

# Perancangan Dan Pengujian Antena Microstrip Circular Patch Array Dua Elemen Untuk Aplikasi WiMAX 2,3 Ghz

Fauzan Akbarrizky<sup>#1</sup>, Rizal Munadi<sup>#2</sup>, Hubbul Walidainy<sup>#3</sup>

<sup>#</sup> *Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111*

<sup>1</sup> *fauzanakbarrizky@gmail.com*

<sup>2</sup> *rizal.munadi@unsyiah.ac.id*

<sup>3</sup> *hwalidainy@unsyiah.ac.id*

**Abstrak**— Antena merupakan salah satu perangkat pada sistem komunikasi nirkabel yang berfungsi untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik berupa informasi yang akan dikirim dan diterima oleh perangkat lainnya. Salah satu jenis antena adalah antena *microstrip*. Antena mikrostrip array dibuat agar memiliki bandwidth dan gain yang lebih besar dibandingkan dengan antena mikrostrip tunggal. Didalam penelitian ini diulas bagaimana merancang, menganalisis dan menguji antena *microstrip patch circular array* dua elemen untuk aplikasi WiMAX 2,3 GHz. Pada perancangan ini antena *microstrip* dibuat dengan bahan *Epoxy Fiberglass FR-4* serta dengan teknik pencatutan *Microstrip Line Feed*. Simulator yang digunakan dalam perancangan antena adalah *software Advanced Design System (ADS)* sedangkan pengujian alat menggunakan bantuan HAMEG HMS3010. Pada penelitian ini ditunjukkan bahwa perancangan dan pengujian antena *microstrip* yang dilakukan telah memenuhi syarat untuk digunakan pada frekuensi WiMAX 2,3 GHz.

**Kata Kunci**— Antena, Antena *Microstrip*, *Patch Circular*, WiMAX, *Advanced Design System*.

## I. PENDAHULUAN

Teknologi telekomunikasi saat ini telah berkembang sangat pesat sehingga telekomunikasi sekarang sudah sangat maju serta memiliki peranan yang sangat penting dan juga dibutuhkan oleh seluruh umat manusia. Dengan telah adanya telekomunikasi, seseorang dapat saling bertukar informasi dengan orang lainnya walaupun jarak yang ingin ditempuh lumayan jauh. Telekomunikasi radio merupakan salah satu jenis telekomunikasi yang dapat melakukan pengiriman data melalui udara atau biasanya disebut *wireless* (tanpa kabel). Salah satu contoh dari telekomunikasi *wireless* adalah *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)*. WiMAX merupakan suatu teknologi *wireless* pita lebar yang mempunyai kecepatan akses yang tinggi serta dapat menjangkau area yang luas. Selain kemampuan kecepatan data yang tinggi, WiMAX juga merupakan teknologi dengan *open* standar, karena tetap dapat dilakukan walaupun perangkat yang digunakan berbeda *vendor* (tidak *proprietary*).

Secara umum terdapat beberapa alternatif frekuensi untuk teknologi WiMAX sesuai dengan peta frekuensi dunia. Dari alternatif tersebut *band* frekuensi 3,5 GHz menjadi frekuensi mayoritas *fixed* WiMAX di beberapa negara, terutama untuk negara-negara di Eropa, Canada, Timur-Tengah, Australia dan sebagian Asia. Sementara frekuensi yang mayoritas digunakan untuk *mobile* WiMAX adalah 2,5 GHz. Sedangkan di Indonesia frekuensi WiMAX yang digunakan adalah 2,3, 2,5 dan 3,3 GHz.

Pada komunikasi nirkabel seperti WiMAX, terdapat salah satu komponen yang sangat dibutuhkan yaitu antena. Antena adalah suatu perangkat yang digunakan sebagai pengirim dan penerima gelombang elektromagnetik yang berisi informasi-informasi. Antena memiliki dua model yaitu antena indoor dan antena outdoor. Antena indoor digunakan di dalam ruangan tertutup seperti pada antena televisi indoor dan WiFi, sedangkan antena outdoor digunakan diluar ruangan terbuka seperti antena parabola dan WiMAX. Diantara begitu banyak jenis antena, salah satu antena yang saat ini banyak dikembangkan adalah antena *microstrip*.

Antena *microstrip* adalah antena yang memiliki lapisan tipis konduktor berbahan metal atau logam diatas *substrat* yang dapat menghantarkan gelombang elektromagnetik, serta memiliki lapisan konduktor yang berfungsi sebagai bidang pentanahan pada sisi lainnya. Terdapat 3 komponen utama pada antena *microstrip* yang berupa: *ground plane*, *substrat*, dan elemen peradiasi (*patch*), yang mana *patch* yang menempel di atas *substrat* dan *ground plane* yang berada pada bagian bawah *substrat* [1].

Antena *microstrip* yang akan didesain memiliki bagian peradiasi berbentuk *circular* berjumlah dua elemen yang disusun secara *array*. Simulasi perancangan dan analisa antena *microstrip* ini akan digunakan *substrat FR4* dengan frekuensi kerja yang direncanakan adalah 2,3 GHz untuk aplikasi WiMAX. Adapun parameter-parameter yang akan dianalisis yaitu *return loss*, *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*, *bandwidth*, *gain*, *directivity*, dan pola radiasi. Perbedaan dengan antena yang lainnya adalah antena yang dirancang akan digunakan untuk aplikasi WiMAX dan juga

antena tersebut akan difabrikasi serta dilakukan pengujian apakah antenna tersebut dapat berfungsi pada frekuensi 2,3 GHz.

II. DASAR TEORI

A. Antena

Antena merupakan suatu perangkat yang terbuat dari logam dan digunakan untuk memindahkan energi gelombang elektromagnetik dari media kabel menuju ke udara atau sebaliknya. Karena dapat digunakan sebagai perangkat perantara antara media kabel dan udara, maka antenna tersebut harus mempunyai sifat yang sesuai (*match*) dengan media kabel pencatunya [2].

