

PERBANDINGAN GAIN ANTENA MICROSTRIP MATERIAL SUBSTRAT FR4 DENGAN TACONIC TLY-5-0600-C1/C1 UNTUK APLIKASI WIMAX 2.3 GHz

Rachmansyah

Universitas Gunadarma, rachmansyah@staff.gunadarma.ac.id

ABSTRAK

Antena mikrostrip telah banyak digunakan di dalam aplikasi komunikasi radio, diantaranya Customer Personal Equipment (CPE) di dalam sistem WiMAX. Aplikasi CPE ini membutuhkan perangkat yang kecil, ringan dan dapat berpindah dengan mudah, sehingga dapat dirakit pada peralatan Mobile Subscriber (MS) dengan mudah tanpa harus memperbesar dimensi dan bebannya. Oleh karena itu antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang dapat memberikan kebutuhan tersebut. Dalam perancangan antena patch tunggal ini, antena dapat bekerja pada frekuensi 2.3 GHz (2.3-2.4 GHz). Antena mikrostrip dirancang menggunakan teknik pencatutan mikrostrip line dengan menggunakan 2 jenis material substrat, yakni FR4 dengan konstanta dielektrik 4.9 dan Taconic TLY-5-0600-C1/C1 dengan konstanta dielektrik 2.2. Berdasarkan hasil dari simulasi, gain antena mencapai 1.55 dBi dengan menggunakan FR4 dan Taconic TLY substrat menghasilkan gain 7.10 dBi. Nilai $VSWR \leq 1.77$ dapat dicapai pada rentang 2.33-2.36 GHz (30 MHz).

Kata kunci: Antena Mikrostrip, WiMAX, FR4, Taconic TLY-5-0600-C1/C1

PENDAHULUAN

WiMaX merupakan singkatan dari *Worldwide Interoperability for Microwave Access*. WiMaX umumnya digunakan pada teknologi nirkabel jaringan area metropolitan atau *metropolitan area network* (MAN) untuk menghubungkan IEEE 802.11(Wi-Fi) *hotspot* ke internet menyediakan ekstensi nirkabel ke kabel dan DSL untuk akses *broadband* (Rao, R.K., & Radhamani, 2007)

Pada praktiknya, WiMAX akan beroperasi dengan cara yang sama dengan Wi-Fi tetapi dengan kecepatan lebih tinggi melebihi jarak yang lebih besar dan mencakup lebih banyak pengguna. WiMAX berpotensi menghapus daerah pinggiran kota dan pedesaan yang saat ini tidak memiliki akses Internet *broadband* karena perusahaan telepon dan kabel belum menjalankan kabel yang diperlukan ke lokasi terpencil tersebut..

Perancangan yang dilakukan oleh Wahab, N. A., Maslan, Z. B., &

Hamzah, N. (2010) menyatakan bahwa suatu antenna mikrostrip *patch array* (4x1) pada *WiMAX applications*. Desain yang digunakan adalah *microstrip line feed* dan metode gelombang transformer seperempat. Namun, antena *gain*-nya yang dihasilkan adalah 5.73 dBi sehingga terlalu rendah untuk digunakan dengan array (4x1).

Pada jurnal ini, desain dari antena patch tunggal dengan garis mikrostrip sebagaimana yang ditampilkan oleh metode *feeding*. Gelombang transformer seperempat digunakan untuk menyesuaikan *feeding line* ke antena. Frekuensi pusat diatur untuk beroperasi pada 2.3 GHz sesuai dengan aplikasi WiMAX di Indonesia. Antena tersebut menggunakan 2 tipe substrat, yaitu FR4 dengan dielektrik konstan 4.9 dan *Taconic TLY* dengan dielektrik konstan 2.2.

Adapun jurnal ini disusun sebagai berikut. Bagian II menerangkan metodologi yang diadaptasi seperti

bentuk antena, metode analisis, metode *feeding*, dan material substrat. Bagian III membahas hasil dari simulasi. Bagian IV menyimpulkan perancangan dan terakhir, pada bagian V dibahas mengenai perancangan yang dapat dilakukan oleh peneliti lain.

METODE PENELITIAN

Bentuk Antena

Pada dasarnya, suatu antena mikrostrip terdiri dari *patch* radiasi pada salah satu sisi dari substrat dielektrik yang memiliki *ground plane* pada sisi lainnya sebagaimana ditunjukkan di Gambar 1. *Patch* ini umumnya terbuat dari material yang mengantarkan listrik seperti tembaga atau emas dan mudah dibentuk. *Patch* radiasi dan *feed line* biasanya berupa foto yang terukir diatas substrat dielektrik.

