

ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP FRAKTAL *SIERPINSKI GASKET* MIMO

Syarifah Muthia Putri
 Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Medan Area
syarifahmuthiaputri@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan telekomunikasi adalah hal yang sangat utama pada saat ini. Kebutuhan akan layanan telekomunikasi juga semakin meningkat dari waktu ke waktu. Perkembangan layanan telekomunikasi saat ini menuntut agar telekomunikasi memiliki kecepatan transmisi data yang tinggi. LTE adalah teknologi telekomunikasi dengan kecepatan transmisi data tinggi yang sedang dikembangkan saat ini. Salah satu perangkat yang dibutuhkan pada teknologi tersebut adalah antena. Antena yang dapat mendukung teknologi tersebut juga dikembangkan menjadi antena mikrostrip MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). Analisis dan optimasi *feedline* antena mikrostrip dilakukan pada simulator CST 2010 untuk menghasilkan antena dengan spesifikasi yang diinginkan. Hasil akhir yang diperoleh adalah dengan nilai $VSWR \leq 2$ *bandwidth* yang diperoleh pada hasil realisasi lebih lebar dibandingkan *bandwidth* yang diperoleh dari CST 2010, parameter $s \leq 20$ dB, pola radiasi adalah unidireksional, faktor korelasi mendekati nilai nol, diversity gain ≥ 9 , polarisasi adalah elips. Dari hasil yang diperoleh antena yang dirancang dan direalisasikan memiliki *bandwidth* ≤ 100 MHz sesuai lebar pita pada teknologi LTE, namun antena tersebut masih bisa digunakan untuk teknologi LTE.

Kata kunci : antena mikrostrip, fraktal, *sierpinski gasket*, MIMO dan LTE.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Telekomunikasi adalah hal yang sangat penting pada saat ini. Era teknologi informasi saat ini menuntut adanya komunikasi yang cepat, *realtime*, *mobile*, dimana saja dan kapan saja. Teknologi *mobile* adalah salah satu teknologi di bidang telekomunikasi yang berkembang pesat diantara pesatnya perkembangan teknologi internet. Kebutuhan teknologi telekomunikasi tersebut mendorong munculnya teknologi *mobile broadband* yang mempunyai kemampuan transfer rate besar dan mobilitas tinggi.

Kebutuhan manusia pada teknologi *mobile broadband* menjadi hal yang penting, maka sudah sepatutnya teknologi ini dikembangkan. Teknologi *mobile broadband* membutuhkan antena yang baik dengan *design compact*, berukuran kecil, *bandwidth* lebar dan dapat memenuhi frekuensi kerja dari sistem komunikasi *mobile broadband* tersebut.

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah antena mikrostrip MIMO 4x4 dengan patch berbentuk fraktal *sierpinski gasket* yang dirancang pada range frekuensi 2,6 GHz – 2,7 GHz.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Gelombang Elektromagnetika

Gelombang elektromagnetika adalah gelombang yang dapat merambat walau tidak ada medium.

2.2 Definisi Antena

Antena adalah elemen komunikasi yang dapat mengubah besaran listrik dari saluran transmisi menjadi suatu gelombang elektromagnetik (GEM) untuk diradiasikan ke udara bebas dan sebaliknya antena juga dapat menangkap GEM dari udara bebas untuk kemudian diubah menjadi besaran listrik kembali melalui saluran transmisi.

2.3 Parameter Antena

2.3.1 Pola Radiasi

Pola radiasi (*radiation pattern*) suatu antena adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antena pada medan jauh sebagai fungsi arah. Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (*field pattern*) apabila yang digambarkan adalah kuat medan dan disebut pola daya (*power pattern*) apabila yang digambarkan *poyniting vektor*.

2.3.2 Polarisasi Antena

Polarisasi antena didefinisikan sebagai arah vektor medan listrik yang diradiasikan

oleh antena pada arah propagasi. Jika jalur dari vektor medan listrik maju dan kembali pada suatu garis lurus dikatakan berpolarisasi *linier*. sebagai contoh medan listrik dari dipole ideal. Polarisasi dikelompokkan menjadi polarisasi eliptik, sirkular dan linier.

2.3.3 Bandwidth

Bandwidth dari antena adalah kemampuan antena tersebut beroperasi dan bekerja dalam lingkup frekuensi kerja dan selalu match antara transmitter dan antena memancar secara benar (Match).

2.3.4 Direktivitas

Direktivitas adalah nilai gain direktif di arah nilai maksimumnya (MAG=Maximum Available Gain). Direktivitas antena (D) dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi (daya tiap unit sudut ruang) pada arah tertentu $U(\theta, \phi)$ terhadap intensitas radiasi rata-rata U_0 (dari seluruh permukaan).

2.3.5 Gain Antena

Gain antena adalah perbandingan intensitas radiasi maksimum suatu antena terhadap intensitas radiasi antena pembanding/referensi dengan daya maksimum yang sama dengan faktor efisiensi antena. Gain antena sebagai parameter yang penting dalam suatu perancangan antena.

