

PERBANDINGAN ANTENA MIKROSTRIP ARRAY DUAL BAND DENGAN PENCATUAN *MICROSTRIP LINE* DAN *ELECTROMAGNETICALLY COUPLED* (EMC)

Citra Andrieyani¹, Bambang Sumajudin², Trasma Yunita³

^{1, 2, 3} Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia, 40257

¹Citraandrieyani@student.telkomuniversity.ac.id,

²sumajudin@telkomuniversity.ac.id, ³trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Antena mikrostrip tunggal memiliki karakteristik *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang kecil. Pada paper ini membahas perancangan antena mikrostrip *array* yang bekerja pada dua frekuensi kerja yaitu 2,4 GHz dan 5 GHz untuk WiFi. Metode yang digunakan untuk mendapatkan frekuensi *dual band* adalah dengan penambahan *slot* pada sisi *patch*. Hasil yang didapatkan adalah antena mikrostrip *array* 4 elemen dengan catuan *feed line* memiliki hasil yang lebih baik jika diaplikasikan pada WiFi. Antena dengan catuan *feed line* ini memiliki *bandwidth* sebesar 75 MHz - 184,4 MHz sesuai dengan standar IEEE 802.11n dan memiliki *gain* sebesar 4,321 dBi. Sedangkan pada catuan EMC, memiliki *gain* yang besar yaitu sebesar 11,54 dBi namun *bandwidth* yang didapatkan sangat sempit yaitu sebesar 27,5 MHz.

Kata Kunci: Antena *array*, antena mikrostrip, *Dual-Band*, EMC, *microstrip line*.

Abstract

Single microstrip antenna has the characteristics of narrow bandwidth and small gain. This paper discusses the design of a microstrip array antenna that works at two working frequencies, namely 2.4 GHz and 5 GHz for WiFi. The method used to obtain dual band frequencies is by adding slots on the side of the patch. The results obtained are the 4-element microstrip array antenna with feed line supply has better results when applied to WiFi. This feed line antenna has a bandwidth of 75 MHz - 184.4 MHz in accordance with IEEE 802.11n standards and has a gain of 4.321 dBi. Whereas the EMC supply has a large gain of 11.54 dBi but the bandwidth obtained is very narrow, namely 27.5 MHz.

Key Words: Array antenna, microstrip antenna, Dual-Band, EMC, microstrip line.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, antena *multi band* sudah banyak digunakan dengan alasan lebih praktis dan dapat meminimalisasi *space* yang digunakan pada sebuah sistem. Antena *dual band* atau *dual frequency* merupakan sebuah alternatif yang bisa digunakan pada sistem *wireless* yang bekerja pada dua kanal frekuensi yang memiliki perbedaan yang cukup jauh. *Dual Band Coupling and Feed Structure for Microstrip Filter Design* [1], mendesain antena *dual frequency* yang akan memberikan koneksi jaringan yang lebih baik.

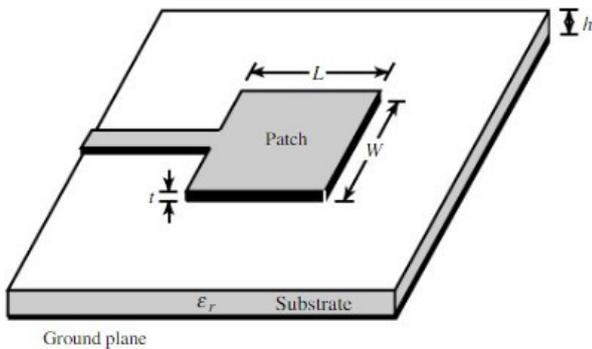
Teknik pencatuan *microstrip line* saat ini sedang populer karena kemudahan dalam desain dan fabrikasi, karena *feed line* dan elemen peradiasi dicetak pada substrat yang sama. Teknik catuan *Electromagnetically Coupled* (EMC) merupakan teknik catuan tidak langsung. Untuk konfigurasi, teknik pencatuan

EMC ini menggunakan dua lapisan substrat. Pada bagian atau lapisan atas, terdapat elemen peradiasi antena dan saluran pencatu terletak diantara dua substrat dielektrik.

Pada penelitian sebelumnya, sudah dilakukan penelitian menggunakan antena MIMO 4x4 untuk teknologi WiFi dengan frekuensi 5,2 GHz [2]. Hasil dari penelitian tersebut menghasilkan nilai *bandwidth* 60 MHz sampai 90 MHz. Dan juga telah ada penelitian MIMO 2x2 untuk teknologi WiFi dengan catuan *Electromagnetically Coupled* (EMC) dengan frekuensi 5,2 GHz. Dan hasil yang didapat pada Tugas Akhir tersebut memiliki nilai *bandwidth* 141 MHz [3]. Pada paper akhir ini akan dirancang antena *Microstrip Array patch rectangular* untuk *Dual-Band* dengan frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz dan akan membandingkan hasil teknik catuan mikrostrip *line* dengan catuan EMC.