Di dalam mendesain antenna, ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu bentuk dan arah radiasi yang diinginkan, bahan yang akan digunakan, frekuensi kerja, lebar *band* (*bandwidth*) dan impedansi masukan yang dimiliki [3].

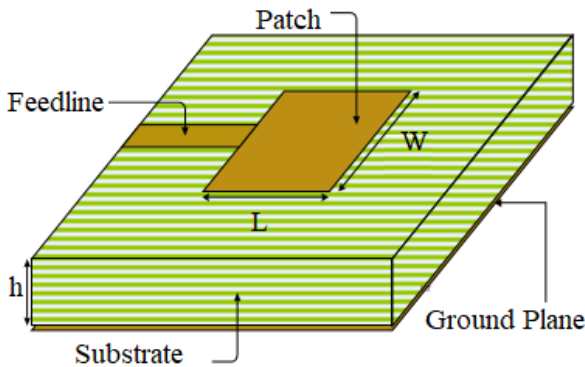
Jenis-Jenis antenna :

- Antena kabel (*wire antenna*); seperti *monopole*, *dipole*, *loop*, dan lain-lainnya.
- Antena celah (*aperture antenna*); seperti *sectoral horn*, *pyramidal horn*, *slot*, dan lain-lainnya.
- Antena pantul (*reflector antenna*); seperti *parabolic dish*, *corner reflector*, dan lain-lainnya.
- Antena lensa
- Antena *microstrip*
- Antena susun (*array antenna*)

B. Antena Microstrip

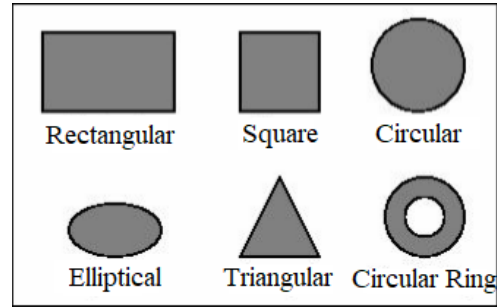
Antena *microstrip* merupakan suatu konduktor metal yang menempel diatas *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena *microstrip* itu sendiri memiliki massa yang ringan, ukuran yang kecil, mudah difabrikasi, serta dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan.

1) *Bagian – Bagian Antena Microstrip*: Antena *microstrip* terdiri atas tiga lapisan, yaitu *conducting patch*, substrat dielektrik, dan *ground plane*. *Conducting patch* berada dibagian paling atas, *substrat dielektrik* berada dibagian ditengah dan *ground plane* berada dibagian paling bawah. Bagian-bagian antenna *microstrip* dapat dilihat pada Gambar 1.



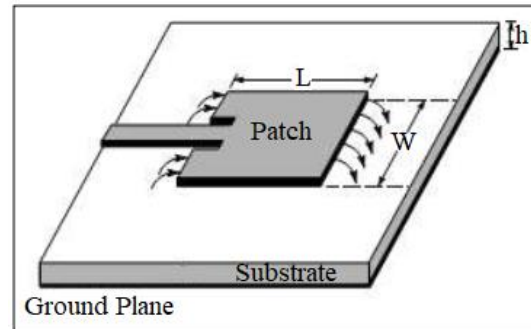
Gambar 1 Antena Microstrip [4]

2) *Jenis – Jenis Antena Microstrip*: Berdasarkan bentuk *patch*-nya, antenna *microstrip* terbagi menjadi beberapa jenis, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Jenis-Jenis Patch Antena Microstrip [1]

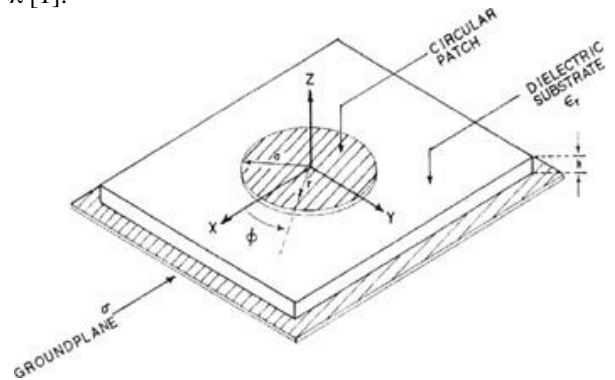
3) *Teknik Pencatuan*: Pada antenna *microstrip* terdapat beberapa teknik pencatuan yang sering digunakan, seperti: Teknik *Microstrip Line Feed*, *Coaxial Probe Feed*, *Proximity-Coupled Feed*, dan *Aperture-Coupled Feed*. Teknik pencatuan *Microstrip Line Feed* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Teknik Pencatuan Microstrip Line Feed [1].

C. Antena Microstrip Patch Circular

Antena *microstrip patch circular* merupakan antenna yang berbentuk *patch* lingkaran atau sering disebut *patch circular* dan bentuk antenna dapat dilihat pada Gambar 4. Pada aplikasi tertentu seperti *array*, *patch circular* memiliki kelebihan dibandingkan dengan bentuk *patch* yang lainnya. Kelebihan dari *microstrip circular* adalah tinggi substratnya yang kecil  $h < \lambda$  [1].



Gambar 4 Antena Microstrip Patch Circular [1]

Untuk menentukan ukuran dari jari-jari *patch* antena *microstrip* terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi kerja ( $f_r$ ) dalam satuan hertz (Hz) [1].

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[ \ln \left( \frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}} \text{ (cm)}, \quad (1)$$

dimana  $a$  adalah dimensi radius *circular* (cm),  $h$  adalah ketebalan substrat (cm),  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielektrik bahan,  $\pi$  adalah phi (3,14) dan  $F$  adalah fungsi logaritmik elemen peradiasi.

Sebelumnya kita harus menghitung fungsi logaritmik ( $F$ ) dengan persamaan dibawah ini [1].