Antena mikrostrip patch memancar pada pusatnya dikarenakan bidang pinggir antara tepi *patch* dan *ground plane*. Agar menghasilkan antena dengan kinerja yang baik, diperlukan substrat dielektrik tebal yang memiliki konstan dielektrik rendah karena substrat tersebut memiliki efisiensi lebih baik, bandwidth lebih besar dan radiasi lebih baik (A.C. Balanis, 1997).

Metode Analisis

Model garis transmisi menunjukkan antena mikrostrip dengan lebar (W) dan tinggi (H) dua slot, dipisahkan oleh panjang (L) garis transmisi. Pada dasarnya, mikrostrip merupakan suatu garis non-homogen dari dua dielektrik, khususnya substrat dan udara.

Pada Gambar 2, hampir seluruh garis bidang elektrik berada di substrat dan bagian-bagian dari beberapa garis di udara sehingga, garis transmisi ini tidak dapat menyokong magnet elektrik transversal murni (TEM) mode transmisi, karena fase kecepatan udara and substrat akan berbeda. Sebaliknya,

mode dominan perambatan akan menjadi mode quasi-TEM. Oleh sebab itu, dielektrik konstan yang efektif (ϵ_{reff}) harus didapatkan guna memperhitungkan perambatan gelombang dan bidang pada garis. Nilai dari (ϵ_{reff}) sedikit lebih rendah (ϵ_r) karena bidang pinggir disekitar keliling patch tidak terbatas pada substrat dielektrik saja, melainkan juga menyebar di udara sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2 diatas.

Dimana (pers 1), $\epsilon_{\text{reff}} =$ Dielektrik konstan efektif. $\epsilon_r =$ Dielektrik konstan substrat. $h =$ Ketinggian dielektrik substrat. $W =$ Kelebaran patch

Sebagaimana terlihat pada Gambar 3 bahwa komponen normal bidang elektrik pada dua tepi sepanjang lebar antena adalah menuju arah sebaliknya, sehingga terjadi diluar fase karena panjang patch adalah $\lambda/2$ maka mereka saling memutuskan pada arah sisi lebar. Komponen tangensial (lihat Gambar 3), yang berada didalam fase, memiliki makna bahwa bidang yang dihasilkan digabungkan untuk memberikan bidang radiasi normal maksimum pada permukaan struktur. Oleh karena itu, tepi-tepi disepanjang lebar dapat direpresentasikan sebagai dua slot pemancar, dimana $\lambda/2$ terpisah meninggi pada fase dan memancar pada sebagian ruang diatas *ground plane*. Bidang pinggir disepanjang lebar dapat dicontohkan sebagai slot pemancar dan secara elektrik, patch antena mikrostrip terlihat lebih besar daripada dimensi fisiknya. Dimensi patch sepanjang tingkat kepangjangannya sekarang telah ditambahkan pada tiap ujungnya dengan jarak ΔL (pers 2)

Panjang efektif patch L_{eff} sekarang menjadi (pers 3).

$$L_{\text{eff}} = L + 2\Delta L \quad (3)$$

Untuk resonansi frekuensi f_0 tersebut, panjang efektifnya adalah

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_o\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (4)$$

Untuk antena mikrostrip patch persegi, frekuensi resonansi pada mode TM_{mn} apapun adalah

$$f_o = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_{reff}}} \left[\left(\frac{m}{L}\right)^2 + \left(\frac{n}{W}\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Dimana m dan n adalah mode sepanjang L dan W secara berturut-turut. Untuk radiasi efisien, kelebaran W adalah

$$W = \frac{c}{2f_o\sqrt{\frac{(\epsilon_r+1)}{2}}} \quad (6)$$

Metode Feeding

Pada tipe teknik *feeding* ini, jalur konduktor terhubung secara langsung ke tepi mikrostrip patch seperti pada Gambar 4. Jalur konduktor memiliki kelebaran lebih kecil jika dibandingkan dengan patch dan kelebihan dari menyusun *feed* jenis ini adalah *feed* tersebut dapat diukir di atas substrat yang sama agar menghasilkan struktur planar.

Tujuan dari pemotongan inset pada *patch* adalah untuk menyesuaikan impedansi garis *feed* ke *patch* tanpa elemen penyesuaian apapun. Hasil tersebut bisa didapatkan dengan mengendalikan posisi inset dengan tepat. Maka, cara ini merupakan skema *feeding* yang mudah, karena memungkinkan adanya pengurangan fabrikasi dan kesederhanaan dalam pemodelan serta penyesuaian impedansi. Namun, karena ketebalan substrat dielektrik digunakan, maka gelombang permukaan dan radiasi *feed* palsu meningkat sehingga menghambat bandwidth pada antenna [3]. Radiasi *feed* juga berdampak pada terjadinya lintasan radiasi terpolarisasi yang tidak diinginkan.

