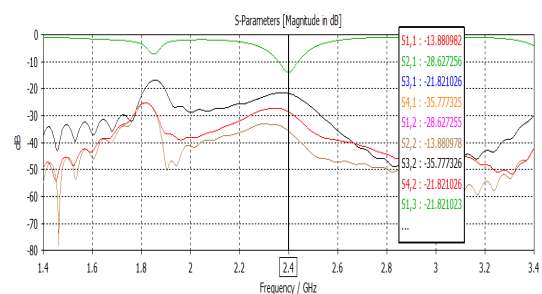
Gbr.4 Rancangan antenna MIMO array dengan slot

Pada tahap optimasi ini, *gain* antenna MIMO array hasil desain menunjukkan *gain* 3,898 dBi untuk semua elemen array pada substrat FR4 seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Hasil *gain* yang diperoleh merupakan perbandingan intensitas radiasi antenna MIMO array pada arah yang diinginkan terhadap intensitas radiasi dari antenna isotropis dengan sumber masukan daya yang sama ke *patch* mikrostrip. Perbandingan intensitas mengacu pada antenna isotropis dengan satuan *gain* dalam dBi.



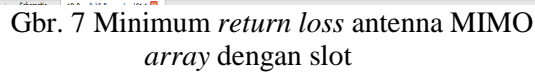
Gbr.5 Gain antenna MIMO array dengan slot

Pada frekuensi kerja antenna di 2,4 GHz, gelombang yang direfleksikan oleh antenna dapat lebih besar daripada gelombang kirim dengan kondisi *return loss* lebih besar dari -9,54. Hasil *return loss* dari antenna MIMO array yang dirancang adalah lebih kecil dari -9,54 untuk setiap elemen *patch* array seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gbr.6 Return loss antenna MIMO array dengan slot

Return loss minimum pada frekuensi 2,4 GHz adalah -13,88 dB seperti pada gambar 7 sehingga dapat ditentukan *bandwidth* yang merupakan rentang frekuensi pada antenna MIMO array.



Farfield Gain Abs (Phi=90)

Phi= 90 30 30 Phi=270
60 60
90 0
120 120
150 150
180

Theta / Degree vs. dBi

Frequency = 2.4 GHz
Main lobe magnitude = 3.77 dB
Main lobe direction = 20.0 deg.
Angular width (3 dB) = 88.5 deg.
Side lobe level = -14.2 dB

Gbr. 8 Pola radiasi antenna MIMO *array* dengan slot

Rentang frekuensi berdasarkan *return loss* minimum yang telah didapatkan maka dapat ditentukan di frekuensi 2,4 GHz seperti pada gambar 9 yaitu 87,8 GHz.



Bandwidth (BW) dihitung dengan persamaan (13) yang menunjukkan selisih antara frekuensi atas (f_1) dan frekuensi bawah (f_2).

$$\begin{aligned} BW &= f_2 - f_1 & (13) \\ BW &= 2,4419 \text{ GHz} - 2,3541 \text{ GHz} \\ BW &= 87,8 \text{ MHz} \\ BW &= 0,0878 \text{ GHz} \end{aligned}$$

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (14)$$

$$BW = \frac{2,4419 \text{ GHz} - 2,3541 \text{ GHz}}{2,4 \text{ GHz}} \times 100\%$$

$$BW = 3,6583\%$$

Desain antena MIMO *array* 4x4 jenis mikrostrip telah dapat diberikan karakterisasi antena dan antena yang didesain dapat diaplikasikan sebagai media gelombang radio dalam layanan akses layanan teknologi WiFi.

IV. PENUTUP

Penelitian mengenai karakterisasi antenna MIMO *array* yang didesain dengan modifikasi slot telah dilakukan dan hasilnya menunjukkan bahwa antenna untuk perangkat *wireless* membutuhkan desain yang akurat dalam penentuan karakter antenna. Parameter pengujian yang diperoleh yaitu VSWR 1,50, *gain* 3,898 dBi, *return loss* minimum 13,88 dB dan pola radiasi arah direksional dimana *side lobe* -14,2 dB serta *bandwidth* antenna 87,8 MHz yang mempengaruhi kinerja antenna pada frekuensi 2,4 GHz. Karakterisasi antenna menyebabkan antenna dapat berfungsi dengan baik untuk WIFI melalui optimasi. Untuk itu, pengembangan selanjutnya dapat dilakukan penambahan spesifikasi uji menggunakan teknik pencatutan antenna dan pengamatan pada *ground plane* serta teknik penambahan slot dengan struktur lainnya pada *patch* antenna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Universitas Sriwijaya yang telah membantu pendanaan penelitian Skema Sains, Teknologi dan Seni (Sainteks) ini melalui DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun 2020.

REFERENSI

- [1]. A. B. Adipurnama, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Antena MIMO 4 x 4 Mikrostrip Patch Persegi Panjang 5,2 GHz untuk WIFI 802.11N," *e-Proceeding of Engineering*, Vol.3, No.1 April 2016, page 233 – 243 ISSN : 2355-9365, 2016.
- [2]. F. K. Hadist, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "Antena Mikrostrip MIMO 4 x 4 Bowtie 2,4 GHz Untuk Aplikasi WIFI 802.11n," *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 4, No.3 Desember 2017, page 3703 – 3710 ISSN : 2355-9365, 2016.
- [3]. Faradila, B. Sumajudin, and T. Yunita, "The Comparison Coupled Method of Inset Feed and EMC (Electromagnetically Coupled) To MIMO Antenna With Dual Band Slot," *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 6, No.2 Agustus 2019, page 4645 – 4650 ISSN : 2355-9365, 2019.
- [4]. K. Jones A.S., L. Olivia N. dan B. Syihabuddin, "Perancangan Antena MIMO 2 x 2 Array Rectangular Patch dengan U-slot untuk Aplikasi 5G," *JNTETI*, Vol. 6, No. 1, Februari, page 93-98, 2017.
- [5]. A. S. Ruswanditya, H. Wijanto dan Y. Wahyu, "Antena Mikrostrip MIMO 8x8 Array 2 Patch Rectangular H-Slot Untuk Radio Akses 5G Frekuensi 15 GHz," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik dan Elektronika*, Vol 2, No. 1, 2017.
- [6]. Priyatama, A. P. Primananda, H. Wijanto and Y. Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Slot Rectangular untuk WiFi 2,4 GHz dan 5,68 GHz," *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 3, No.1, 2016.
- [7]. H. H. Ryanu, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Reconfigurable Pada Dua Frekuensi Kerja," Bandung, Institut Teknologi Telkom, 2011.
- [8]. Hasan, M. Fuad, Darjat dan A. A. Zahra, "Simulasi Antena Mikrostrip Bidang Segiempat Tunggal Dengan Software Matlab," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro*, 2013.
- [9]. Balanis, Constantine A. *Antenna Theory Analysis and Design Third Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [10]. F. Y. Amaelia, Hugeng, "Sistem Antena Array Paralel Untuk Menghasilkan Lobe Radiasi Utama dalam Arah Bervariasi," *TESLA Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 15, No. 2, Oktober 2013.
- [11]. M. Alaydrus, *Antena Prinsip & Aplikasi*, Yogyakarta : Graha ilmu, 2011.
- [12]. I. Surjati, *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*, Jakarta, Universitas Trisakti, 2010.