2. KONSEP DASAR

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor yang menempel diatas *ground plane* yang dilapisi bahan dielektrik. Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang tersusun atas 4 elemen, yaitu elemen peradiasi (*patch*), substrat, saluran pencatu (*feed line*) dan bidang pentahanan (*ground plane*) seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan Antena Mikrostrip

2.1 Antena Patch Rectangular

Bentuk patch antena mikrostrip sangat beragam, salah satunya adalah antena *patch rectangular*. Antena *patch rectangular* merupakan bentuk *patch* yang paling sering digunakan karena kemudahan dalam analisis, dan mudah di fabrikasi.

Untuk merancang antena mikrostrip *patch* segi empat, terlebih dahulu harus mengetahui parameter bahan yang akan digunakan, seperti konstanta dielektrik (ϵ_r), dan ketebalan dielektrik (h). Dari nilai tersebut ukuran patch berbentuk segi empat berupa lebar (W) dan panjang (L) dapat diperoleh dari persamaan berikut [4]:

$$W = \frac{c}{2fr\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \tag{1}$$

Dimana W adalah lebar konduktor, c merupakan kecepatan cahaya diruang bebas (3×10^8), fr merupakan frekuensi kerja antena. Sedangkan untuk menghitung panjang patch (L) memerlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang L akibat fringing effect. Untuk menghitung ΔL dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta L = 0.421h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) + \left(\frac{W_p}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W_p}{h} + 0.8\right)} \tag{2}$$

Dimana h merupakan ketebalan substrat, ϵ_{reff} merupakan konstanta dielektrik yang diperoleh dengan

persamaan:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right] \tag{3}$$

Maka panjang *patch* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$L = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \tag{4}$$

Untuk memperoleh dimensi *ground plane* dapat menggunakan persamaan:

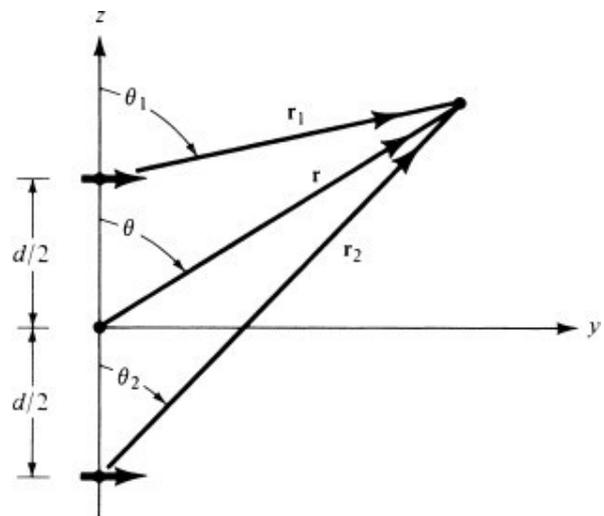
$$W_g = 6h + W_{patch} \tag{5}$$

$$L_g = 6h + L_{patch} \tag{6}$$

2.2 Antena Array

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik dengan susunan yang teratur. Sinyal dari beberapa antena tersebut digabungkan untuk dapat meningkatkan performansi sebuah antena. Antena *array* bertujuan untuk meningkatkan nilai *gain* pada antena, meningkatkan nilai keterarahan (direktivitas) antena, dan penentu arah kedatangan sinyal.

Terdapat beberapa macam konfigurasi antena *array*, salah satu konfigurasi antena *array* adalah antena *array linear*, dimana konfigurasi ini meletakkan antena pada satu garis lurus. Pada Gambar 2. Adapun



Gambar 2. Array Linear

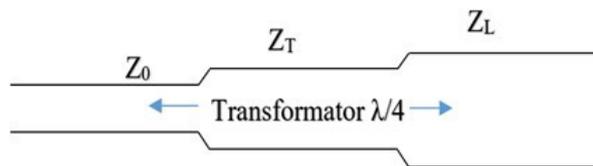
rumus yang bisa digunakan untuk merancang antena *array* adalah [4]:

$$d = \frac{\lambda}{2} \tag{7}$$

$$AF = 2\cos \left[\frac{1}{2} (kdcos\theta + \beta) \right] \tag{8}$$

Dimana, d merupakan jarak antar elemen *patch* dan AF merupakan faktor pengali dari medan elektrik dari antenna *single element*, k merupakan konstanta pergeseran fasa sebesar $\frac{2\pi}{\lambda}$ dan θ adalah sudut *main beam* antenna *array*, β adalah beda fasa catuan setiap elemen *array*.

