

Antena Microstrip Double Layer Untuk Aplikasi WLAN 802.11ac

Ahmad Firdausi

PT.Mitra Integrasi Informatika
Ahmad.firdausi@ymail.com

Abstrak

Sebuah antena mikrostrip yang dikembangkan untuk mendukung komunikasi data pada perangkat komunikasi *Wireless Lan 802.11 ac*. Antena dirancang agar mampu beroperasi di range frekuensi wlan 802.11ac. Perancangan antena ini dibuat menggunakan teknik yaitu gabungan teknik *transformer* $1/4\lambda_g$ yang mampu membuat matching impedance yang optimal dan teknik *multi tuning stub* dengan pencatu berbentuk garpu juga teknik *proximity coupled* untuk menghasilkan peningkatan bandwidth dan teknik slot sempit bentuk *tri* pada dua elemen patch yang di *array* untuk peningkatan karakteristik *gain*, dengan menggunakan dua lapisan substrat dari jenis FR4_Epoxy dengan ketebalan 1,6 mm dan konstanta dielektrik 4,4. Dimana lapisan substrat bagian atas untuk dua *patch* segi empat dan substrat bagian bawah untuk catu saluran transmisi.

Metode penelitian yakni dengan melakukan studi *literature* perbandingan jurnal terdahulu, kemudian desain perancangan antena mikrostrip awal dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan antena mikrostrip, lalu dilakukan simulasi secara komputasi desain antena mikrostrip dengan menggunakan *software Hfss v.13*. Dari hasil simulasi diperoleh parameter antara lain seperti: *bandwidth* dari *return loss* dibawah -10 dB, $gain \geq 6$ dB, $VSWR < 2$ yang beroperasi pada wlan 802.11ac. Antena mikrostrip yang dibuat memiliki kriteria yaitu $VSWR \leq 2$ pada frekuensi kerja WLAN 802.11ac dengan lebar bandwidth sebesar 1,002MHz, gain 7.2 dBi sehingga tercapai target untuk peningkatan bandwidth di aplikasi Wlan 802.11ac dan bisa untuk pengaplikasiannya menggunakan di frekuensi center 5.3 GHz, untuk ukurannya relatif lebih kecil yaitu 10mm x 15mm.

Keywords: Proximity couple Mikrostrip Antenna, wlan 802.11ac

Received July 2017

Accepted for Publication November 2017

DOI: 10.22441/incomtech.v8i1.2143

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi komunikasi, penggunaan perangkat personal berbasis pada teknologi jaringan nirkabel telah digunakan secara luas oleh masyarakat pengguna teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Saat ini keberadaan perangkat-perangkat bergerak (mobile devices) telah tersedia dengan beragam tipe dan model di pasaran. Selain memanfaatkan jaringan seluler

(GSM, 3G, LTE) untuk media koneksinya, perangkat bergerak seperti smartphone dan tablet PC juga telah dilengkapi oleh teknologi jaringan area lokal nirkabel (WLAN) sebagai salah satu pilihan media transmisi untuk pertukaran data.[1] Wireless LAN (WLAN) atau disebut juga WirelessFidelity (Wi-Fi) merupakan teknologi yang digunakan untuk melakukan perpindahan data dari satu perangkat ke perangkat lainnya tanpa menggunakan kabel sebagai media transmisinya dengan memanfaatkan radiasi elektromagnetik atau disebut juga gelombang radio. Meskipun kehadiran teknologi ini tidak menggantikan peran jaringan kabel secara keseluruhan, namun sejak kehadirannya teknologi ini telah memudahkan penggunaannya untuk terkoneksi ke jaringan global.

IEEE sebagai lembaga standarisasi internasional untuk perangkat elektronik telah menetapkan sebuah standar khusus untuk mengatur regulasi penggunaan jaringan nirkabel ini. Pada tahun 1997, IEEE telah menyetujui dan menetapkan IEEE 802.11 sebagai standar regulasi untuk penggunaan jaringan nirkabel secara global. Namun seiring dengan meningkatnya kebutuhan pengguna, IEEE telah membuat beberapa penyesuaian standar terhadap teknologi ini. Dalam satu dekade terakhir standar dan regulasi untuk teknologi jaringan Wi-Fi telah dilakukan beberapa perubahan. Perubahan pertama untuk standar jaringan nirkabel diawali oleh IEEE 802.11a, diikuti dengan IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, dan IEEE 802.11n. Namun sampai dengan ditetapkannya IEEE 802.11n sebagai standar, masih terdapat beberapa keterbatasan pada standar tersebut, sehingga mengharuskan IEEE untuk melakukan amandemen terhadap standar yang telah ada. Pada awal tahun 2014, IEEE menyetujui untuk menetapkan IEEE 802.11ac sebagai standar terbaru untuk teknologi jaringan nirkabel, sehingga teknologi ini dapat lebih handal dari sebelumnya. IEEE 802.11ac merupakan generasi penerus standar teknologi Wi-Fi yang ke lima dimana standar ini ditujukan untuk mendapatkan multi-user throughput yang lebih tinggi didalam lingkungan jaringan area lokal nirkabel. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan pengalaman pengguna WLAN dengan menyediakan kecepatan data rates hingga 7 Gbps dengan pita frekuensi 5 GHz sehingga dapat diperoleh kecepatan sepuluh kali lebih cepat dari standar yang telah dikeluarkan sebelumnya. Selain itu, IEEE 802.11ac juga telah mempertimbangkan berbagai faktor, seperti jarak, gangguan mitigasi, ketahanan koneksi, roaming, kehandalan dan sistem ketersediaan yang lebih baik.[2]

Dalam rangka untuk memenuhi system 5th generation persyaratan system Wi-Fi iyalah harus ringan,biaya murah,kompatibel,efisien dan mempunyai gain yang tinggi pada suatu system antenna .Microstrip-Patch antenna (MPA) termasuk dalam semua jenis yang melayani semua persyaratan ini,jenis antenna MPA adalah jenis yang memiliki karakteristik profil rendah,kompatibel,mudah untuk merancang dan membuatnya,hal ini mengakibatkan berkurangnya biaya secara signifikan dalam frekuensi radio (RF) desain transceiver untuk aplikasi WLAN [3],di dalam bentuk yang sederhana ,MPA terdiri dari Patch untuk memancarkan di satu sisi dengan ϵ_r sebagai dielektrik konstan, h tinggi,dan ground di sisi bawah.[4]

Dalam hal ini dibandingkan beberapa antenna mikrostrip yang telah dibuat oleh beberapa peneliti sebelumnya yang digunakan oleh system komunikasi WLAN 802.11ac, antara lain Pada jurnal bandwidth enhancement of a Microstrip-Line-Fed Printed Wide-Slot Antenna di jelaskan dengan melakukan

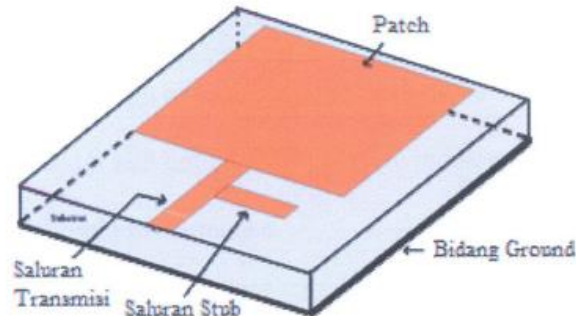
tuning pada panjang feeding yang berbentuk garpu dapat meningkatkan bandwidth [6], dan pada jurnal A 1x2 Circular Patch Antenna Array For next Generation 802.11ac WLAN Applications dijelaskan bahwa microstrip patch antenna (MPA) dengan menggunakan teknik array dan transformer $\frac{1}{4} \lambda$ bisa bekerja pada range frekuensi 5 GHz yaitu pada 802.11ac.[4]