Sebagaimana pada Gambar 4, garis *feed* mikrostrip, kelebaran W bergantung pada karakteristik impedansi Z₀ yang diinginkan. Rumus untuk menghitung lebar garis mikrostrip diterangkan oleh persamaan pada bagian 7 dibawah ini. [4]

Material Substrat

Pemilihan material substrat dengan mempertimbangkan dimensi antena dan kinerjanya, maka lebih tepat untuk memilih substrat dielektrik tipis dengan dielektrik konstan rendah. Substrat tipis memungkinkan pengurangan ukuran dan radiasi palsu sebagai gelombang permukaan, dan dielektrik konstan rendah – untuk *bandwidth* lebih tinggi, efisiensi lebih baik dan potensi kehilangan daya yang rendah. Hasil yang disimulasikan menunjukkan efek yang memuaskan.

Pada Tabel 1 dijelaskan secara detail tentang spesifikasi material yang digunakan dalam simulasi ini. Material substrat yang digunakan pada desain antena tersebut adalah FR4 (evoksi) dan *Taconic TLY*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi untuk mikrostrip *patch* tunggal telah ditemukan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Ansoft HFSS sebagai *Computer Aided Design (CAD) tool*. Antena disimulasikan oleh substrat yang berbeda-beda, yang pertama menggunakan FR4 sedangkan yang kedua menggunakan *Taconic TLY*.

S₁₁ merupakan refleksi input koefisien dan seharusnya memiliki turunan yang paling rendah pada frekuensi operasi. S₁₁ setara dengan rasio gelombang pantul dan gelombang insiden dengan beban impedansi (impedansi antena) setara dengan impedansi garis yang mengukur absorpsi antena *feed power* diatas jumlah *feed power*. Antena berkualitas harus menunjukkan *return loss* kurang dari -

10 dB, yang menyatakan bahwa antena menyerap lebih besar dari 90% *fed power*.

A. Antena Mikrostrip Patch Tunggal dengan FR4

Proses optimasi pada proyek ini dilaksanakan secara manual dengan menyesuaikan berbagai dimensi *patch* seperti panjang dan lebarnya untuk mencapai frekuensi operasi yang diharapkan Berdasarkan teori, dengan menambahkan lebar akan mempengaruhi resistensi resonan antena. Karena frekuensi resonan antena ditentukan oleh panjangnya. Untuk mengetahui bagaimana variasi dimensi *patch* antena dapat memengaruhi pengerjaan antena, berbagai dimensi diterapkan dan beberapa hasilnya tercatat pada tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bagaimana S11 memengaruhi berbagai dimensi *patch* antena. Berdasarkan data tersebut, dimensi apa yang perlu disesuaikan untuk mengoptimalkan antena agar tercapai respon yang diinginkan sudah dapat dipahami dengan jelas

Pada Tabel 3, ditunjukkan bahwa perbedaan antara *patch* yang asli dan yang dioptimalkan sangat sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan dimensi cukup akurat. Maka, dimensi antena *patch* dioptimasi dibuat kedalam simulasi yang responnya dijelaskan pada Gambar 5.

Sebagaimana dijelaskan pada Gambar 5, frekuensi resonan *patch* adalah 2.35 GHz. Redamannya adalah -11.08 dB dan *bandwidth patch* -10 dB sekitar 30 MHz. Maka dapat disimpulkan bahwa frekuensi resonan yang didapat sesuai dengan sasaran frekuensi yang dibuat pada *patch* untuk meresonasi pada 2.35 GHz.

Pada Gambar 6 diterangkan bahwa VSWR yang didapat adalah 1.77. Berdasarkan Gambar 7, *HPBW* yang disimulasikan adalah 93° untuk *plane-E*

(ungu) sementara *plane-H* (merah) menghasilkan *HPBW* sebesar 104°. *HPBW* dapat dihitung dengan *Gain* Maksimum - 3dB.

Direktivitas antena *patch* elemen tunggal dengan FR4 ditunjukkan pada Gambar 8. Direktivitas yang ditunjukkan sekitar 5.47 dBi.

Gain dari antena *patch* elemen tunggal dengan substrat FR4 ditunjukkan di Gambar 9. Gain yang didapat adalah sekitar 1.55 dBi dan efisiensi antena sekitar 28%.