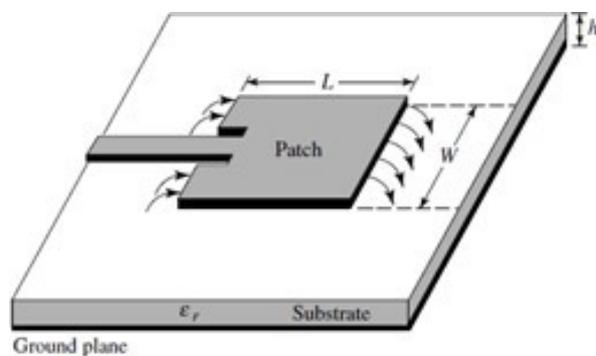
Penyesuaian impedansi dilakukan agar terpenuhi nilai $Z_0 = Z_L$, dimana Z_0 merupakan karakteristik impedansi suatu saluran transmisi yang umumnya bernilai 50 ohm, sedangkan Z_L merupakan impedansi beban, dengan kata lain tidak ada refleksi yang terjadi pada ujung saluran beban [5]. Saluran transmisi mempunyai fungsi utama yaitu untuk mentransfer daya dengan sempurna, maka beban yang *match* sangat dibutuhkan. Untuk itu, dibutuhkan suatu cara agar bisa mendapatkan kondisi *matching*, yaitu salah satunya adalah menambahkan transformator $\frac{\lambda}{4}$. Desain transformator $\frac{\lambda}{4}$ dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain transformator $\frac{\lambda}{4}$

2.3 Teknik Catuan Microstrip Line

Teknik catuan pada antenna mikrostrip merupakan suatu teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antenna mikrostrip. Teknik pencatuan *Microstrip line* saat ini sedang populer karena kemudahan dalam desain dan fabrikasi, karena *feed line* dan elemen peradiasi dicetak pada substrat yang sama. Pada teknik pencatuan *microstrip line* ini, untuk *matching*-kan antenna, *patch* antenna dihubungkan dengan saluran pencatu dimana *patch* dan saluran pencatu harus menggunakan bahan yang sama dengan cara di *matching*-kan, seperti yang terlihat pada Gambar 4.

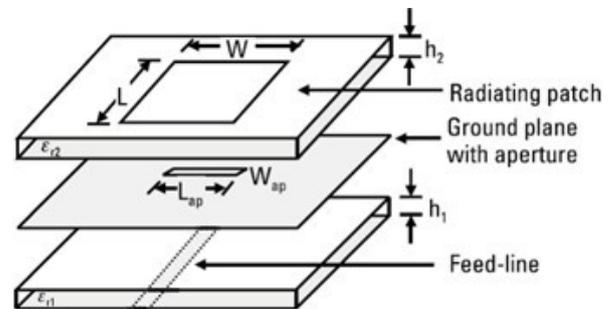


Gambar 4. Teknik catuan *microstrip line*

2.4 Teknik Catuan EMC

Teknik pencatuan dengan menggunakan kopling elektromagnetik merupakan teknik pencatuan yang berbeda dan yang paling menguntungkan dibanding teknik pencatuan lainnya, karena pada teknik ini kemunculan radiasi yang mengganggu sangat kecil dan akan menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar.

Teknik pencatuan EMC ini menggunakan dua lapisan substrat. Pada bagian atau lapisan atas, terdapat elemen peradiasi antenna dan saluran pencatu terletak diantara dua substrat dielektrik seperti yang terlihat pada Gambar 5. Substrat dielektrik yang digunakan pada teknik ini bisa menggunakan substrat dielektrik yang berbeda dimana masing-masing satu untuk saluran pencatu dan satu substrat untuk elemen peradiasi antenna. Geometri antenna mikrostrip menggunakan saluran mikrostrip yang dikopel secara *proximity* [6].



Gambar 5. Teknk catuan *Electromagnetically Coupled*

2.5 Antena Dual Band

Untuk menghasilkan antenna mikrostrip *dual band* atau *dual* frekuensi terdapat tiga jenis bentuk *patch* yaitu, *orthogonal-mode dual-frequency patch antenna*, *multi-patch dual-frequency antenna*, dan *reactively-loaded dual-frequency patch antenna* [7]. Pada penelitian kali ini akan digunakan *patch* jenis *reactively-loaded dual-frequency patch antenna* dengan menggunakan teknik penambahan *slot*. *Slot* yang dirancang pada *patch* antenna ini adalah penambahan *slot rectangular*.

3. MODEL SISTEM DAN PERANCANGAN

Sebelum melakukan perancangan antenna, langkah awal yaitu menentukan spesifikasi dan bentuk antenna yang akan dirancang terlebih dahulu.