2.3.6 Impedansi Antena

Impedansi input didefinisikan sebagai nilai impedansi antena di titik terminal inputnya atau perbandingan dari tegangan terhadap arus di titik terminal inputnya. Jika antena tidak matching dengan saluran transmisi yang mencatunya, sebuah gelombang berdiri akan terbentuk sepanjang saluran transmisi tersebut.

2.3.7 VSWR

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibat adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak *matching* nya impedansi input antena dengan saluran *feeder*.

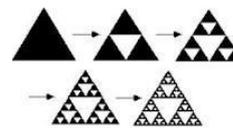
2.4 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel di atas

ground plane yang diantaranya terdapat bahan dielektrik dan dapat bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi.

2.4.1 Antena Fraktal *Sierpinski Gasket*

Antena fraktal *sierpinski gasket* merupakan salah satu jenis antena berbentuk segitiga yang memanfaatkan sifat dan karakteristik geometri fraktal yaitu *self similarity* (kemiripan terhadap dirinya), pengulangan dan penskalaan. Penentuan dimensi pada geometri ini dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain menggunakan dimensi topologi, dimensi *Euclidean*, *self similarity dimension*, dan *Hausdorff dimension*. Geometri fraktal *Sierpinski Gasket* dapat digambarkan seperti di bawah ini :



Gambar 1. Geometri Fraktal Sierpinski Gasket

2.5 Teknik Pencatuan *Microstrip Line*

Teknik pencatuan *microstrip line* memiliki keuntungan yaitu lebih mudah dalam proses pabrikasi karena *feed line* dan elemen peradiasi dicetak pada substrat yang sama. Penyepadanan impedansi pada teknik ini juga lebih sederhana jika dibandingkan dengan teknik pencatuan yang lain. *Patch* antena dicatu pada bagian tepinya sehingga yang harus diperhatikan adalah impedansi pada tepi *patch* harus match dengan impedansi dari saluran agar terjadi transfer daya maksimum. Metode *matching impedansi* yang digunakan biasanya menggunakan transformator $\lambda/4$.

2.5.1 Impedansi Karakteristik

Impedansi karakteristik dari saluran mikrostrip ditentukan oleh besar kecilnya perbandingan antara lebar penampang, dengan tinggi substrat dielektrik (w/h). Untuk region impedansi tinggi $w/h < 1$.

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left(\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right) \Omega \quad (2.1)$$

dimana :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1.0}{2} + \frac{\epsilon_r - 1.0}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} + 0.04 \left(1 - \frac{w}{h}\right)^2 \right] \quad (2.2)$$

Sedangkan untuk region impedansi $w/h \geq 1$

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \left\{ \frac{1}{\left[\frac{w}{h} + 1.393 + 0.667 \ln(1.444 + \frac{w}{h}) \right]} \right\} \Omega \quad (2.3)$$

dimana :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1.0}{2} + \frac{\epsilon_r - 1.0}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right] \quad (2.4)$$

2.7 Jenis-Jenis Pemasangan Konektor

Untuk menghubungkan antara antenna dengan saluran transmisi yang berupa probe coaxial maka diperlukan konektor. Pada Tugas Akhir ini konektor yang dipakai adalah konektor SMA dengan impedansi 50Ω karena konektor ini cukup ringan dan dimensinya kecil. Untuk pemasangan konektor ada dua cara, yaitu :

1. Model *Through Hole*

Pemasangan konektor pada model *through hole* melalui lubang yang dibuat pada dielektrik *patch* dengan *ground plane*.

2. Model *England*

Pemasangan konektor pada model *England* yaitu konektor dibuat sejajar dengan *patch* antenna.

2.8 MIMO

MIMO (Multiple Input Multiple Output) merupakan perkembangan lebih lanjut dari teknologi antenna array. Sesuai dengan kepanjangannya MIMO menggunakan lebih dari satu antenna pengirim (Tx) dan antenna penerima (Rx) untuk meningkatkan kemampuan komunikasi. MIMO digunakan dalam teknologi komunikasi wireless karena mempunyai kemampuan signifikan dalam meningkatkan data throughput tanpa adanya tambahan bandwidth maupun transmit power (daya pemancar).

3. ANALISIS PEMODELAN DAN SIMULASI

3.1 Pendahuluan

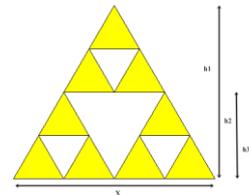
Dalam perancangan dan realisasi antenna mikrostrip fraktal *sierpinski gasket* MIMO akan melewati 3 tahap utama. Tahap pertama adalah penentuan spesifikasi antenna yang diinginkan. Tahap kedua adalah perancangan antenna melalui software CST 2010. Perancangan melalui simulasi software CST ini dimaksudkan untuk melihat bagaimana karakteristik atau kinerja antenna sesuai dengan spesifikasi ukuran, jenis bahan, dan letak pencatutan. Sedangkan tahap ketiga adalah perancangan fisik antenna mikrostrip fraktal *sierpinski gasket* MIMO sesuai dengan hasil simulasi.