B. Antena Mikrostrip Patch Tunggal dengan Taconic TLY

Berbagai variasi dimensi diterapkan dan beberapa hasilnya terekam di Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan bagaimana S11 memengaruhi berbagai dimensi *patch* antena. Berdasarkan data tersebut, dimensi apa yang perlu disesuaikan untuk mengoptimalkan antena agar tercapai respon yang diinginkan sudah dapat dipahami dengan jelas

Tabel 5 menunjukkan bahwa perbedaan antara antena *patch* asli dan dioptimasi sangat sedikit. Hal ini menunjukkan dimensi terhitung cukup akurat. Maka, dimensi antena *patch* dioptimasi diterapkan pada simulasi dan respons simulasi ditunjukkan pada Gambar 10.

Sebagaimana dijelaskan pada Gambar 10, frekuensi resonan *patch* adalah 2.35 GHz. *Return loss* yang didapat adalah -14.38 dB dan *bandwidth patch* pada -10 dB adalah sekitar 30 MHz. VSWR ditunjukkan pada Gambar 11 yang menerangkan bahwa VSWR yang didapat sekitar 1.47.

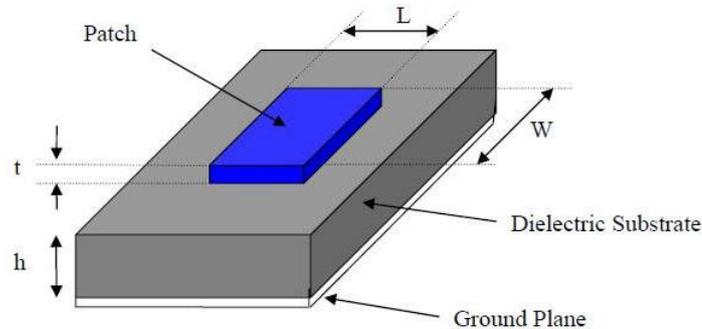
Pada Gambar 12, *HPBW* yang disimulasikan adalah 75° untuk *E-plane* (ungu) sedangkan *H-plane* (merah) menghasilkan *HPBW* sebesar 81°. *HPBW* untuk *E-plane* tipis dikarenakan substrat yang tipis. Oleh sebab itu, lebar *patch* antena lebih besar, sehingga

menghasilkan *beamwidth* lebih lebar untuk *H-plane*.

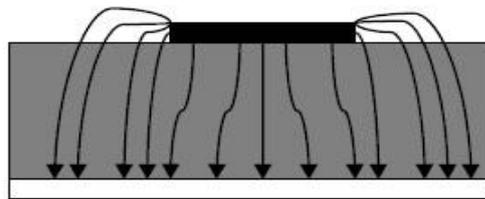
Direktivitas antenna *patch* elemen tunggal dengan *Taconic TLY* diterangkan pada Gambar 13. *Gain* yang ditunjukkan adalah sekitar 7.59 dBi.

Gain dari antenna *patch* elemen tunggal dengan *Taconic TLY*

diterangkan pada Gambar 14. Disebutkan bahwa *gain* sekitar 7.10 dBi dan efisiensi antenna sekitar 93% dan menggunakan *Taconic TLY* menghasilkan *gain* lebih besar dibandingkan menggunakan substrat FR4. *Power loss* lebih sedikit, sekitar 0.49 dBi.

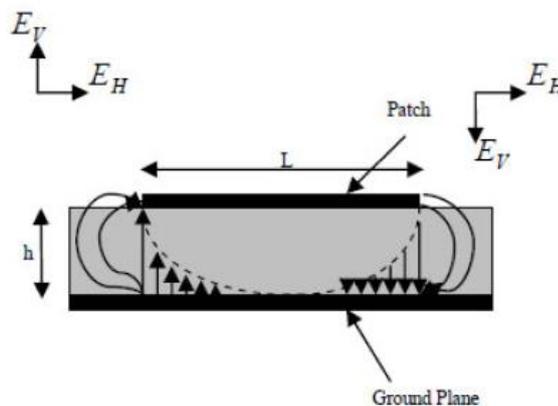


Gambar 1. Struktur Antena Mikrostrip Patch (S.P. Nakar, 2004)



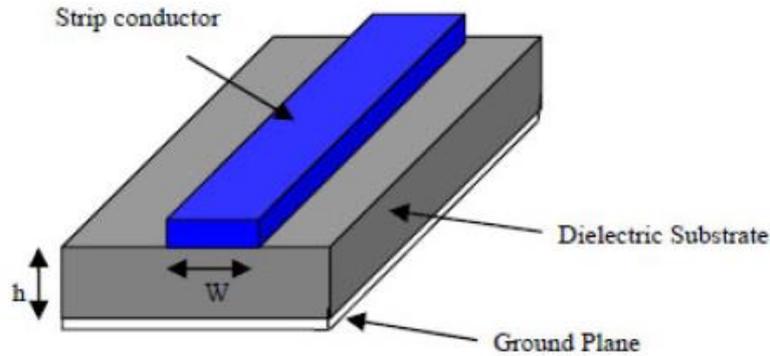
Gambar 2. Garis Bidang Elektrik (A.C. Balanis, 1997)