2. FEEDING TEKNIK [7]

Antena patch mikrostrip dapat diberikan saluran pencatu patch dengan berbagai metode. Metode ini dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori yaitu kontak langsung dan tidak kontak langsung. Dalam kategori kontak langsung, daya radio frekuensi disalurkan langsung ke patch menggunakan elemen penyambung seperti mikrostrip line. Dalam skema saluran yang tidak kontak langsung yaitu pengkoplingan medan elektromagnetik dilakukan untuk mentransfer daya antara mikrostrip line dan patch yang diradiasi. Empat teknik yang paling populer digunakan adalah mikrostrip line, probe koaksial (untuk dua kategori kontak langsung), kopling aperture dan kedekatan pengkoplingan (untuk dua kategori yang tidak kontak langsung).

- **Mikrostrip Line Feed**

Pada jenis teknik saluran ini, sebuah garis langsung terhubung ke tepi dari patch Mikrostrip seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Saluran strip tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan ukuran patch dan dalam hal ini saluran dapat dibuat satu sket dengan substrat yang sama dan disebut struktur planar.



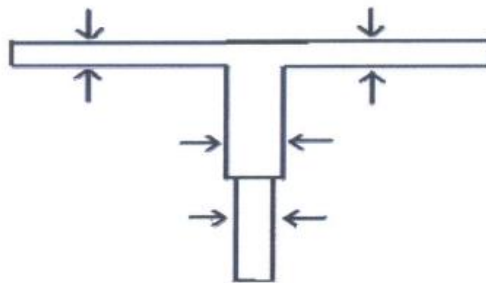
Gambar 1 Mikrostrip Line Feed

Tujuan dari penyisipan *cut in* dalam *patch* ini adalah untuk mencocokkan impedansi dari saluran terhadap *patch* tanpa memerlukan penambahan elemen *matching* yang lainnya. Hal ini dapat dicapai dengan benar dengan melakukan kontrol yang tepat pada posisi penyisipan. Maka hal ini merupakan skema pembuatan saluran yang mudah, karena memberikan kemudahan fabrikasi dan kesederhanaan dalam pemodelan serta pencocokan impedansi. Namun dengan ketebalan dielektrik substrat yang digunakan, gelombang permukaan dan radiasi saluran palsu juga meningkat, yang dapat menghambat *bandwidth* dari antena. Radiasi saluran juga menghasilkan radiasi terpolarisasi yang tidak diinginkan.

- **Rangkaian Transformer**

Rangkaian *Transformer* adalah sebuah saluran yang memiliki satu buah untuk menyalurkan gelombang peradiasi ke gelombang *patch* antenna. Desain *Transformer* ditunjukkan pada gambar 2. Pada awal saluran memiliki karakteristik impedansi $Z_0 = 50$ Ohm, untuk menghubungkan dengan saluran yang bercabang dua yang berbentuk (T) dengan saluran Z_0 awal diperlukan sebuah *quarter-wave transformer* yang memiliki karakter impedansi sama dengan 30 – 36 Ohm yang panjangnya 6 mm fungsinya untuk membagi input impedansi saluran dan output tetap 50 Ohm.

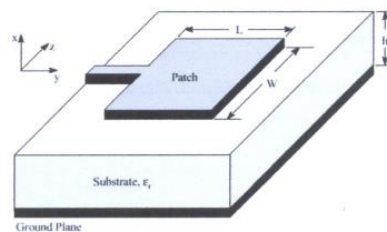
Kemudian transformer tersebut disambungkan dengan saluran (w1) dan (w2) sebagai saluran penyambung antara saluran pencatu dengan antenna peradiasi (Patch Radiator). Secara umum menggunakan rangkaian transformer sangat mendukung untuk digunakan sebagai rangkaian pencatu antenna mikrostrip dengan polarisasi lingkaran.



Gambar 2 Rangkaian Transformer

2.1 Struktur Antenna Mikrostrip

Teknologi mikrostrip merupakan sebuah medium (substrate) yang memiliki karakteristik dielektrik yang dapat digunakan untuk menghantarkan atau mempropagasikan gelombang elektromagnetik melalui MIC (*Microwave Integrated Circuit*) untuk frekuensi gelombang mikro. Sebagai media propagasi gelombang elektromagnetik, maka secara karakteristik dapat dibuat untuk suatu rancangan sebuah antenna mikrostrip dilakukan melalui dua tahap, yaitu : pertama merancang model saluran transmisi dan kedua merancang ukuran dan model peradiasi atau radiator.



Gambar 3 Struktur Antenna Mikrostrip

Dalam bentuk yang paling dasar, sebuah antenna mikrostrip terdiri dari sebuah patch yang memancar di sisi substrat dielektrik yang memiliki bidang tanah di sisi lain dan saluran transmisi seperti yang terlihat pada Gambar 3. Elemen

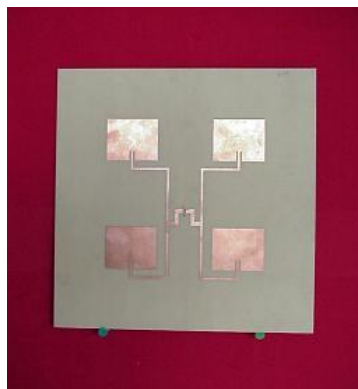
peradiasi (radiator) berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Elemen ini biasa disebut sebagai radiator patch dan terbentuk dari lapisan logam metal yang memiliki ketebalan tertentu. Jenis logam ini yang biasanya digunakan adalah tembaga (*copper*) dengan konduktifitas 5.8×10^7 Sm. Ada beberapa jenis radiator patch berdasarkan bentuknya, diantaranya *rectangular* (segiempat), *triangular* (segitiga), lingkaran, dll. Substrat merupakan dielektrik yang membatasi elemen peraiasi dengan elemen ground. Bagian ini memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r), faktor disipasi dan ketebalan (h) tertentu. Ketiga nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, bandwidth dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat ketebalan substrat jauh lebih besar daripada konduktor metal peradiasi. Semakin tebal substrat maka bandwidth akan semakin meningkat, tetapi berpengaruh pada timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). Untuk substrat komersial yang tersedia umumnya memiliki dua data ukuran properti fisik, yaitu : konstanta dielektrik atau *permittivity* (ϵ_r) dan *loss tangent* ($\tan\delta$).

2.2 Konsep Array

Antena array adalah sebuah antena dimana terdapat satu set N antena yang terpisah. Jumlah antena dalam array minimal berjumlah 2 dan jumlah maksimal tidak terbatas. Secara umum kinerja antena array adalah meningkatkan jumlah antena dalam array. Beberapa tujuan dibentuknya antena array adalah sebagai berikut :

- Meningkatkan daya radiasi.
- Meningkatkan gain.
- Memungkinkan antena bekerja pada band yang lebar.