3.1 Spesifikasi Antena

Sebelum melakukan perancangan, terlebih dahulu menentukan spesifikasi antenna yang diinginkan. Adapun spesifikasi yang diinginkan seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi antena

Frekuensi Kerja	2,4 dan 5 GHz
Bandwidth	50 MHz
Pola Radiasi	Directional
Polarisasi	Linear
Gain	3 s/d 4 dBi
VSWR	<1.8

3.2 Pemilihan Bahan Antena

Bahan yang digunakan adalah Epoxy FR4 yang mempunyai permitivitas relatif (ϵ_r) = 4,4 dengan ketebalan substrat (h) = 1,6 mm. Pemilihan bahan substrat jenis ini karena memiliki dimensi antena yang kecil, dimana semakin kecil dimensi antena maka akan semakin mudah untuk difabrikasi.

3.3 Dimensi Antena

Sebelum menghitung dimensi antena, hal yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung nilai parameter-parameter yang sudah ditentukan dengan dimasukkan kedalam persamaan untuk mendapat nilai dimensi yang diinginkan tersebut. Perlu diketahui, frekuensi kerja serta jenis dan ketebalan bahan substrat dapat berpengaruh untuk dimensi antena yang digunakan. Perhitungan dilakukan dengan persamaan (1) sampai dengan persamaan (6).

Lebar patch dihitung dari persamaan (1), maka nilai W_p untuk frekuensi 2,4 GHz = 36,515 mm dan untuk frekuensi 5 GHz = 17,555 mm. Menghitung ϵ_{reff} dengan menggunakan persamaan (3), maka nilai ϵ_{reff} untuk frekuensi 2,4 GHz = 4,076 mm dan ϵ_{reff} untuk frekuensi 5 GHz = 3,875 mm. Menghitung ΔL dengan menggunakan persamaan (2), maka nilai ΔL untuk frekuensi 2,4 GHz = 0,738 mm dan ΔL untuk frekuensi 5 GHz = 0,726 mm. Menghitung L_p dengan menggunakan persamaan (4), maka nilai L_p untuk frekuensi 2,4 GHz = 28,241 mm dan L_p untuk frekuensi 5 GHz = 13,202 mm. Panjang Ground Plane dihitung dengan persamaan (6), maka nilai L_g untuk frekuensi 2,4 GHz = 44,241 mm. Sedangkan untuk menghitung Lebar Ground Plane dengan persamaan (5), maka nilai W_g untuk frekuensi 2,4 GHz = 52,515 mm.

3.4 Simulasi Antena Single Catuan Feed Line

Pada paper ini, dilakukan perancangan antena single patch terlebih dahulu sebelum merancang antena array. Antena single patch tersebut dilakukan optimasi terlebih dahulu agar sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Apabila antena single patch belum sesuai spesifikasi, maka akan dilakukan optimasi dengan cara mengubah nilai parameter-parameter antena. Jika antena single patch telah sesuai

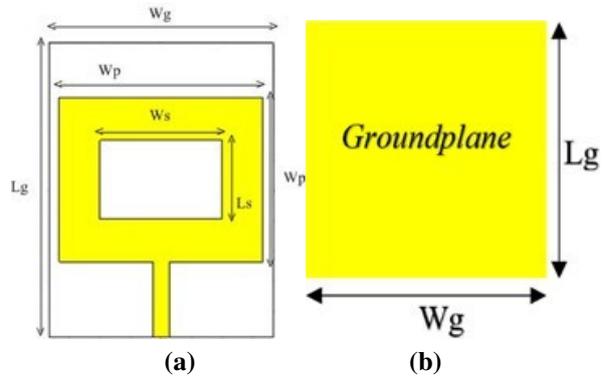
spesifikasi, maka tahap selanjutnya adalah penyusunan antena array.

Pada tahap ini, dirancang antena single dengan catuan feed line berdasarkan parameter-parameter yang telah dihitung. Setelah dirancang antena berdasarkan perhitungan, hasil yang didapatkan masih jauh dari spesifikasi yang diinginkan, maka dilakukan optimasi agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Pada Tabel 2 menunjukkan dimensi antena single elemen menggunakan catuan feed line sesudah optimasi.

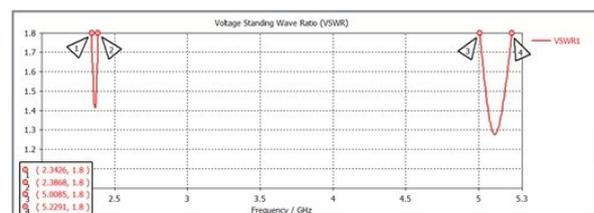
Tabel 2. Dimensi single elemen dengan catuan feed line

No	Parameter	Nilai sesuai perhitungan	Nilai setelah optimasi
1	Lg	44,241 mm	97,1 mm
2	Wg	52,515 mm	73,3 mm
3	Lf	14,859 mm	25 mm
4	Wf	3,058 mm	5.5 mm
5	Lp	28,241 mm	54,2 mm
6	Wp	36,515 mm	66,6 mm
7	Ls	13,202 mm	26 mm
8	Ws	17,555 mm	40 mm