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}, \quad (2)$$

dimana  $F$  adalah fungsi logaritmik elemen peradiasi,  $f_r$  adalah frekuensi kerja (MHz) dan  $\epsilon_r$  adalah permitivitas dielektrik relatif substrat.

Untuk menentukan dimensi saluran pencatu maka terlebih dahulu dihitung panjang gelombang di ruang bebas dengan nilai kecepatan cahaya ( $c$ ) sebesar  $3 \times 10^8$  m/s.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \text{ (m)} \quad (3)$$

Maka untuk menghitung panjang gelombang pada saluran pencatu *microstrip* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (m)} \quad (4)$$

Selanjutnya dihitung panjang saluran pencatu dengan persamaan:

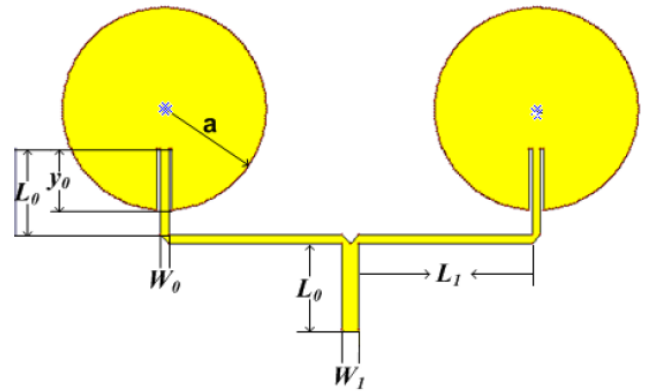
$$L_0 = \frac{1}{4} \lambda_d \text{ (m)} \quad (5)$$

Sedangkan untuk menghitung lebar saluran pencatu dapat digunakan persamaan:

$$W_T = \frac{k}{Z_T} \times \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ (mm)} \quad (6)$$

#### D. Antena Microstrip Single dan Array

Antena *microstrip array* adalah pengembangan dari antena *microstrip single* yang merupakan gabungan dari beberapa elemen peradiasi sehingga dapat membentuk suatu jaringan seperti pada Gambar 5. Antena *microstrip array* dapat berbentuk seri, paralel atau gabungan keduanya. Antena *microstrip array* memiliki *bandwidth* dan *gain* yang lebih besar dari antena *microstrip single* [5].



Gambar 5 Antena *Microstrip Array* [6]

#### E. Parameter-Parameter Antena

Didalam merancang sebuah antena, diperlukan beberapa parameter antena agar diketahui apakah antena tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan.

1) *Return Loss*: *Return loss* merupakan perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat juga diartikan sebagai hilangnya daya karena tidak setaranya beban. Hilangnya daya dikenal sebagai *return loss* dan dapat dinyatakan pada rumus dibawah ini [7].

$$S_{11} = -20 \log |\Gamma|, \quad (7)$$

dimana  $\Gamma$  merupakan besaran koefisien refleksi. Untuk *matching* (sempurna) antara transmitter dan antena, maka nilai  $\Gamma = 0$  dan *return loss* =  $\infty$  dB tidak ada daya yang direfleksikan. Jika  $\Gamma = 1$  dan *return loss* nya 0 dB berarti semua daya dipantulkan [6]. Untuk nilai *return loss* yang dianjurkan adalah di bawah -9,54 dB [8].

2) *Voltage Standing Wave Ratio*: *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum dengan amplitudo gelombang berdiri minimum [9]. Terdapat dua komponen gelombang tegangan pada saluran transmisi, yaitu tegangan yang dikirimkan dan juga tegangan yang direfleksikan. Perbandingan antara tegangan yang dikirimkan dengan tegangan yang direfleksikan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) [9]:

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}, \quad (8)$$

dimana  $V_{max}$  adalah *tegangan maksimum*,  $V_{min}$  adalah *tegangan minimum* dan  $\Gamma$  adalah *koefisien refleksi*. VSWR pada saat bernilai 1 ( $S=1$ ) adalah kondisi terbaik dimana tidak adanya refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun keadaan ini pada praktiknya akan sulit untuk diperoleh. Oleh sebab itu nilai standar VSWR yang diizinkan untuk fabrikasi antena adalah  $VSWR \leq 2$ .

3) **Bandwidth:** *Bandwidth* merupakan rentang frekuensi dimana kinerja dari antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik seperti impedansi masukan, *beamwidth*, polarisasi, penguatan (*gain*), keterarahan (*directivity*), serta efisiensi radiasi memenuhi spesifikasi standar [1]. Untuk menghitung *bandwidth* dapat dicari dengan rumus berikut [10]:

$$BW = \frac{f_h - f_l}{f_c}, \quad (9)$$

dimana *BW* adalah *bandwidth* antenna,  $f_h$  adalah frekuensi atas,  $f_l$  adalah frekuensi bawah dan  $f_c$  adalah frekuensi tengah.