Konfigurasi elemen dari antena array dapat disusun dalam berbagai bentuk. Untuk konfigurasi yang berbentuk satu garis lurus disebut array linear (*linear array*), konfigurasi yang berbentuk bidang datar disebut *array planar* dan konfigurasi yang berbentuk lingkaran disebut array lingkaran (*circular array*), sedangkan jenis array yang lain adalah array konformal (*conformal array*) dimana elemen – elemen array terletak pada bidang tak datar. Gambar 4 menunjukkan contoh dari antena array.



Gambar 4 Contoh antena array 4 elemen

3.PERANCANGAN ANTENNA

3.1 Perancangan Antena *Patch* Mikrostrip Array 1x2 Double Layer Tri Slot

Rancang bangun antena pada tesis ini bekerja pada range pita frekuensi 5 - 6 GHz dan menggunakan *patch* yang berbentuk persegi panjang dan ditambahkan slot. Metode perancangan yang digunakan pada tesis ini adalah dengan menerapkan teknik pengkopelan dengan metode *proximity* untuk melihat sejauh mana peningkatan *bandwidth* yang dapat dicapai. Teknik dengan menggunakan *slot* lebar (*wide slot*) diistilahkan sebagai *microstrip slot antenna* (MSA). Pada antena mikrostrip *slot* memiliki mekanisme kopling, dimana saluran mikrostrip memberikan imbas gelombang elektromagnetik menuju elemen peradiasi (*slot*) melalui sebuah substrat. Efek kopling diberikan antara saluran mikrostrip dan elemen peradiasi sebagai transformer ideal. Alasan menggunakan teknik ini adalah agar dapat menghasilkan nilai impedansi yang berbeda dari saluran mikrostrip. teknik pencatutan yang digunakan pada perancangan antena ini adalah teknik *tunning stub* agar menghasilkan *bandwidth* yang lebar. Hal yang dilakukan dalam proses perancangan adalah :

- Menentukan substrat yang akan digunakan
- Menentukan lebar saluran pencatu 50 Ω dan 30 Ω
- Merancang *patch* antena persegi panjang sesuai dengan frekuensi yang diinginkan
- Menambahkan slot pada *patch*
- Melakukan simulasi dengan menggunakan program HFSS 13.0
- Melakukan karakterisasi terhadap antena
- Fabrikasi antena
- Melakukan pengukuran terhadap antena yang telah difabrikasi

3.2 Menentukan Substrat yang Digunakan

Substrat merupakan bahan dasar yang dipakai untuk perancangan antena. Setiap substrat memiliki karakteristik serta nilai parameter yang berbeda-beda. Oleh karena itu dalam perancangan sebuah antena harus dilakukan saat awal. Tabel 1 merupakan parameter dari substrat yang digunakan pada perancangan antena ini

Tabel 1 Parameter substrat yang digunakan

Nama Substrat	Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	Dielectric Loss Tangent ($\tan \sigma$)	Ketebalan Substrat (h)
FR4	4,4	0,02	1,6 mm

3.3 Penentuan Dimensi Antena

Dalam proses perhitungan dimensi antena digunakan beberapa rumus yang ada. Dimensi antena sangat dipengaruhi oleh frekuensi kerja dari antena tersebut.

Semakin tinggi frekuensi antena maka semakin kecil dimensi antena tersebut dan sebaliknya.

A. Lebar *patch* (W)

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

Persamaan (1) dapat digunakan untuk mencari lebar *patch* (W) hasilnya yaitu 15.73 mm.

B. Panjang *patch* (L)

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

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

$$L = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

Dengan persamaan diatas bisa didapatkan panjang *patch*. Langkah-langkahnya yaitu mencari nilai ϵ_{reff} dengan persamaan (2) hasilnya 3.84. Kemudian nilai ΔL akan didapat dengan memasukkan nilai ϵ_{reff} pada persamaan (3) hasilnya 0.7234. Setelah mendapatkan hasil dari persamaan (2) dan (3) dapat mencari panjang *patch* dengan menggunakan persamaan (4) hasilnya yaitu 11.654 mm.

C. Panjang Saluran Transmisi

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (5)$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

$$L = \frac{1}{4} \times \lambda_d \quad (7)$$

Dengan menggunakan persamaan (5) akan didapatkan nilai λ . Nilai λ tersebut dibutuhkan untuk mencari nilai λ_d . Dengan persamaan (6) dapat mencari nilai λ_d , maka akan mendapatkan panjang saluran transmisi sebesar 12.75 mm dengan menggunakan persamaan (7).

D. Lebar Saluran Transmisi mikrostrip bisa dihitung dengan [8]

$$wf = \left[\frac{e^{(H')}}{8} - \frac{1}{4e^{(H')}} \right]^{-1} \times h \quad (8)$$

Dimana :

$$H' = \frac{Z_0 \sqrt{2(\epsilon_r+1)}}{119.9} + \frac{1}{2} \left(\frac{4.4-1}{4.4+1} \right) \left(\ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{4} \ln \frac{4}{\pi} \right) \quad (9)$$

Dengan menggunakan persamaan (9) maka didapat nilai H' yaitu 1,541. Kemudian nilai H' tersebut dimasukkan ke persamaan (8) sehingga dihasilkan nilai W1 sebesar 3,056 mm.

E. Lebar substrate

$$W_s = 6h + W_p$$

$$W_s = (6 \times 1,6) + 15.73 \text{ mm}$$

$$W_s = 25.33 \text{ mm}$$

F. Panjang substrate

$$L_s = 6h + L_p$$

$$L_s = (6 \times 1.6) + 11.654 \text{ mm}$$

$$L_s = 21.25 \text{ mm}$$

3.4 Struktur rancangan antenna mikrostrip

Struktur rancangan antenna mikrostrip *double layer* yang dibuat terdiri dari *patch*, *layer 2*, *feed*, *layer 1*, *ground*, dan *port*. Seperti yang tampak pada gambar 5.



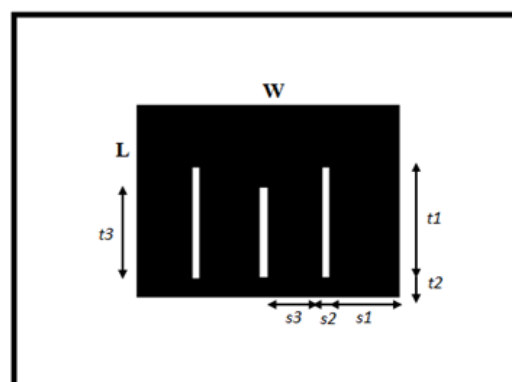
Gambar 5 Struktur rancangan antenna mikrostrip double layer.