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



Gambar 3. Tampilan Samping Antena (A.C. Balanis, 1997)

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (2)$$



Gambar 4. Garis Mikrostrip (A.C. Balanis, 1997)

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (7)$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \left\{ \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right\}^{\frac{1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left\{ 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right\} \quad (8)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (9)$$

Tabel 1.
Spesifikasi Material Substrat

Material Substrat	FR4	Taconic TLY-5-0600-C1/C1
Dielektri Konstan	4.9	2.2
Ketinggian Substrat	1.6 mm	1.52 mm
Tangen <i>Loss</i>	0.025	0.0009
Ketebalan Tembaga	0.035	0.035

Tabel 2.
Berbagai Efek Dimensi S11

Dimension (mm)	w-trans (mm)	l-trans (mm)	w-50 (mm)	l-50 (mm)	RL (dB)	VSWR	Fr (GHz)
28.52 x 37.16	0.5	17.6	2.82	11.14	-11.4	1.73	2.28
28.5 x 37	0.5	17.6	2.82	11.14	-11.6	1.72	2.28
28 x 37	0.48	17.5	2.7	11.05	-11.05	1.77	2.32
28.1 x 37	0.45	17.4	2.7	11.05	-10.49	1.85	2.32
28 x 36	0.5	17.6	3	11.3	-10.97	1.79	2.33

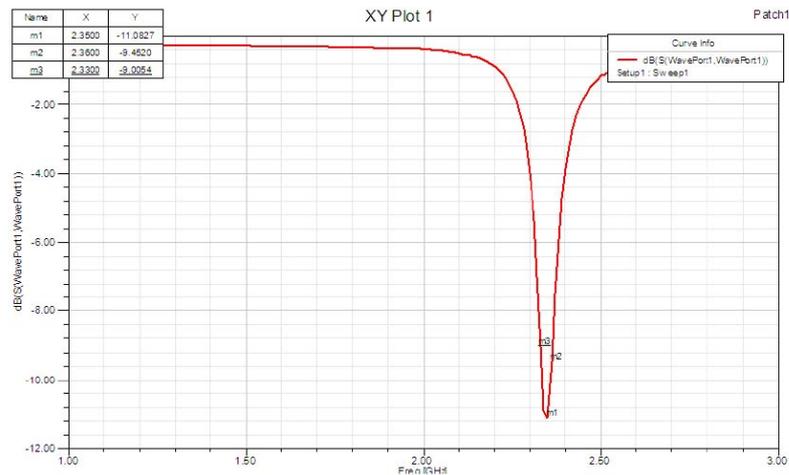
Tabel 2 lanjutan

27 x 35	0.52	17.62	3	11.1	-11.55	1.71	2.41
28.77 x 28.77	0.52	17.62	3	11.1	-16.28	1.4	2.29
28.77 x 29	0.5	17.6	3	11.3	-15.65	1.4	2.28
28.77 x 28.77	0.48	17.58	2.85	11.2	-15.95	1.38	2.28
28.5 x 35.5	0.5	17.6	3	11.3	-11.36	1.74	2.29
28 x 36.5	0.52	17.62	3	11.1	-11.25	1.75	2.32
28.52 x 36.5	0.5	17.6	3	11.1	-11.02	1.78	2.32
28 x 36	0.48	17.58	2.85	11.2	-11.05	1.78	2.33
28 x 36	0.5	17.6	2.84	11.2	-11.49	1.72	2.33
27.73 x 36	0.48	17.58	2.84	11.18	-11.08	1.77	2.35

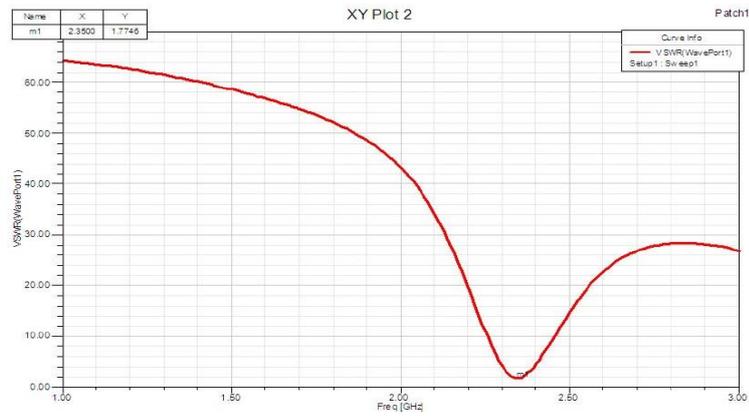
Tabel 3.