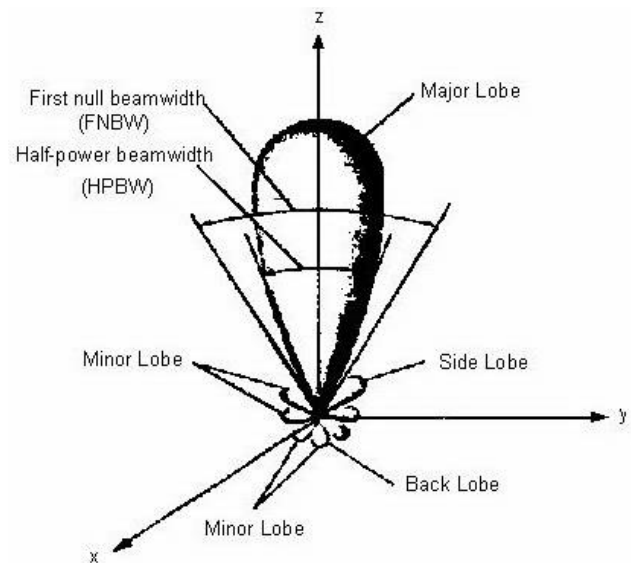
Ada dua jenis *bandwidth* yang berkaitan dengan antenna *microstrip*, yaitu *impedance bandwidth* dan *pattern bandwidth*. *Impedance bandwidth* yaitu rentang frekuensi dimana *patch* antenna berada dalam kondisi *match* dengan saluran pencatu. Ini terjadi karena impedansi dari *patch* dan saluran pencatu nilainya bervariasi tergantung pada nilai frekuensi. Kondisi *matching* pada suatu antenna dapat dilihat dari nilai *return loss* atau *VSWR*. *Impedance bandwidth* dapat juga diartikan sebagai rentang frekuensi dimana nilai *return loss* dan *VSWR* masih dianggap baik, yaitu kurang dari -9,45 dB untuk *return loss* dan kurang dari 2 untuk *VSWR*. Sedangkan *pattern bandwidth*, yaitu rentang frekuensi dimana *beamwidth*, *sidelobe* atau *gain* memenuhi nilai tertentu. Nilai ini bervariasi menurut frekuensi dan harus ditentukan di awal perancangan antenna agar nilai *bandwidth* tersebut dapat dicari.

4) **Gain (Penguatan):** *Gain* adalah rasio intensitas radiasi dalam arah tertentu dari antenna dengan total daya input diterima oleh antenna dibagi dengan  $4\pi$ . Ada dua jenis parameter penguatan (*gain*), yaitu *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* dapat diartikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Sedangkan *Relative gain* dapat diartikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama diantara kedua antenna tersebut.

5) **Directivity:** *Directivity* adalah ukuran konsentrasi radiasi ke arah maksimum. *Directivity* antenna merupakan rasio intensitas radiasi dalam arah tertentu dari antenna untuk intensitas radiasi rata-rata ke segala arah. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan daya total yang dipancarkan oleh antenna dibagi dengan  $4\pi$ . Jika arah ini tidak ditentukan maka arah intensitas radiasi maksimum yang terjadi. Dinyatakan non isotropik sama dengan rasio radiasi intensitas dalam arah tertentu dari sumber isotropik [1].

6) **Pola Radiasi:** Pola radiasi merupakan gambaran secara grafis dari sifat-sifat radiasi antenna sebagai fungsi koordinat ruang. Pola radiasi ditentukan pada medan jauh dan digambarkan sebagai koordinat arah. Sifat-sifat radiasi ini mencakup intensitas radiasi, kekuatan medan (*field strength*)

dan polarisasi [1]. Parameter yang terdapat pada pola radiasi terdiri dari *main lobe*, *side lobe*, *HPBW (Half Power Beamwidth)*, *FNBW (First Null Beamwidth)*, dan *SLL (Side Lobe Level)*.



Gambar 6 Pola Radiasi Antena [1]

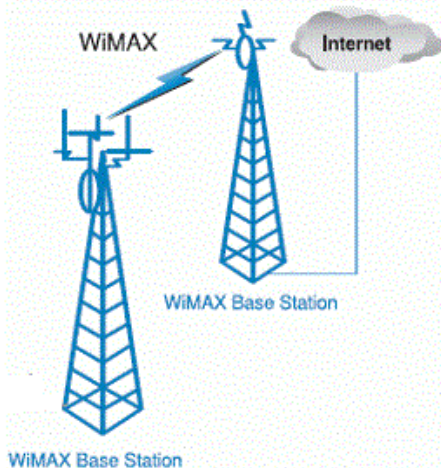
Gambar 6 dijelaskan bentuk dari pola radiasi directional. Major lobe merupakan berkas radiasi yang terarah ke tujuan sedangkan minor lobe adalah berkas radiasi yang tidak terarah dan sebenarnya tidak diinginkan [1]. Back lobe adalah berkas radiasi yang bertolak belakang dengan major lobe. Side lobe adalah berkas radiasi yang terletak disamping major lobe. First Null Beamwidth (FNBW) merupakan sudut pancaran antenna dimana daya terimanya yang paling tinggi diantara daya terima lainnya sedangkan Half Power Beamwidth (HPBW) merupakan sudut pancaran antenna dimana dayanya turun setengah terhadap daya terima paling besar.

#### F. Worldwide Interoperability For Microwave Access

*Worldwide Interoperability for Microwave Access* atau biasanya disingkat menjadi WiMAX merupakan teknologi *wireless* pita lebar (*broadband wireless access* atau disingkat BWA) yang mempunyai kecepatan akses yang tinggi serta memiliki area jangkauan yang lumayan luas. WiMAX itu sendiri merupakan evolusi dari teknologi BWA sebelumnya dengan fitur-fitur yang lebih menarik. Selain mampu memberikan kecepatan akses data yang tinggi, WiMAX juga merupakan teknologi dengan *open* standar, yaitu perangkat WiMAX yang berbeda *vendor* tetapi tetap dapat dilakukan (tidak *proprietary*).

Dengan memiliki kecepatan data yang besar (hingga 70 MBps), WiMAX juga dapat diaplikasikan untuk koneksi *broadband 'last mile'*, ataupun *backhaul*. Hal yang membedakan antara WiMAX dan WiFi adalah standar teknis yang tergabung di dalamnya, jika WiFi menggabungkan standar IEEE 802.11 dengan ETSI (*European Telecommunications Standards Intitute*) HiperLAN sebagai

standar teknis yang cocok untuk kepentingan WLAN, sedangkan WiMAX menggabungkan antara standar IEEE 802.16 dengan standar ETSI HiperMAN. Standar keluaran IEEE sudah banyak digunakan secara luas di daerah asalnya, seperti Amerika, sedangkan standar keluaran ETSI banyak digunakan di daerah Eropa dan sekitarnya.