4. ANALISIS ANTENNA DAN PENGUKURAN

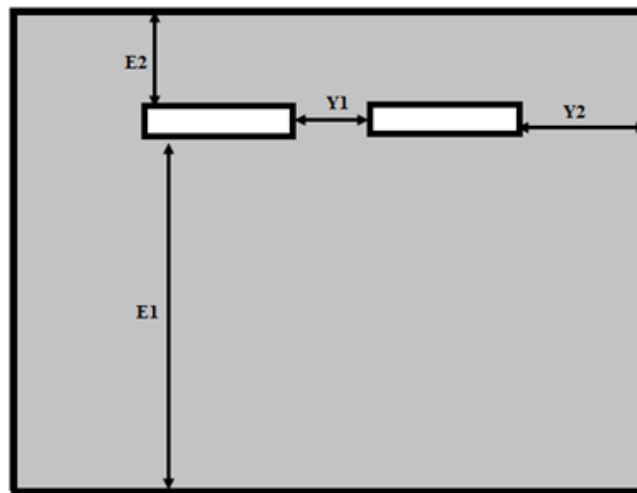
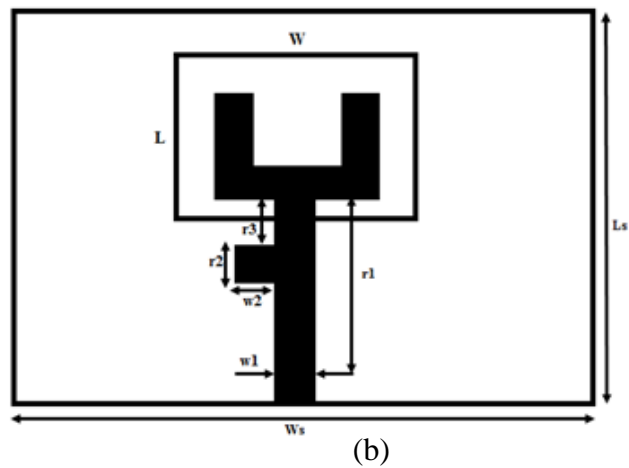
Sebelum merancang antenna array terlebih dahulu membuat dengan perhitungan antenna rancangan satu elemen, dan melihat semua perubahan yang ada di satu element apakah hasilnya sudah sesuai untuk melanjutkan untuk di buat array dan penulis merancang beberapa antenna mikrostrip menggunakan HFSS v.13. untuk memperoleh dimensi dan ukuran rancangan yang mampu memberi hasil yang optimal. Keoptimalan sebuah rancangan antenna mikrostrip secara garis besar ditunjukkan dari karakteristik antenna yang dihasilkan apakah telah sesuai dengan tujuan penulisan yaitu untuk aplikasi Wi-Fi 802.11ac dengan bandwidth $\geq 500\text{MHz}$, gain $\geq 6\text{ dB}$, dan nilai *return loss* $< -10\text{ dB}$. Dimensi dan ukuran rancangan diubah-ubah sampai menemukan hasil yang optimal tetapi tetap pada acuan antenna.

4.1 Rancangan 1 Elemen

Pertama-tama dirancang satu element dengan perhitungan matematis mulai dari patch dan feeding nya, Gambar 6 adalah bentuk dimensi antenna satu element.



(a)



Gambar 6 (a) Dimensi perancangan radiator *patch* dengan *Tri slot* (b)

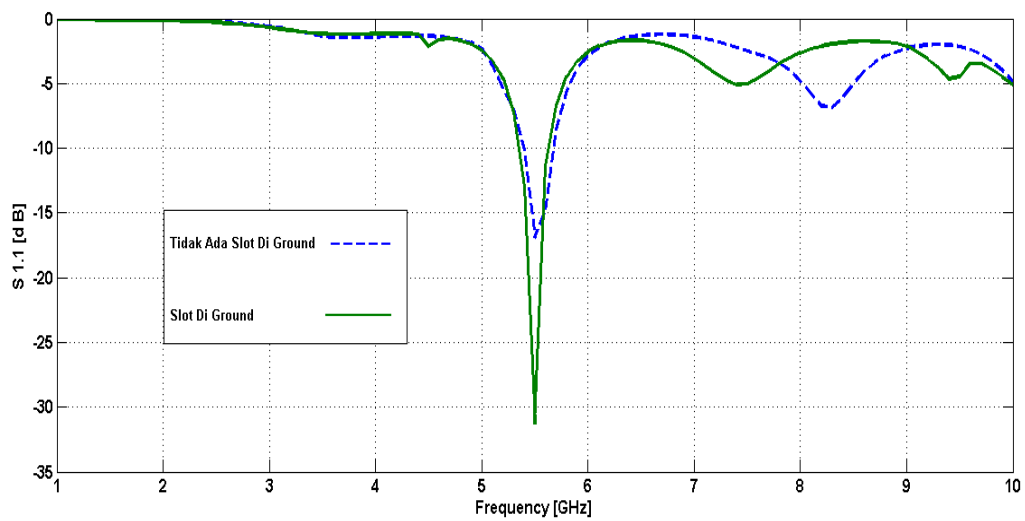
Dimensi perancangan pencatu *feeding* (c) Dimensi ground dengan menggunakan slot.

Tabel 2 memberikan data-data dimensi dari antenna yang diilustrasikan di gambar 6.

Tabel 2 Dimensi Antena Berdasarkan Perhitungan Matematis

Dimensi	Variabel	Berdasarkan Perhitungan
Lebar <i>patch</i>	W	15.73 mm
Panjang <i>patch</i>	L	11.654 mm
Lebar saluran 1	w1	3.056 mm
Lebar Stub	w2	2.55 mm
Tinggi stub	r2	3.062 mm
Tinggi stub ke U feeding	r3	0.188 mm
Panjang saluran	r1	12.75 mm
Lebar substrate	Ws	25.33 mm
Panjang substrate	Ls	21.25 mm
Jarak slot di ground dengan substart 1	E1	15.694 mm
Jarak slot di ground dengan substart 2	E2	4.556 mm
Jarak dari subtract kanan & kiri ke slot	Y2	6.8125 mm
Panjang Slot (kiri dan kanan)	t1	6.04 mm
Panjang Slot (tengah)	t3	4.54 mm
Jarak antara patch dan slot (kanan,kiri,tengah)	t2	0.5 mm
Jarak antara slot tengah dengan slot kiri/kanan	s3	3.5 mm
Lebar Slot (kiri, tengah, kanan)	s2	0.5 mm

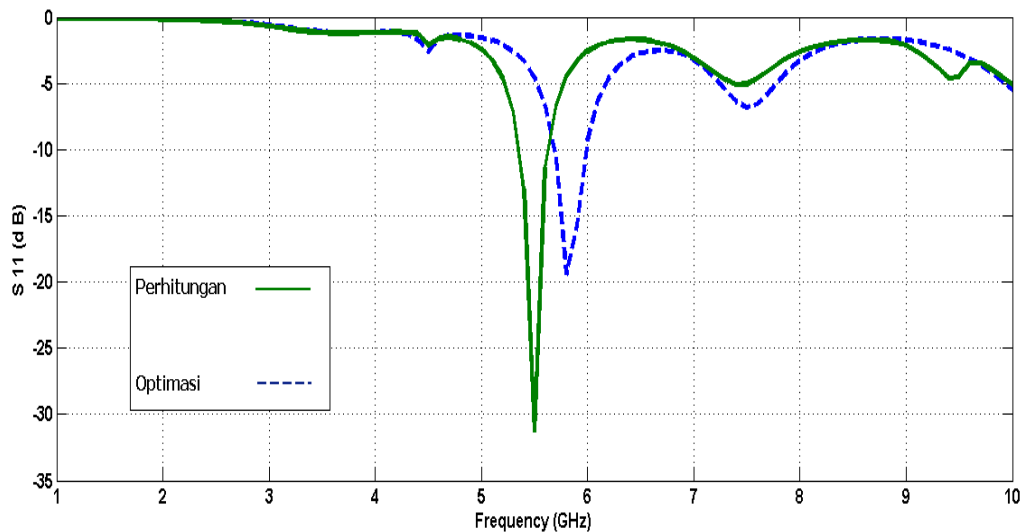
Pada hasil Gambar 7 dapat dilihat hasil return loss dengan menggunakan slot di ground dan tidak menggunakan slot di ground, terjadi nilai peningkatan nilai return loss sebesar 21% di bandingkan dengan yang tidak menggunakan slot di ground.