Dimensi yang dioptimalkan kontra Dimensi Asli

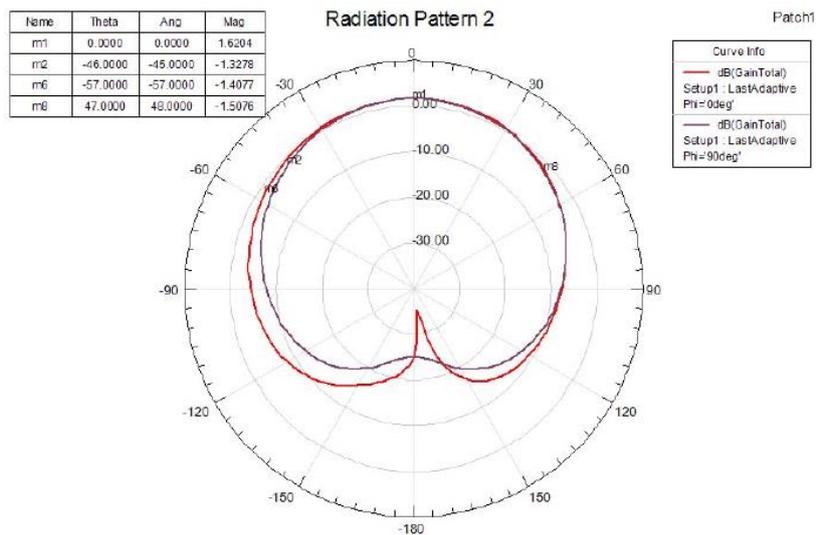
Patch	Ukuran Asli (mm)	Ukuran Dioptimalkan (mm)	Perbedaan (mm)
Lebar	37.16	36	1.16
Panjang	28.52	27.73	0.79



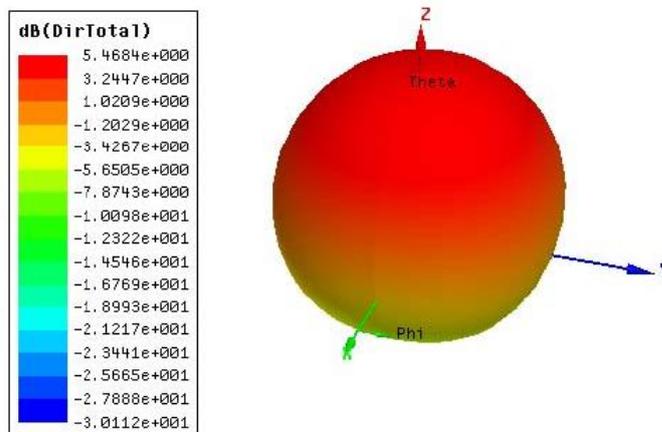
Gambar 5. Respons Simulasi S11 yang Dioptimasi



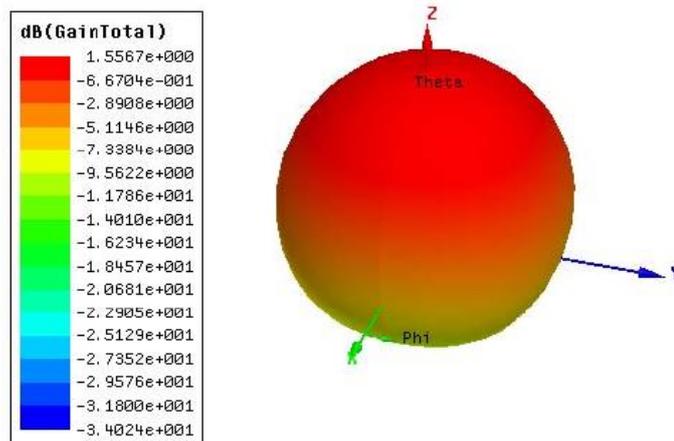
Gambar 6. VSWR Antena untuk Substrat FR4



Gambar 7. Pola Radiasi plane-E dan H untuk Substrat FR4.