Setelah dilakukan optimasi sesuai dengan yang tertera pada Tabel 2, maka didapatkan hasil dari parameter-parameter antena seperti berikut:



Gambar 6. Desain antena single. (a) Tampak depan, (b) Tampak belakang



Gambar 7. VSWR antena single

Pada Gambar 7 terlihat antena telah bekerja di

frekuensi *dual band*. Namun, pada frekuensi 2,4 belum mencapai $VSWR \leq 1,8$, yaitu masih di 2.2871. Sedangkan pada frekuensi 5 GHz, VSWR telah memenuhi spesifikasi yaitu dengan nilai VSWR 1,8746. Maka akan dilakukan optimasi kembali agar frekuensi bekerja sesuai spesifikasi yang ditentukan. Untuk bandwidth, seperti yang terlihat pada Gambar 7, bahwa antenna memiliki *bandwidth* sebesar 56,4 MHz dan pada frekuensi 5 GHz memiliki *bandwidth* sebesar 271,8 MHz dan telah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dan untuk nilai *gain*, pada antenna *single* catuan *feed line* ini memiliki *gain* yang kecil, yaitu -0,6370 dB pada frekuensi 2,3646 GHz, sedangkan pada frekuensi 5 GHz memiliki nilai *gain* 3,049 dB.

Setelah didapatkan hasil yang diinginkan, maka selanjutnya adalah merancang antenna *array* mikrostrip 4 elemen berdasarkan antenna *single patch* yang telah dioptimasi selanjutnya. Di harapkan dari merancang antenna *array* ini dapat meningkatkan nilai *gain* yang masih jauh dari spesifikasi yang diinginkan.

3.5 Simulasi Antena Array 4 Elemen Catuan Feed Line

Sebelum melakukan perancangan antenna, dilakukan perhitungan jarak antar *patch* yang dipisahkan sejauh $\frac{\lambda}{2}$. Dimensi antenna *single* yang telah dioptimasi, akan digunakan sebagai acuan untuk perancangan antenna *array* 4 elemen. Antenna *array* ini akan disusun secara *linear*. Perancangan antenna *array* ini diharapkan akan memiliki nilai *gain* yang meningkat dibandingkan dengan desain antenna *single*. Dalam perancangan antenna *array* 4 elemen, akan digunakan 3 buah saluran pencatu yaitu 50 Ω , 70.7 Ω dan 100 Ω . *T-Junction* itu sendiri berfungsi sebagai pembagi daya atau *power divider*.

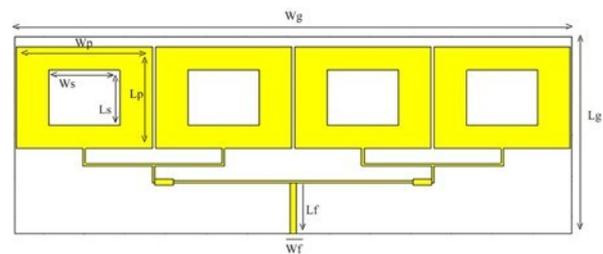
Dimensi awal antenna *array* ini berdasarkan dari antenna *single* catuan *feed line* yang telah dioptimasi. Namun saat merancang antenna *array* menggunakan dimensi antenna *single patch* yang telah dioptimasi, hasil yang diperoleh masih jauh dari spesifikasi yang diinginkan, maka akan dilakukan optimasi agar mendapatkan hasil yang sesuai spesifikasi. Pada Tabel 3 merupakan dimensi antenna *array* dengan catuan *feed line* setelah optimasi.

Setelah dilakukan optimasi seperti yang tertera pada Tabel 3, maka didapatkan hasil parameter-parameter antenna sebagai berikut:

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa antenna telah bekerja pada frekuensi *dual band* 2.4 GHz dan 5 GHz. Pada frekuensi 2.4 GHz antenna memiliki VSWR sebesar 1,2177. Nilai VSWR sudah baik karena berada dibawah ≤ 2 . Sedangkan pada frekuensi 5 GHz antenna memiliki VSWR sebesar 1.3953. Pada gambar tersebut menunjukkan nilai *bandwidth* yang didapatkan setelah optimasi. Untuk frekuensi 2.4 GHz, nilai *bandwidth*

Tabel 3. Dimensi antenna array catuan feed line

Parameter	Dimensi	Keterangan
Lg	98,1 mm	Panjang <i>Groundplane</i>
Wg	68,3 mm	Lebar <i>Groundplane</i>
Lp	50,2 mm	Panjang <i>Patch</i>
Wp	66,6 mm	Lebar <i>Patch</i>
Ls	27 mm	Panjang <i>Slot</i>
Ws	35 mm	Lebar <i>Slot</i>
Wf50	3,08 mm	Lebar <i>feed line</i> 50 Ω
Lf50	8,55 mm	Panjang <i>feed line</i> 50 Ω
Wf70	1,64 mm	Lebar <i>feed line</i> 70 Ω
Lf70	17,64 mm	Panjang <i>feed line</i> 70 Ω
Wf100	0,63 mm	Lebar <i>feed line</i> 100 Ω
d	14,3 mm	Jarak Antar Elemen