Gambar 7 Hasil simulasi *Return loss* element tunggal *no slot* dan *withslot* di *ground*

Satu Elemen Menggunakan Perhitungan Dan Optimasi

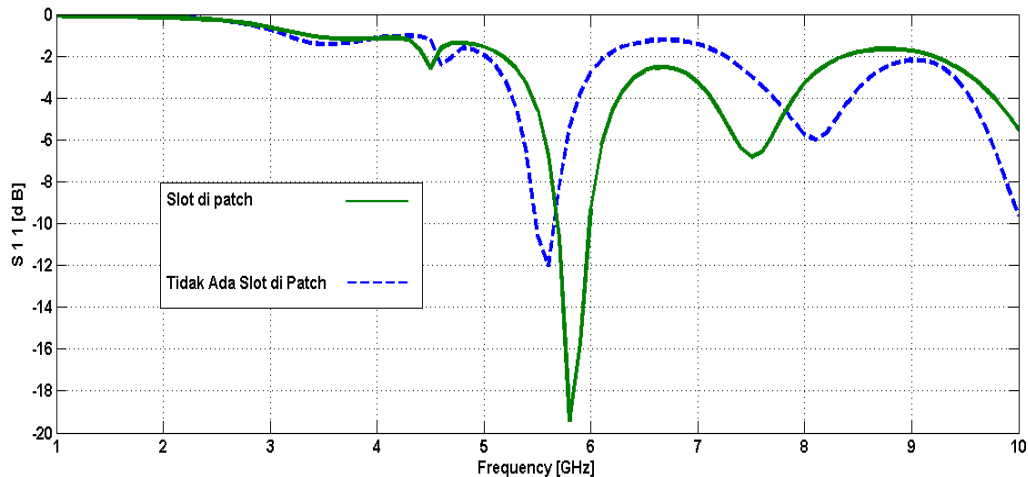
Pada gambar 8 terlihat hasil perbandingan simulasi dengan menggunakan perhitungan dan optimasi pada dimensi antena, terlihat ada peningkatan bandwidth di frekuensi kerja 5.8 GHz. Pada perubahan tersebut diturunkan patch dengan jarak dari subtract **1.596 mm**.



Gambar 8 Hasil simulasi *Return loss* element tunggal *perhitungan* dan *optimasi*

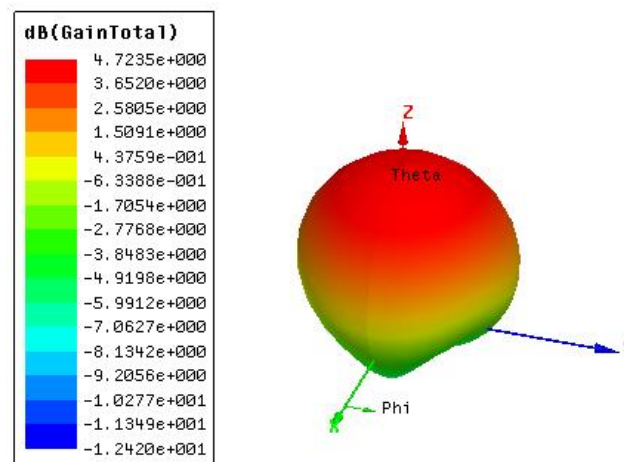
Satu Element Menggunakan Slot Di Patch dan Tidak Menggunakan Slot di Patch

Pada gambar 9 terlihat hasil perbandingan simulasi dengan menggunakan transformer dan tidak menggunakan transformer di feedingnya pada parameter t_1, t_2, t_3 dan s_1, s_2, s_3 pada desain antenna, terlihat terjadi kurva return loss bergeser tetapi tetap pada range 5 – 6 GHz sesuai karakteristik WLAN 802.11ac dan terlihat ada peningkatan bandwidth serta return loss.



Gambar 9 Hasil simulasi satu element *Return loss* menggunakan slot dan tidak menggunakan pada patch.

Hasil Gain dari Satu Element yang sudah berada di frekuensi 5.8 GHz



Gambar 10 Hasil simulasi gain satu element yang sudah berada di frekuensi 5.8 GHz.

Pada gambar 10 terlihat hasil gain total dari antenna yang telah dibuat berdasarkan simulasi ansoft hfss v.13. Terlihat di dalam simulasi mendapatkan gain total dengan nilai 4.7235 dB pada posisi yang berwarna merah.

4.2 Perancangan Antena Array

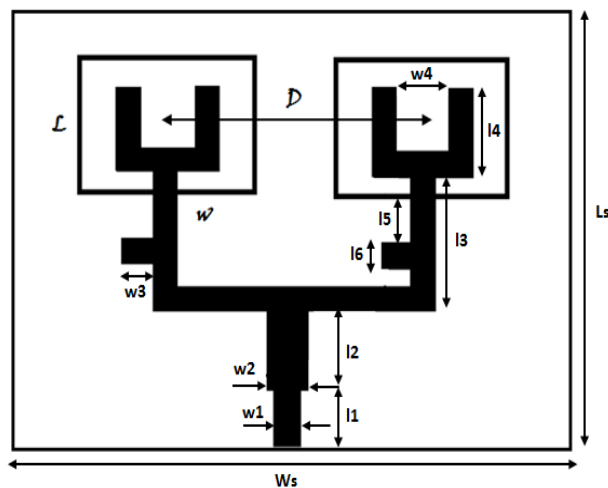
Gain merupakan salah satu parameter penting dalam antena. Terlihat dari hasil di atas gain untuk sebuah antena WLAN 802.11ac masih cukup kecil sehingga perlu dilakukan peningkatan gain. Gain yang diinginkan pada antena array adalah sebesar 7 dBi. Untuk menentukan jumlah elemen antena yang akan dibuat bisa dengan menggunakan formula berikut:

$$\begin{aligned} \text{Gain total} &= \text{Gain 1 antena (dB)} + \text{Gain susunan (dB)} \\ 7 \text{ dBi} &= 4.127 \text{ dBi} + G \text{ susunan (dB)} \\ G \text{ susunan} &= 7 - 4.127 \text{ dBi} \\ &= 2.873 \text{ dBi} \end{aligned}$$

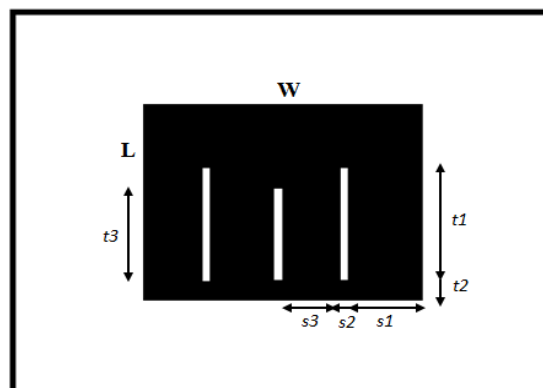
Untuk susunan yang mempunyai gain tertentu susunan uniform:

$$\begin{aligned} \text{Gain Uniform} &= 10 \text{ Log } N \\ 2.873 &= 10 \text{ Log } N \\ N &= 10^{\frac{2.873}{10}} = 1.93 \end{aligned}$$