Gambar 8. Direktivitas 3D Substrat FR4



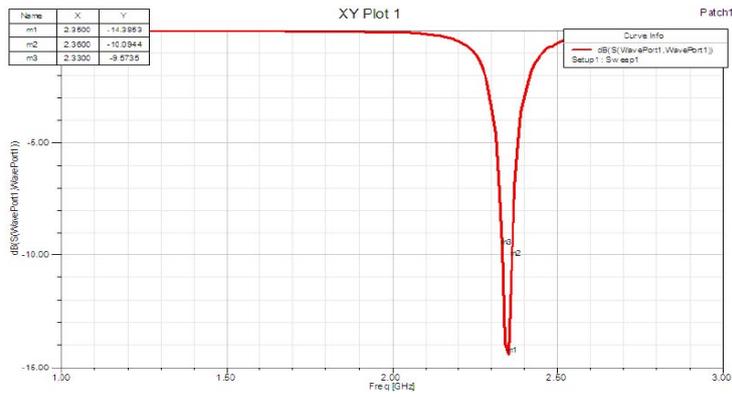
Gambar 9. Gain 3D Substrat FR4

**Tabel 4.
Variasi Efek Dimensi S11**

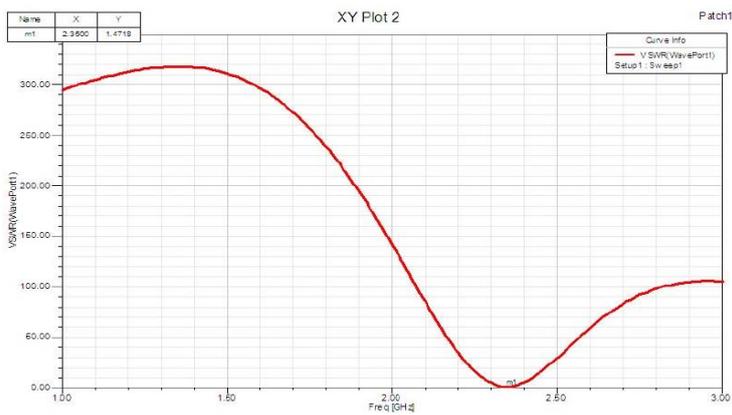
Dimensi (mm)	w-trans (mm)	l-trans (mm)	w-50 (mm)	l-50 (mm)	RL (dB)	VSWR	Fr (GHz)
50.46 x 42.3	1.79	24	4.68	15.55	-11.66	1.71	2.29
50.4 x 42.3	1.7	23.8	4.7	15.5	-12.5	1.62	2.29
50 x 42	1.5	23.5	4.6	15.2	-14.62	1.45	2.31
49 x 42	1.5	23.5	4.5	15	-13.8	1.5	2.31
49 x 42.2	1.5	23.5	4.6	15.2	-13.3	1.5	2.29
50 x 41	1.5	23.5	4.6	15.2	-15.46	1.4	2.36
50 x 41.5	1.5	23.5	4.6	15.2	-14.06	1.5	2.33
50 x 41.8	1.5	23.5	4.6	15.2	-14.65	1.49	2.32
49.8 x 41	1.5	23.5	4.6	15.2	-15.33	1.41	2.36
49.9 x 40.9	1.5	23.5	4.6	15.2	-14.8	1.45	2.37
50 x 41.3	1.5	23.5	4.6	15.2	-14.38	1.47	2.35

**Tabel 5.
Dimensi dioptimalkan kontra Dimensi Asli**

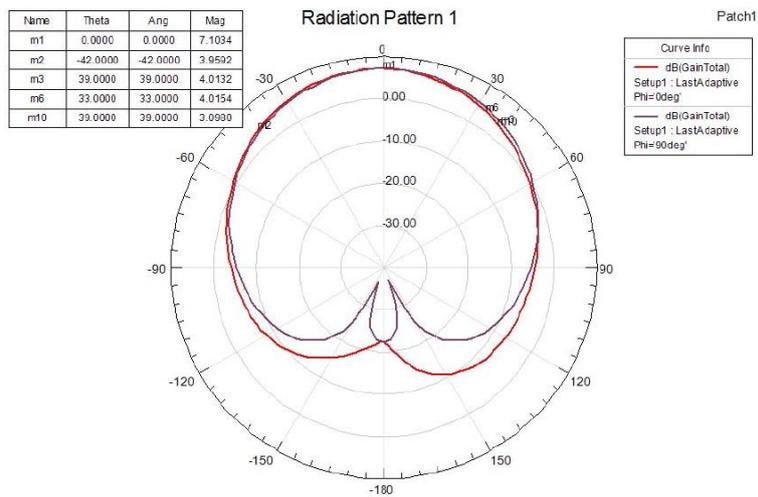
Patch	Ukuran Asli (mm)	Ukuran Dioptimalkan (mm)	Perbedaan (mm)
Lebar	50.46	50	0.46
Panjang	42.3	41.3	1.00