Gambar 7 Topologi Point to Point (P2P) Antena WiMAX [11]

Pada Gambar 7 dijelaskan bagaimana topologi Point to Point (P2P) pada antena WiMAX. Topologi P2P dapat digunakan untuk backhaul maupun dapat juga digunakan untuk komunikasi antara base station WiMAX. Pada perancangan sebuah antena WiMAX diharuskan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Parameter-parameter seperti return loss, VSWR, gain, bandwidth dan pola radiasi harus diperhatikan agar antena tersebut dapat berjalan dengan baik.

TABEL I  
SPESIFIKASI ANTENA WIMAX [11],[12],[13]

Spesifikasi	Deskripsi
Frequency Range	2300 – 2700 MHz
Return Loss	-10 dB
VSWR	≤ 2
Bandwidth	15-28 MHz
Gain	1 - 16 dB
Directivity	6 - 18 dB
Radiation Pattern	Directional

Tabel 1 merupakan tabel spesifikasi yang digunakan pada antena WiMAX. Apabila seluruh parameter-parameter antena yang dirancang telah sesuai dengan spesifikasi maka antena tersebut akan dapat berkerja dengan baik dan sudah dapat digunakan.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Data Awal

Bahan-bahan substrat yang akan digunakan didalam merancang antena adalah sebagai berikut :

- Bahan Epoxy fiberglass = FR 4
- Ketebalan lapisan dielektrik ( $h$ ) = 1,6 mm
- Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4,5
- Loss tangen = 0,018
- Frekuensi kerja ( $f_r$ ) = 2300 MHz

#### B. Perencanaan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk mengukur jari-jari *patch circular* dengan menggunakan persamaan 1.

Sebelumnya dilakukan penghitungan fungsi logaritmik  $F$ . Dengan  $f_r = 2300$  MHz;  $(\epsilon_r) = 4.5$ , maka nilai fungsi logaritmik  $F$  dapat dihitung dengan persamaan 2.

Kemudian dihitung  $\lambda_0$  (panjang gelombang di ruang bebas) dengan menggunakan persamaan 3 dan dihitung  $\lambda_d$  (panjang gelombang pada saluran transmisi) *microstrip* dengan persamaan 4.

Selanjutnya dihitung panjang dan lebar saluran pencatu dengan menggunakan persamaan 5 dan 6.

#### C. Perencanaan Antena Microstrip Array Dua Elemen

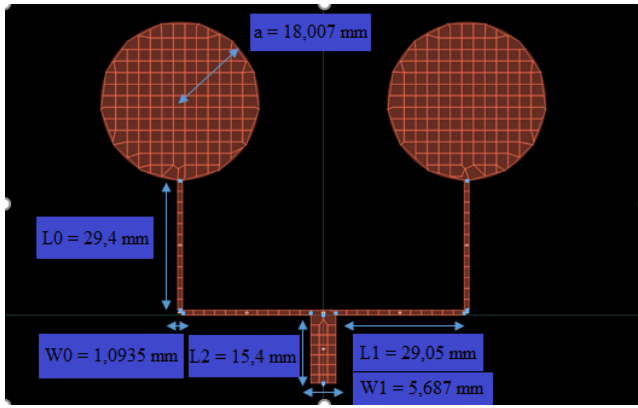
Diperoleh nilai lebar saluran pencatu untuk masing-masing nilai impedansi untuk 100  $\Omega$  dan 50  $\Omega$  dengan menggunakan persamaan 6.

Untuk menghitung panjang saluran transmisi antar elemen peradiasi ( $L_1$ ) maka dapat ditentukan sebesar dua kali panjang ( $L_0$ ) yaitu  $L_1 = 2 \times L_0$  sehingga didapat hasilnya sebesar 30,8 mm. Dengan demikian syarat jarak antar elemen peradiasi dapat terpenuhi.

Karena hasil yang diperoleh masih buruk maka dilakukan optimasi pada antena *microstrip* tersebut. Optimasi dilakukan dengan cara mengubah panjang dan lebar dari saluran pencatu [6].

Setelah dilakukan percobaan optimasi maka diperoleh hasil yang terbaik yaitu dengan dimensi saluran pencatu  $W_0 = 1,0935$  mm,  $W_1 = 5,687$  mm,  $L_0 = 29,4$  mm dan  $L_1 = 29,05$  mm dan didapatkan *return loss* sebesar -27,960 dB, VSWR sebesar 1,083, *gain* sebesar 3,793 dB dan *directivity* sebesar 8,102 dB.

Bentuk patch dan saluran yang telah dioptimasi dapat dilihat pada Gambar 8. Gambar 8 adalah tampilan dari antena *microstrip patch circular array* dua elemen beserta saluran pencatu yang telah dioptimasi dengan menggunakan *software ADS* dan kemudian akan disimulasikan untuk mendapatkan performansi dari antena.

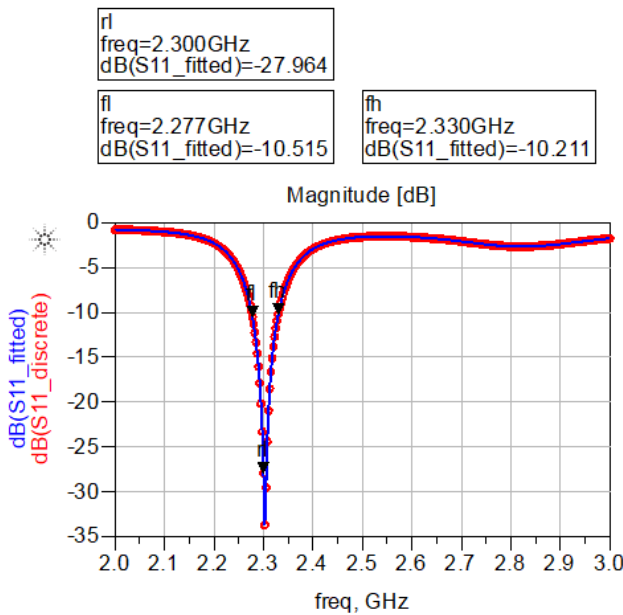


Gambar 8 Bentuk Patch Circular Array Dua Elemen dan Saluran Pencatu Antena Microstrip yang Telah Dioptimasi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Antena Microstrip Array Dua Elemen Optimasi

1) Hasil Simulasi Return Loss dan Bandwidth: Nilai return loss yang diperoleh pada Gambar 9 di frekuensi 2,3 GHz sebesar -27,964 dB. Didapatkan nilai return loss lebih kecil dari -10 dB.