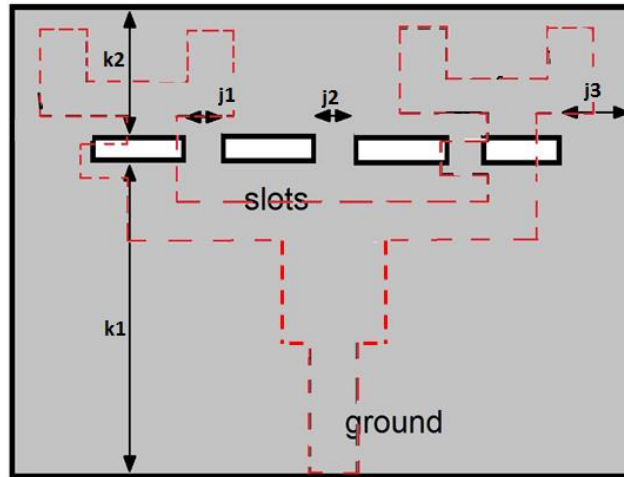
Sehingga dibulatkan menjadi 2 susunan antena yang identik. Antena akan disusun secara *linier* dan jarak antar antena adalah $\lambda_d/2$. *Patch* akan disusun guna mendapatkan gain yang lebih besar.



(a)



(b)



(c)

Gambar 11 Dimensi antenna mikrostrip *slot array* 2 element, (a) Dimensi perancangan pencatu *feeding* (b) dimensi perancangan radiator *patch* dengan *Tri slot* (c) dimensi ground dengan menggunakan slot.

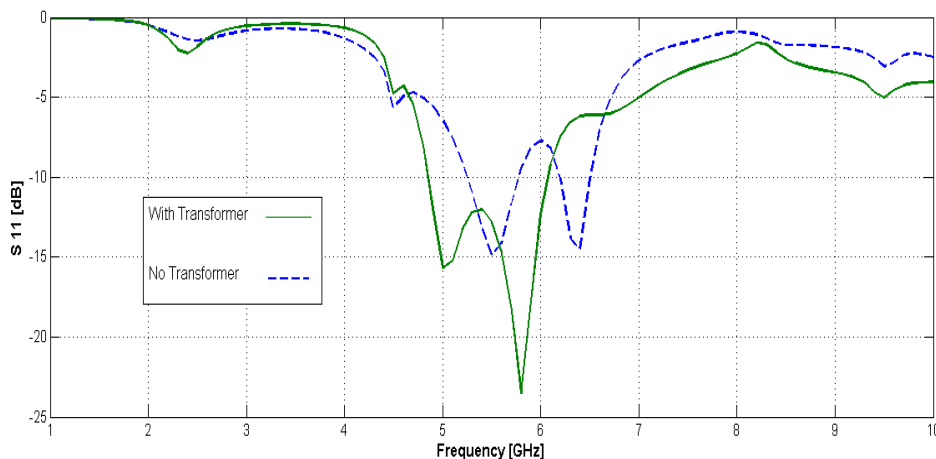
Tabel 3 Dimensi Antena Dua Element

Dimensi	Variabel	Hasil Optimasi
Lebar <i>patch</i>	W	15 mm
Panjang <i>patch</i>	L	10 mm
Lebar saluran 1	w1	3.056 mm
Lebar saluran 2	w2	6.6 mm
Panjang saluran bawah 1	l1	3.294 mm
Panjang saluran bawah 2	l2	3.65 mm
Panjang saluran atas (kanan dan kiri)	l3	6.944 mm
Jarak panjang antara stub dan patch	l5	0.06 mm
Lebar substrate	Ws	46.33 mm
Panjang substrate	Ls	28.194 mm
Panjang Slot (kiri dan kanan)	t1	6.04 mm
Panjang Slot (tengah)	t3	4.54 mm
Jarak antara patch dan slot (kanan,kiri,tengah)	t2	0.5 mm
Lebar Slot (kiri, tengah, kanan)	s2	0.5 mm
Lebar Stub	w3	2.55 mm
Panjang Stub	l6	3.062 mm

Jarak antara slot tengah dengan slot kiri/kanan	s3	3.5 mm
Jarak antara Slot kiri/kanan dengan ujung <i>patch</i>	s1	3.25 mm
Jarak antara pencatu garpu	w4	3.888 mm
Panjang pencatu garpu	l4	6.528 mm
Jarak slot di ground dengan substart 1	k1	19.194 mm
Jarak antar slot di bawah pencatu	j1	1.5 mm
Jarak antar slot	j2	10.5 mm
Jarak dari subtract kanan & kiri ke slot	j3	5.295 mm
Jarak antar titik tengah dua pencatu garpu	D	24 mm

➤ Analisa Hasil Rancangan

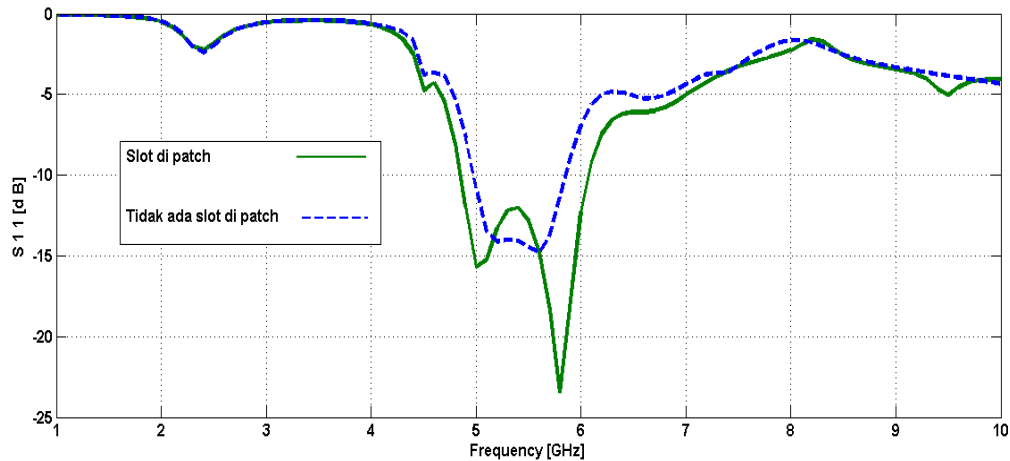
- ***Dua Elemen Menggunakan Transformer $\frac{1}{4} \lambda$ dan Tidak Menggunakan Transformer $\frac{1}{4} \lambda$.***



Gambar 12 Hasil simulasi *Return loss* dua elemen with transformer dan no transformer di feeding.

Pada gambar 12 terlihat hasil perbandingan simulasi dengan menggunakan transformer dan tidak menggunakan transformer di feedingnya pada parameter w_2 dan i_2 pada desain antenna, terlihat terjadi pergeseran return loss yang sebelumnya bukan di range WLAN 802.11ac saat menggunakan feeding transformer langsung bergeser dan berada di range WLAN 802.11ac serta peningkatan return loss yang sangat signifikan berada pada frekuensi 5 GHz dan 5.8 GHz.