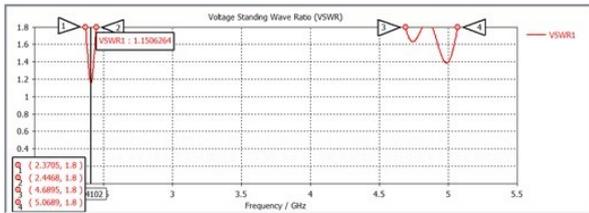


Gambar 8. Desain antenna array dengan catuan feed line

mencapai 76,3 MHz, sedangkan pada frekuensi 5 GHz, nilai *bandwidth* sebesar 379,4 MHz. Pada perancangan antenna *array* catuan *feed line* ini memiliki polarisasi linier karena AR = 40 dB pada kedua frekuensi. Untuk pola radiasi, pada perancangan antenna *array* catuan ini memiliki pola radiasi *directional* atau pola radiasi satu arah. Nilai dari *gain* antenna *array* yang telah dioptimasi pada frekuensi 2.4 GHz didapatkan nilai *gain* sebesar 3.056 dB, sedangkan pada frekuensi 5 GHz, didapatkan nilai *gain* yang meningkat yaitu 4.321 dB. Dapat disimpulkan bahwa desain antenna *array* 4 elemen catuan *feed line* ini telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan, sehingga dimensi desain antenna ini yang akan direalisasikan nantinya.

3.6 Simulasi Antena Array 4 Elemen Catuan EMC

Setelah perancangan antenna *array* 4 elemen dengan catuan *feed line*, selanjutnya adalah merancang antenna *array* 4 elemen dengan catuan EMC, agar hasil dari simulasi kedua catuan tersebut dibandingkan dan dilakukan analisis lebih lanjut. Pada perancangan antenna *array* catuan EMC ini menggunakan hasil dimensi yang telah dioptimasi pada antenna *array* catuan *feed line* agar mendapatkan hasil yang diinginkan dan tidak terlalu banyak melakukan optimasi pada setiap parameternya. Namun, ketika merancang antenna *array* dengan catuan EMC



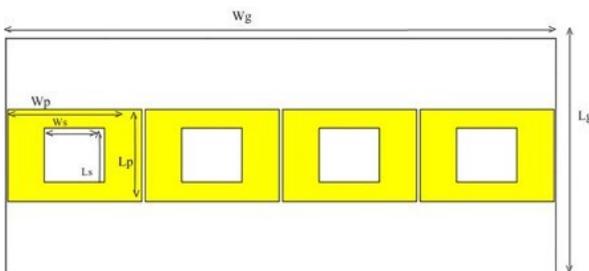
Gambar 9. VSWR antenna array dengan catuan feed line

berdasarkan dimensi pada antenna array catuan feed line, hasil yang diperoleh masih jauh dari spesifikasi yang diinginkan, maka akan dilakukan optimasi agar mendapatkan spesifikasi yang sesuai. Pada Tabel 4 menunjukkan dimensi antenna array dengan catuan EMC sesudah optimasi.

Tabel 4. Dimensi antenna array catuan EMC

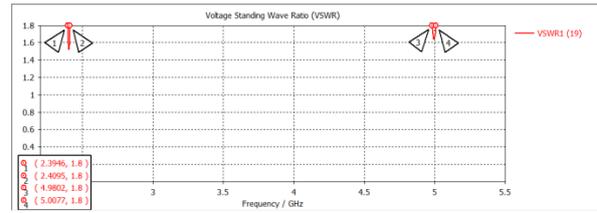
Parameter	Dimensi	Keterangan
Lg	117 mm	Panjang Groundplane
Wg	68,3 mm	Lebar Groundplane
Lp	46,2 mm	Panjang Patch
Wp	66,6 mm	Lebar Patch
Ls	27 mm	Panjang Slot
Ws	30 mm	Lebar Slot
Wf50	3,08 mm	Lebar feed line 50Ω
Lf50	8,55 mm	Panjang feed line 50Ω
Wf70	1,64 mm	Lebar feed line 70Ω
Lf70	17,64 mm	Panjang feed line 70Ω
Wf100	0,63 mm	Lebar feed line 100Ω
d	14,3 mm	Jarak Antar Elemen

Setelah dilakukan optimasi seperti yang tertera pada Tabel 3, maka didapatkan hasil parameter-parameter antenna sebagai berikut:



Gambar 10. Desain antenna array dengan catuan EMC

Pada Gambar 11 menunjukkan bahwa antenna array 4 elemen catuan EMC telah bekerja pada frekuensi dual band 2,4 GHz dan 5 GHz. Pada frekuensi 2,4 GHz memiliki nilai VSWR sebesar 1,561 dan pada frekuensi 5 GHz nilai VSWR mencapai