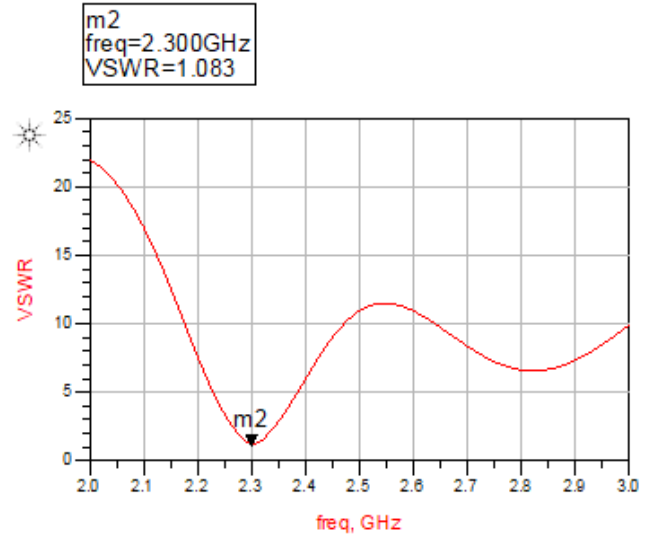
Gambar 9 Grafik Return Loss

Selanjutnya besar bandwidth dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

$$\begin{aligned}
 BW &= \frac{2,330 \text{ GHz} - 2,277 \text{ GHz}}{2,3035 \text{ GHz}} \\
 &= 0,023 \text{ GHz} \\
 &= 23 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

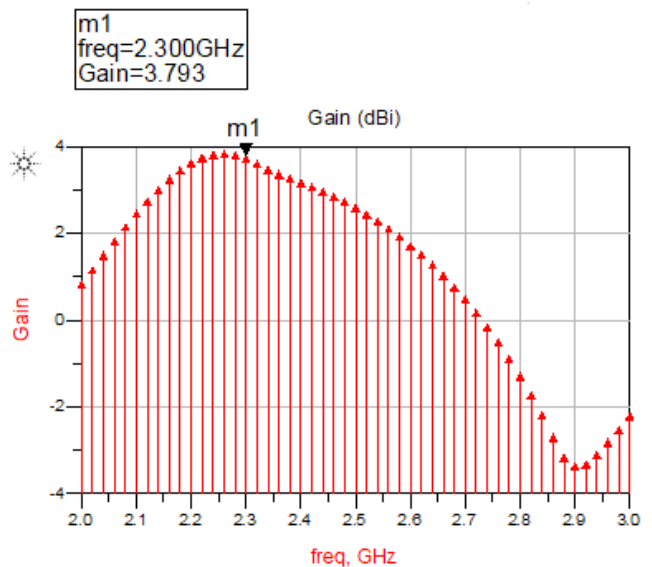
Berdasarkan hasil perhitungan maka lebar bandwidth yang diperoleh adalah sebesar 23 MHz.

2) Hasil Simulasi VSWR: Nilai VSWR yang diperoleh pada Gambar 10 sebesar 1,083 di frekuensi 2,3 GHz. Dalam simulasi ini VSWR yang diperoleh masih dalam batas yang masih disarankan. Nilai VSWR yang disarankan adalah  $VSWR \leq 2$ .



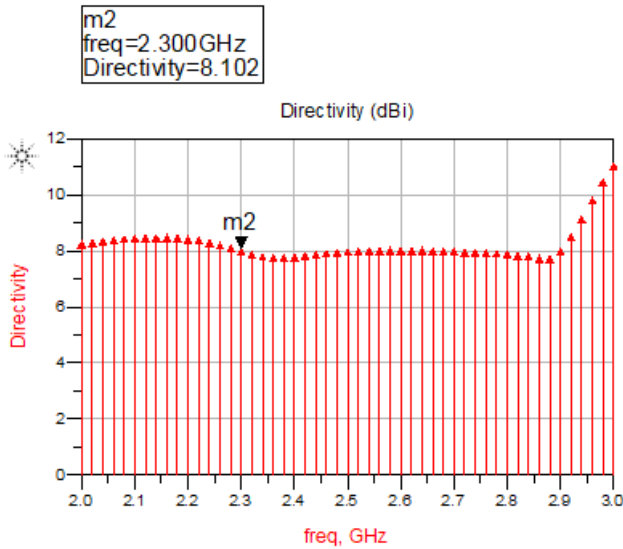
Gambar 10 Grafik VSWR

3) Hasil Simulasi Gain: Gambar 11 merupakan hasil grafik gain yang diperoleh didalam simulator. Sumbu X pada grafik dinyatakan sebagai frekuensi dalam satuan GHz dan sumbu Y dinyatakan sebagai nilai gain dalam satuan dB. Besarnya nilai gain yang diperoleh pada grafik sebesar 3,793 dB pada frekuensi 2,3 GHz. Semakin tinggi nilai gain yang diperoleh maka semakin baik pula desain antenna tersebut.