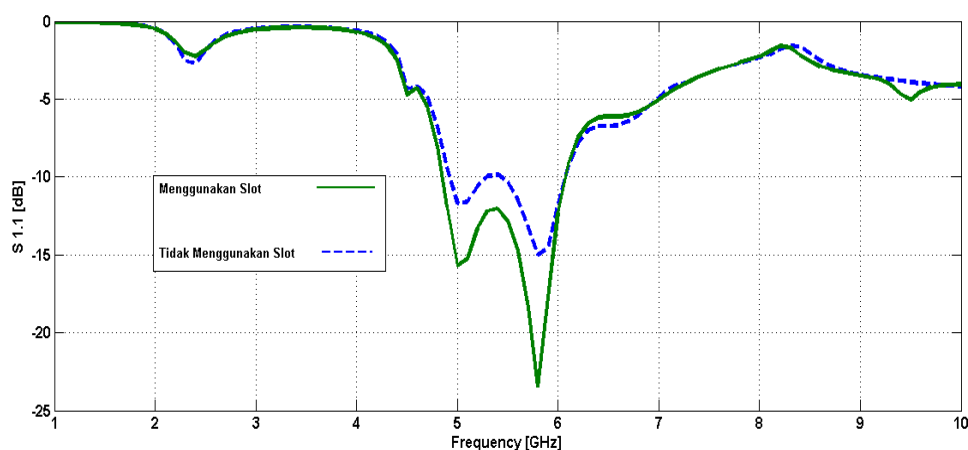
- ***Dua Element Menggunakan Slot Di Patch dan Tidak Menggunakan Slot di Patch.***



Gambar 13 Hasil simulasi dua element *Return loss* menggunakan slot dan tidak menggunakan slot pada patch

Pada gambar 13 terlihat hasil perbandingan simulasi dengan dicoba merubah pada patch nya dengan cara menggunakan slot dan tidak menggunakan slot, terlihat ada peningkatan return loss di frekuensi 5 GHz dan di frekuensi 5.8 GHz itu berpengaruh terhadap gain yang di hasilkan dengan menggunakan slot ada peningkatan gain nya serta terjadi peningkatan bandwidth di range frekuensi 5-6 GHz

- ***Dua Element Menggunakan Slot Di ground dan Tidak Menggunakan Slot di ground***



Gambar 14 Hasil simulasi dua element *Return loss* menggunakan slot dan tidak menggunakan slot pada ground

Pada gambar 14 terlihat hasil perbandingan simulasi dengan dicoba merubah pada ground nya dengan cara menggunakan slot dan tidak menggunakan slot, terlihat terjadi peningkatan return loss di frekuensi 5 GHz dan 5.8 GHz.

4.3 Realisasi Antena

Gambar 15 menampilkan foto antena yang telah difabrikasi dan siap untuk diukur:



Gambar 15 Antena yang difabrikasi

4.4 Pengukuran Karakteristik Antena

Pengukuran Return loss merupakan besaran daya pantul (faktor refleksi) yang disebabkan oleh tidak sesuainya beban dengan saluran transmisi dalam dB. Besarnya return loss sangat tergantung faktor refleksi yaitu perbandingan antara tegangan yang dipantulkan dengan tegangan yang datang dari sumber. Pada tesis ini nilai factor refleksi dilihat dari ≤ -10 dB.

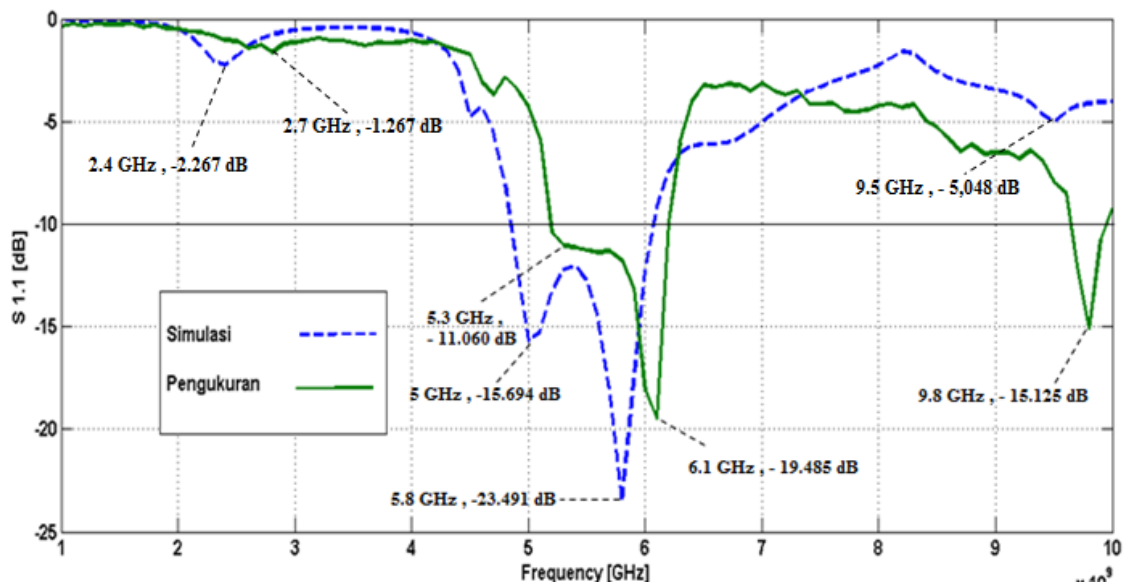
Pengukuran *bandwidth* bertujuan untuk mengetahui kemampuan antena dalam melewati data. Jika *bandwidth* besar maka kapasitas atau *bit rate* data yang dilewatkan bisa besar pula. Pengukuran impedansi bertujuan untuk mengetahui apakah antena yang dipakai sesuai dengan saluran transmisi yang digunakan. Dari karakteristik di atas dapat menggunakan *Network Analyzer* yang mempunyai kemampuan mengukur karakteristik antena sampai frekuensi 13,4 GHz, seperti ditampilkan di gambar 16.



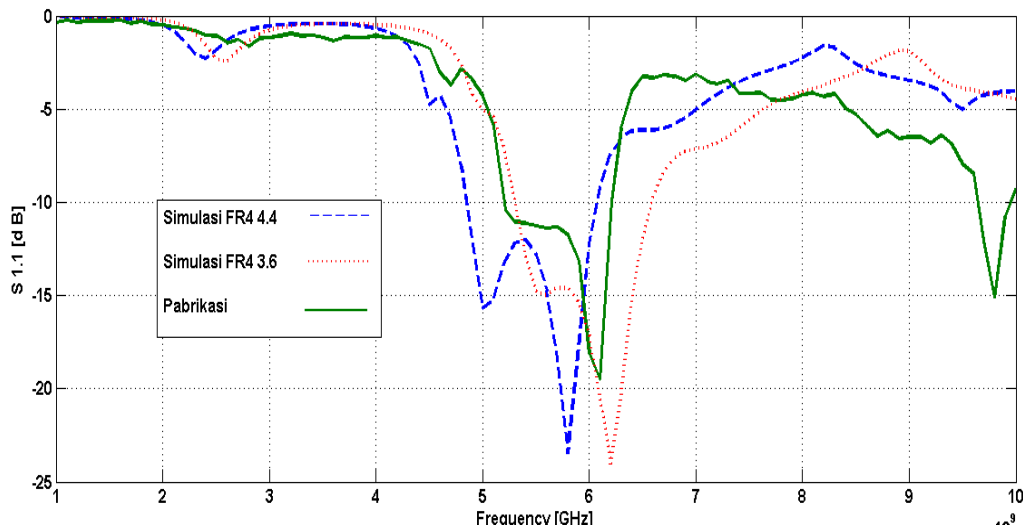
Gambar 16 Konfigurasi VNA RS ZVL 13 untuk pengukuran *return loss*, dan *bandwidth*