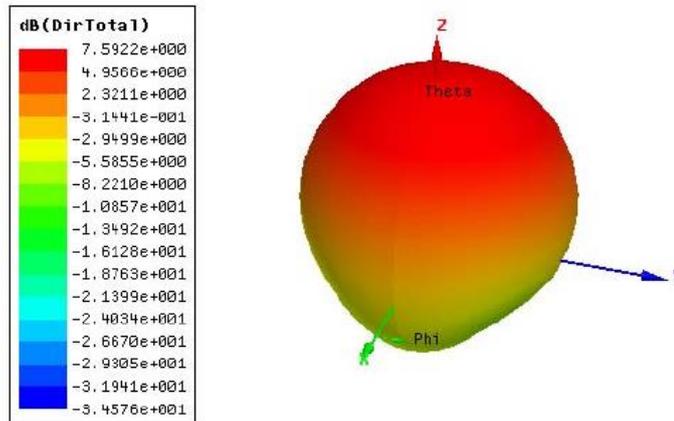
Gambar 10. Respon Simulasi Optimasi S11 untuk Substrat TLY



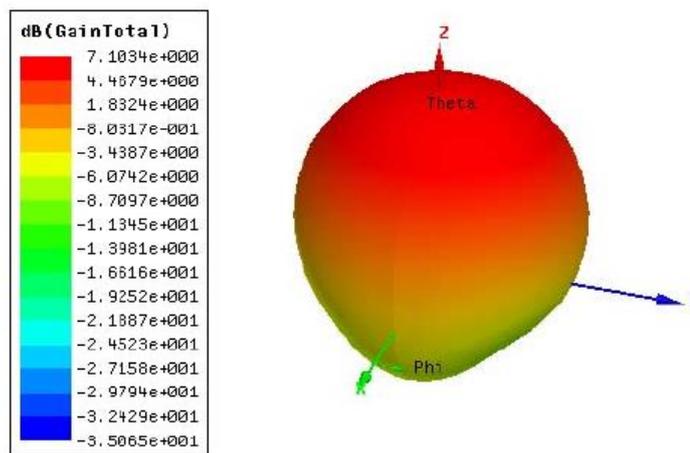
Gambar 11. Antena VSWR untuk Substrat TLY



Gambar 12. Pola Radiasi Plane-E dan H untuk Substrat TLY



Gambar 13. Direktivitas 3D untuk Substrat Taconic TLY



Gambar 14. Gain 3D untuk Substrat TLY

KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan antenna mikrostrip patch untuk frekuensi WiMaX telah selesai dilaksanakan. Dan juga, dalam fase simulasinya menggunakan dua tipe substrat yang berbeda. Berikut data yang didapatkan dari hasil simulasi yang telah dilakukan :

1. Antena mikrostrip patch menggunakan substrat FR4
 - a. Gain antenna 1.55 dBi dan direktivitasnya adalah 5.47 dBi.
 - b. Bandwidth yang dihasilkan 30 MHz pada frekuensi 2.3 GHz.
 - c. HPBW 93° untuk *E-plane* dan *H-plane* sebesar 104°.
2. Antena mikrostrip patch menggunakan substrat Taconic TLY-5-0600-C1/C1

- a. Gain antenna 7.10 dBi dan direktivitasnya adalah 7.59 dBi.
 - b. Bandwidth yang dihasilkan 30 MHz pada frekuensi 2.3 GHz.
 - c. HPBW 75° untuk *E-plane* dan *H-plane* sebesar 81°.
3. Substrat FR4 bukanlah material terbaik untuk digunakan ketika merancang sirkuit komunikasi radio. Karena FR4 memiliki loss tangent yang tinggi dan variabel dielektrik konstan yang tinggi walaupun FR4 harganya lebih terjangkau dibandingkan Taconic TLY-5-0600-C1/C1.

Kedepannya, masih diperlukan beberapa penyempurnaan model simulasi agar dapat memberikan gambaran yang lebih menyerupai dibandingkan dengan aslinya.

Diantaranya dengan menggunakan *array* untuk mendapatkan *gain* yang lebih tinggi. Selain itu metode feeding lain yang dapat digunakan yaitu *proximity coupled feed* untuk mendapat nilai bandwidth yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Wahab, N. A., Maslan, Z. B., & Hamzah, N. (2010). "Microstrip Rectangular 4x1 Patch Array Antenna at 2.5 GHz for WiMAX Application." *IEEE*.

Nakar, S. P. (2004). "Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Celullar Devices," Master's Thesis: The Florida State University.

Balanis, A. C. (1997). *Antenna Theory-Analysis and Design*(3rd ed): John Wiley&Sons, Inc.

Rao, R.K., & Radhamani. (2007). *WIMAX A Wireless Technology Revolution*: Auerbach Publications