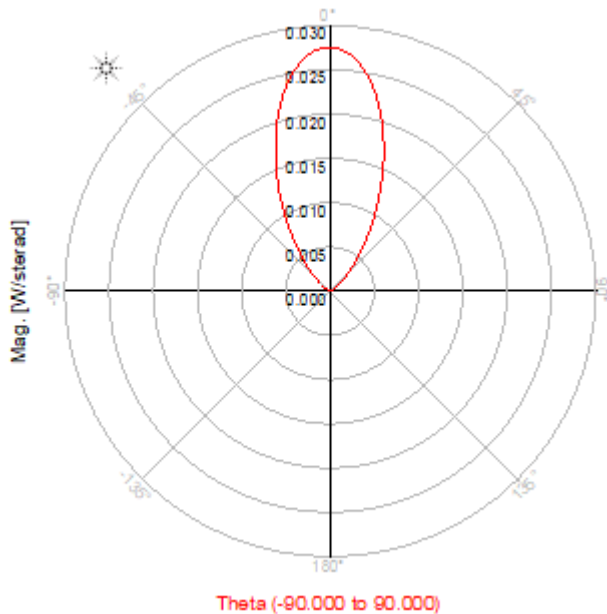
Gambar 11 Grafik gain

4) *Hasil Simulasi Directivity*: Gambar 12 merupakan hasil grafik *directivity* yang diperoleh didalam simulator. Sumbu X pada grafik dinyatakan sebagai frekuensi dalam satuan GHz dan sumbu Y dinyatakan sebagai nilai *directivity* dalam satuan dB. Besarnya nilai *directivity* yang diperoleh pada grafik sebesar 8,102 dB pada frekuensi 2,3 GHz. Semakin tinggi nilai *directivity* yang diperoleh maka akan semakin baik antenna tersebut.



Gambar 12 Grafik *Directivity*

5) *Hasil Simulasi Pola Radiasi*: Pada Gambar 13 diketahui bahwa jangkauan pancaran gelombang sebesar 0,028 dB. Berdasarkan bentuk pancaran dapat dipastikan bahwa antenna tersebut adalah antenna *directional* yaitu antenna yang memancarkan arah radiasinya hanya ke satu arah.



Gambar 13 Pola Radiasi Antena Array Dua Elemen Optimasi

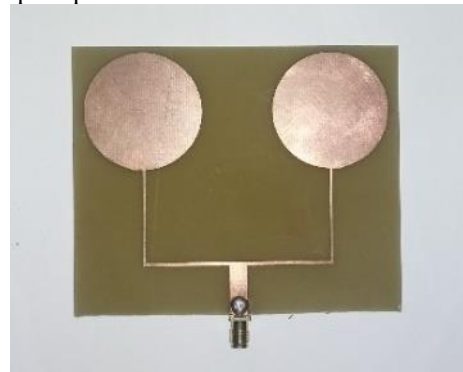
**B. Hasil Simulasi Antena Microstrip Array Dua Elemen Optimasi**

Berdasarkan hasil yang diperoleh didapatkan nilai parameter pada antenna *microstrip array* dua elemen optimasi. Didapatkan nilai *return loss* sebesar -27,964 dB, *VSWR* sebesar 1,083, *bandwidth* sebesar 23 MHz, *gain* sebesar 3,793 dB, *directivity* sebesar 8,102 dB dan bentuk pola radiasi yang didapatkan adalah *directional*.

Antena yang telah dioptimasi sudah mendapatkan hasil yang optimal dan telah memenuhi syarat minimum kinerja suatu antenna agar dapat dikatakan baik.

**C. Hasil Fabrikasi dan Pengujian**

Setelah dilakukannya simulasi maka dilanjutkan tahap fabrikasi pada antenna *microstrip patch circular array* dua elemen seperti pada Gambar 14 dan Gambar 15.



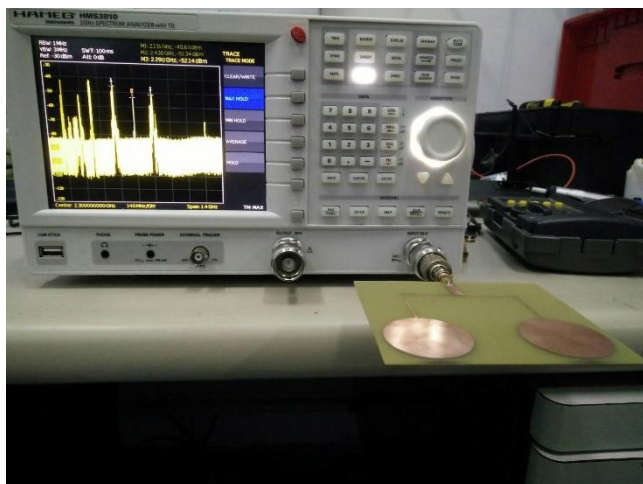
Gambar 14 Bagian Depan Antena *Microstrip Patch Circular Array* Dua Elemen yang Telah Difabrikasi

Pada Gambar 14 diperlihatkan bagian depan antenna *microstrip patch circular array* dua elemen yang telah dilakukan fabrikasi. Bagian ini merupakan bagian *patch* yang berguna untuk memancarkan radiasi antenna.



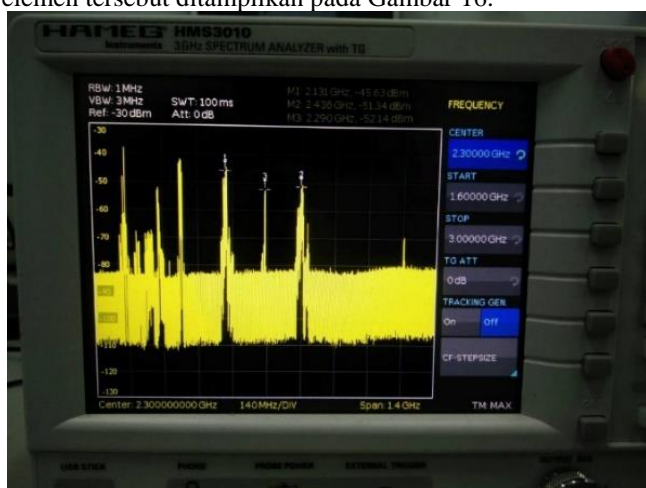
Gambar 15 Bagian Belakang Antena *Microstrip Patch Circular Array* Dua Elemen yang Telah Difabrikasi

Pada Gambar 15 diperlihatkan bagian belakang dari antenna *microstrip*. Bagian ini merupakan bagian *ground plane* yang digunakan sebagai *ground* pada antenna. Setelah antenna dilakukan fabrikasi selanjutnya antenna diuji agar diketahui apakah antenna tersebut dapat berfungsi atau tidak.