4.4.1 Hasil Pengukuran Return Loss, Bandwidth

Berikut ini adalah gambar hasil pengukuran *return loss* yang telah dilakukan :



Gambar 17 hasil perbandingan Faktor Refleksi Simulasi vs Faktor Refleksi Pengukuran



Gambar 18 hasil perbandingan Faktor Refleksi Simulasi FR4 ϵ 4.4 ,FR4 ϵ 3.6 vs Faktor Refleksi Pengukuran

Pada gambar 18 dilakukan simulasi HFSS v.13 dengan menggunakan subtract yang sama yaitu fr4 tetapi dengan perbedaan epsilon r = 3.6 ,dapat terlihat hasil yang di dapat berbeda dengan hasuk epsolin r = 4.4 dan jika di dibandingkan dengan hasil pengukuran maka desain dengan yang menggunakan fr4 epsilon r 3.6 hasilnya lebih menyerupai dengan hasil pengukuran.sehingga dapat di simpulkan kemungkinan besar bahan yang digunakan saat fabrikasi adalah bahan FR4 dengan epsilon r di bawah 3.sehingga untuk hasil pabrikasinya ada yang bergeser frekuensinya.

Tabel 4 Perbandingan antara simulasi dengan hasil pengukuran

Hasil Antena	Range Frekuensi (GHz)	VSWR	Return Loss	Bandwidth (GHz)
Simulasi	4.819 - 6.010	1.15 (5.8 GHz)	-23.491 dB (5.8 GHz)	1.223
Simulasi	4.819 - 6.010	1.39 (5 GHz)	-15.694 dB (5 GHz)	1.223
Hasil Antena	Range Frekuensi (GHz)	VSWR	Return Loss	Bandwidth (GHz)
Pengukuran	5.210 - 6.212	1.21 (6.1 GHz)	-19.485 dB	1.002
Pengukuran	5.210 - 6.212	1.7 (5.3 GHz)	-11.060 dB	1.002

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada antena mikrostrip *array* 2 elemen dengan menggunakan pencatu *proximity coupling* dapat dianalisis karakteristik dan kelayakan dari antena tersebut. Bisa dilihat terjadi perbedaan antara simulasi dan pengukuran namun tidak begitu signifikan ada pergeseran

frekuensi center sebesar 0.3 GHz. Hal ini biasa terjadi karena banyak faktor yang bisa mempengaruhi hasil pengukuran sehingga tidak begitu persis dengan hasil yang telah disimulasikan. Untuk pengukuran *return loss* diperoleh nilai dibawah -10 dB dari frekuensi 5,210 – 6,212 GHz dengan frekuensi yang di dapat di 5.3 GHz dan 6,1 GHz. Sementara hasil pengukuran VSWR juga menunjukkan hasil yang baik yaitu dibawah 2. Dari hasil pengukuran *return loss* dan VSWR bisa dilihat bahwa antenna yang telah di pabrikan mempunyai lebar *bandwidth* sebesar 1,002 GHz sehingga memenuhi syarat spesifikasi yang telah ditentukan diawal yaitu sebesar $\geq 500\text{MHz}$

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan, modifikasi, dan realisasi antenna mikrostrip *array 2* elemen dengan pencatu *proximity coupling* serta penambahan slot *patch* dan *stub* pada sisi pencatu adalah sebagai berikut:

1. Ukuran *patch* antenna setelah dilakukan optimasi, diperoleh ukuran dimensi dan jumlah dari elemennya, yaitu :
 - a. Panjang (L) = 10 mm
 - b. Lebar (W) = 15 mm
 - c. Jumlah elemen= 2 buah
2. Antena *array 2* elemen bekerja pada range frekuensi 5 GHz - 6 GHz saat pengukuran *factor refleksi* dibawah ≤ -10 dB dengan *bandwidth* mencapai 1,002MHz sehingga tercapai target untuk peningkatan bandwithnya, untuk aplikasi Wlan 802.11ac bisa menggunakan di frekuensi center 5.3 GHz, karena 802.11ac berada di range 5 GHz – 6 GHz, namun terjadi pergeseran frekuensi yang tidak signifikan antara hasil simulasi terhadap hasil pengukuran secara garis besar dapat disebabkan oleh faktor teknis material dan faktor teknis pada proses pabrikan. Yang dimaksud dengan faktor teknis material yaitu material *FR4_epoxy* tidak tepat memiliki konstanta dielektrikum yang sesuai dengan yang ada di simulasi
3. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukan *array 2* elemen dengan pencatu *proximity coupling* serta penambahan slot *patch* ,*stub* pada sisi pencatu dapat memperbaiki kualitas parameter yang diukur antara lain VSWR, *return loss*, walaupun hasil simulasi bergeser sekitar 0.3 GHz tapi masih bisa di kategorikan sesuai dengan spesifikasi antenna yang diinginkan dikarenakan dari pola *return loss* bisa di lihat terdapat frekuensi 5.3 GHz yang bisa di gunakan sebagai frekuensi center untuk aplikasi WLAN 802.11ac
4. Ketepatan dan ketelitian saat pabrikan sangat perlu diperhatikan untuk menghindari perbedaan yang signifikan dari hasil simulasi.
5. *Bandwidth* pada pabrikan mendapatkan hasil 1.002 MHz dan sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu ≥ 500 MHz.
6. Hasil yang didapat untuk pola radiasi adalah *directional antenna*.

REFERENCES

- [1] J.P. Bouchard, B. Hoffman, and R. T. Llamas, “*Worldwide business use smartphones 2014-2016 forecast analysis*,” IDC, Jun. 2014.
- [2] Afdhal,Elizar “*IEEE 802.11ac sebagai Standar Pertama untuk Gigabit WirelessLAN*”.Jurnal Rekayasa Elektriika Vol. 11, No. 1, April 2014.
- [3] C. A. Balanis, "*Modern Antenna Handbook*", 2nd Ed. Wiley, New York,2008
- [4] Kinza Shafique, Asghar A. Razzaqi, Muhammad Mustaqim, Bilal Muhammad Khan And Bilal A. Khawaja “*A 1x2 Circular Patch Antenna Array For Next Generation 802.11ac WLAN Applications*”, Emerging Technologies (ICET), International Conference on. IEEE,2015
- [5] Ban-Leong Ooi,”*A Double-II Stub Proximity Feed U-Slot Patch Antenna*” ,IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 52, NO. 9, SEPTEMBER 2004.
- [6] Jia-Yi Sze, and Kin-Lu Wong “*Bandwidth Enhancement of a Microstrip-Line-Fed Printed Wide-Slot Antenna*”. IEEE Transactions on Antennas and Propagation (Volume: 49, Issue: 7, Jul 2001)
- [7] Alaydrus,M.,Antena: Prinsip dan Aplikasi, Jakarta:Graha Ilmu. 2011.
- [8] Alaydrus, M, Transmission Lines in Telecommunication, Graha Ilmu, 2009.