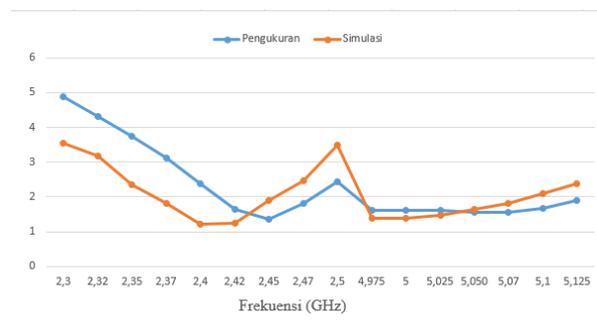
Gambar 11. VSWR antenna array dengan catuan EMC

1,671. Untuk nilai bandwidth juga dapat dilihat pada Gambar 11, pada gambar tersebut terlihat range frekuensi yang didapatkan, yaitu 2,4095 - 2,3946 GHz maka didapatkan nilai bandwidth sebesar 14,9 MHz. Dan rentang 5,0077 - 4,9802 GHz memiliki bandwidth 27,5 MHz. Pada perancangan antenna array 4 elemen catuan EMC ini memiliki polarisasi linear di kedua frekuensi, sama seperti antenna array 4 elemen catuan EMC ini memiliki polarisasi linear di kedua frekuensi, sama seperti antenna array 4 elemen catuan EMC ini memiliki polarisasi linear, karena memiliki AR = 40 Db. Pola radiasi yang dihasilkan pada perancangan antenna ini adalah pola radiasi directional yaitu pola radiasi satu arah.

4. PERBANDINGAN HASIL DAN REALISASI ANTENA

Setelah mendapatkan hasil simulasi perancangan antenna dengan teknik catuan feed line dan juga dengan teknik catuan EMC, maka tahap selanjutnya adalah melakukan realisasi antenna. Antena yang akan direalisasikan pada penelitian ini adalah antenna array 4 elemen dengan catuan feed line, karena hasil simulasi perancangan dengan teknik catuan ini lebih baik dibandingkan dengan teknik catuan EMC jika untuk diaplikasikan pada WiFi.

4.1 Analisis Pengukuran VSWR



Gambar 12. Perbandingan hasil VSWR simulasi dan pengukuran

Antena yang telah direalisasikan memiliki nilai VSWR 1,352 pada frekuensi tengah 2,45 GHz, sedangkan pada hasil simulasi nilai VSWR sebesar 1,151 dengan frekuensi tengah 2,4086 GHz,

sedangkan pada frekuensi tengah 5,065 GHz nilai VSWR sebesar 1,556 dan pada simulasi nilai VSWR sebesar 1,766 pada frekuensi 5 GHz. Pada Gambar 412 terlihat bahwa nilai VSWR saat pengukuran lebih tinggi daripada hasil simulasi. Namun nilai VSWR masih memenuhi spesifikasi yang diinginkan dan masih bernilai dibawah 2.

4.2 Analisis Pengukuran Bandwidth

Bandwidth adalah rentang frekuensi suatu antena dapat bekerja dengan baik. Untuk pengukuran *bandwidth* akan ditinjau dari kurva *return loss*. Pada Tabel 5 merupakan perbandingan hasil *bandwidth* pengukuran dan hasil simulasi.

Tabel 5. Perbandingan *bandwidth* hasil pengukuran dan simulasi

Frekuensi (GHz)	<i>Bandwidth</i> (MHz)	
	Pengukuran	Simulasi
2,418 2,475	57	91,5
4,859 5,115	256	428,3

Pada penelitian pengukuran parameter dalam terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dan hasil simulasi baik untuk nilai VSWR, *bandwidth* maupun *return loss*, dapat disebabkan oleh pabrikasi antena yang kurang presisi dikarenakan tingkat kesulitan dalam pabrikasi tersebut dan dibutuhkan tingkat ketelitian yang tinggi.

4.3 Analisis Pengukuran Gain

Pada pengukuran gain kali ini menggunakan metode *Gain Transfer Method* atau *Gain Comparison Method*. Pengukuran gain ini memerlukan dua buah antena referensi dan satu *antenna under test*. Antena Referensi adalah *Double Ridge Guide Horn Antenna*, dan AUT adalah antena *array* 4 elemen catuan *feed line*. Pengukuran dipisahkan dengan jarak 2 meter, dengan persamaan rumus *gain*:

$$Gain = P_{aut} - P_{ref} + G_{Ref} \tag{9}$$

Dimana, P_{aut} merupakan daya terima *antenna under test*, P_{ref} merupakan daya yang diterima antena standar (DRG *Horn*), dan G_{ref} merupakan *gain* antena referensi absolut *isotropic*.