Gambar 16 Tampilan Antena Array Dua Elemen Beserta Spectrum Analyzer

Pada Gambar 16 merupakan tampilan saat antena array dua elemen dilakukan pengujian dengan menggunakan spectrum analyzer HAMEG HMS3010. Antena yang akan diuji dimasukkan kedalam port input pada perangkat spectrum analyzer sehingga perangkat dapat menampilkan hasil grafik dari antena tersebut. Selanjutnya hasil dari antena array dua elemen tersebut ditampilkan pada Gambar 16.



Gambar 17 Hasil Pengujian Antena Microstrip Array Dua Elemen

Pada Gambar 17 ditunjukkan hasil pengujian antena microstrip array dua elemen. Pada saat pengujian antena difungsikan sebagai penerima (receiver) sehingga antena dapat mendeteksi sinyal pada frekuensi yang diinginkan. Selanjutnya spectrum diatur pada frekuensi awal 1,6 GHz, frekuensi tengah 2,3 GHz dan frekuensi akhir 3 GHz. Span atau jangkauan jarak frekuensi awal ke frekuensi akhir diatur sebesar 1,4 GHz dengan masing-masing div sebesar 140 MHz. Ref level merupakan nilai maksimum yang dapat ditampilkan pada layar sehingga diatur sebesar -30 dBm.

Dari hasil yang didapat antena dapat mendeteksi sinyal pada frekuensi 2,131 GHz sebesar -45,63 dBm, pada

frekuensi 2,290 GHz sebesar -52,14 dBm dan pada frekuensi 2,436 GHz sebesar -51,34 dBm. Hasil pada frekuensi 2,131 GHz ditandai dengan marker 1, hasil pada frekuensi 2,436 GHz ditandai dengan marker 2 dan hasil pada frekuensi 2,290 GHz ditandai dengan marker 3.

Antena sudah mampu menangkap sinyal pada frekuensi 2,3 GHz karena pengaruh dari gain antena array dua elemen yang lebih besar sehingga dapat menangkap pancaran sinyal lebih baik daripada antena satu elemen. Namun sesekali pada frekuensi 2,3 GHz tidak mampu mendeteksi pancaran sinyal antena karena dipengaruhi oleh faktor dari penghalang-penghalang yang ada didalam gedung.

## V. KESIMPULAN

Antena microstrip patch circular array dua elemen dapat digunakan untuk frekuensi WiMAX 2,3 GHz karena hasil yang diperoleh dari simulasi sudah baik setelah dilakukannya optimasi. Hasil simulasi antena yang telah sesuai spesifikasi kemudian dilakukan fabrikasi dan pengujian fungsi antena. Antena difungsikan sebagai receiver pada saat pengujian. Dari hasil pengujian fungsi antena, antena array dua elemen sudah dapat berfungsi dengan baik pada frekuensi 2,1 GHz, frekuensi 2,3 GHz dan 2,4 GHz. Dapat disimpulkan bahwa antena array dua elemen sudah mampu mendeteksi sinyal pada frekuensi 2,3 GHz.

## REFERENSI

- [1] Balanis, C.A. "Antena Theory: Analysis and Design, 4th edition". Harper & Row Publisher Inc. New York. 2015.
- [2] Jia Sheng, Hong, M. J. Lancaster. "Microstrip Filters for RF/Microwave Applications". New York: John Wiley & Sons, Inc. 2001.
- [3] James, J.R., Hall, P.S. "Handbook of Microstrip Antennas". London: Peter Peregrinus Publisher Ltd. 1989.
- [4] Surjati, Indra. "Antena Microstrip: Konsep dan Aplikasinya". Jakarta: Universitas Trisakti. Hal 15–27. 2010.
- [5] Carr, Joseph J. "Practical Antena Handbook 4th edition". United State of America: The McGraw-Hill Companies, Inc. 2001.
- [6] Bagus, Ida N.W.W, "Perancangan Dan Pembuatan Antena Microstrip Circular Patch Array Empat Elemen Dengan Konfigurasi Symmetry Parallel Feed Network Untuk Frekuensi Kerja 2,4 Ghz," Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang, 2011.
- [7] Pozar, David M. "Transmission Line Theory Fourth Edition". United States of America: John Wiley & Sons, Inc. 1998.
- [8] Ojha, John R, Marc Peters. "Patch Antennas and Microstrip Lines". Publisher InTech. 2010.
- [9] Fawwaz, Ulaby T. "Fundamentals of Applied Electromagnetics". United State of America: Prentice Hall. 2001.
- [10] Rabinovich, Victor, Nikolai Alexandrov dan Basim Alkhateeb. "Automotive Antena Design and Applications". New York: Taylor and Francis Group, LLC. 2010.
- [11] Aryanta, Dwi, "Analisis Kinerja Subscriber Station WiMAX di Urban Area Bandung," Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional, Bandung, 2014.
- [12] Cisco System, Inc. "Cisco CGR 1000 and 2000 series Connected Grid Antennas Guide". Cisco Inc. New York. 2015.
- [13] Alam, Syah, "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Segiempat Array Triple Band Untuk Aplikasi WiMAX," Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas 17 Agustus 1945, Jakarta, 2015.