Tabel 6. Pengukuran nilai *gain*

Frekuensi (GH)	Daya Terima AUT	Daya Terima Antena referensi
2,45	-38,02 dBm	-31,49 dBm
5,062	-46,88 dBm	-37,14 dBm

1. Perhitungan nilai gain pada frekuensi 2,45 GHz

$$G = P_{aut}P_{ref} + G_{Ref}$$

$$G = (-38,02)(-31,49) + 9,2 = 2,67dBi.$$

2. Perhitungan nilai gain pada frekuensi 5,062 GHz

$$G = P_{aut}P_{ref} + G_{Ref}$$

$$G = (-46,88)(-37,14) + 8,8 = -1,27dBi.$$

4.4 Perbandingan Catuan Feedline Dan EMC

Tabel 7. D. Perbandingan Catuan *Feed line* Dan EMC

Parameter	Antena <i>array</i> catuan <i>feed line</i>		Antena <i>array</i> catuan EMC	
	2,408 GHz	5 GHz	2,402 GHz	5 GHz
VSWR	1,151	1,395	1,533	1,671
<i>Bandwidth</i> (MHz)	76,3	184,4	14,9	27,5
<i>Gain</i> (dBi)	3,056	4,321	11,54	8,897
Pola Radiasi	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>
Polarisasi	<i>Linear</i>	<i>Linear</i>	<i>Linear</i>	<i>Linear</i>

Pada Tabel 6 memperlihatkan hasil simulasi perancangan antena *array* 4 elemen dengan dua teknik catuan yang berbeda. Pada catuan *feed line* memiliki kelebihan pada sisi *bandwidth* yang lebar hingga mencapai 184,4 MHz, sedangkan pada catuan EMC hanya memiliki *bandwidth* 14,9 27,5 MHz. *Bandwidth* pada catuan EMC bisa dikatakan sangat sempit, namun catuan EMC memiliki keunggulan pada sisi nilai *gain* yang sangat besar yaitu mencapai 11,54 dB. Hasil pola radiasi pada kedua teknik catuan ini memiliki pola radiasi *directional* yang artinya pola pancar antena ini mencakup ke satu arah. Dapat ditarik kesimpulan, bahwa kedua teknik catuan ini memiliki kekurangan dan keunggulan masing-masing. Jika perancangan antena ingin memiliki nilai *gain* yang besar, maka bisa menggunakan teknik catuan EMC, namun harus melakukan optimasi kembali agar mendapatkan nilai *bandwidth* yang lebar. Begitu juga sebaliknya, jika kebutuhan antena ingin mendapatkan *bandwidth* yang lebar, catuan *feed line* bisa menjadi solusi.

5. KESIMPULAN

Antena *array* 4 elemen dengan catuan *feed line* memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan catuan EMC jika diaplikasikan pada WiFi karena pada catuan *feedline* memiliki *bandwidth* yang cukup lebar yaitu sebesar 184,4 MHz sedangkan pada catuan EMC memiliki *bandwidth* yang sangat sempit

yaitu hanya sebesar 27,5 MHz. Walaupun catuan EMC memiliki keunggulan pada nilai *gain* yang cukup besar yaitu sebesar 11,54 dBI namun nilai *gain* pada catuan *feed line* juga telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan yaitu sebesar 4,321 dBI.

Daftar Pustaka

- [1] H.-M. Lee, C.-R. Chen, C.-C. Tsai, and C.-M. Tsai, "Dual-band coupling and feed structure for microstrip filter design," in *2004 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest (IEEE Cat. No. 04CH37535)*, vol. 3. IEEE, 2004, pp. 1971–1974.
- [2] A. B. Adipurnama, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "Perancangan dan realisasi antena mimo 4x4 mikrostrip patch persegi panjang 5, 2 ghz untuk wifi 802.11 n," *eProceedings of Engineering*, vol. 3, no. 1, 2016.
- [3] I. R. Utomo, D. Arseno, and Y. Wahyu, "Perancangan dan realisasi antena mimo 2x2 mikrostrip patch persegi panjang 5, 2 ghz untuk wifi 802.11 n dengan catuan emc (electromagnetically coupled)," *eProceedings of Engineering*, vol. 5, no. 1, 2018.
- [4] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*. John Wiley & sons, 2016.
- [5] K. Chang, V. Nair, and I. J. Bahl, *RF and microwave circuit and component design for wireless systems*. John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [6] S. Vajha and S. Prasad, "Design and modeling of proximity coupled patch antenna," in *2000 IEEE-APS Conference on Antennas and Propagation for Wireless Communications (Cat. No. 00EX380)*. IEEE, 2000, pp. 43–46.
- [7] S. Maci and G. B. Gentili, "Dual-frequency patch antennas," *IEEE Antennas and propagation Magazine*, vol. 39, no. 6, pp. 13–20, 1997.