3.2. Dimensi *Patch*

Dimensi *Patch* antenna fraktal *sierpinski gasket* dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$f_r = 0.152 \frac{c}{h} \cos(\alpha/2) (\delta)^n$$

(3.1)



Gambar 2. Dimensi *Patch* Antena *Sierpinski Gasket*

Keterangan :

$x = 68,83018868 \text{ mm}$

$h1 = 59,60869194 \text{ mm}$

$h2 = 29,80435 \text{ mm}$

$h3 = 14,90217 \text{ mm}$

3.3. Dimensi Saluran Mikrostrip

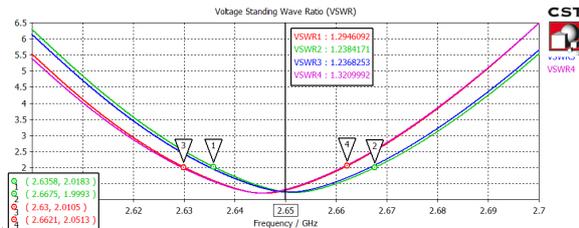
Saluran mikrostrip merupakan saluran transmisi yang berfungsi sebagai penyepadanan impedansi yang menghubungkan antara elemen antenna dengan catuan konektor 50Ω . Pada tugas akhir ini, digunakan metode penyepadanan transformator $\lambda/4$ dua tingkat pada saluran transmisi mikrostrip yang menghubungkan antenna fraktal *sierpinski gasket* dengan konektor SMA.

Impedansi karakteristik dari saluran transmisi mikrostrip adalah fungsi dari lebar saluran transmisi (w), tebal saluran (h) dan konstanta dielektrik (ϵ_r) bahan substrat. Pada

tugas kali ini dilakukan optimasi saluran mikrostrip, sehingga diperoleh ukuran saluran mikrostrip yang menghasilkan parameter-parameter maksimal yaitu $L_1=18,4924$ mm, $w_1 = 5,53707$ mm dan $L_2 = 18$ mm, $w_2 = 5,5269$ mm.

3.4 Simulasi Antena

3.4.1 VSWR dan Bandwidth



Gambar 3. VSWR dan Bandwidth

3.5 Pemodelan Prototype



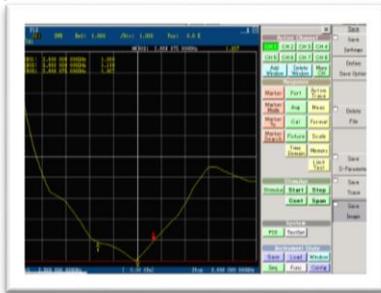
Gambar 4 Gambar Prototype Antena MIMO

Sierpinski Gasket

4. PENGUKURAN DAN ANALISIS

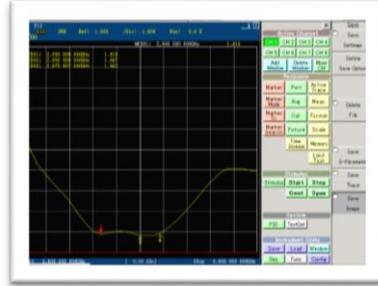
4.1 Pengukuran VSWR, Bandwidth, Impedansi Antena dan Parameter S

1. VSWR dan Bandwidth Antena 1



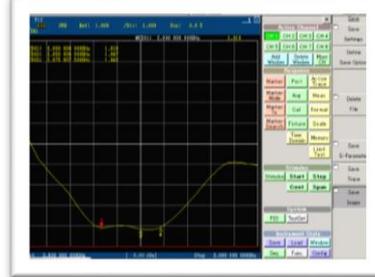
Gambar 5. Hasil Pengukuran dan Bandwidth Antena 1

2. VSWR dan Bandwidth Antena 2



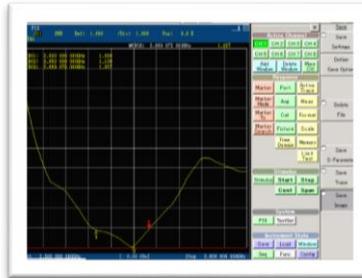
Gambar 6. Hasil Pengukuran dan Bandwidth Antena 2

3. VSWR dan Bandwidth Antena 3



Gambar 7. Hasil Pengukuran dan Bandwidth Antena 3

4. VSWR dan Bandwidth Antena 4



Gambar 8. Hasil Pengukuran dan Bandwidth Antena 1

Tabel 1. Hasil Pengukuran VSWR dan Bandwidth

Antena	Pengukuran	
	VSWR	Bandwidth (MHz)
1	≤ 2	74,32
2	≤ 2	69,675
3	≤ 2	74,32
4	≤ 2	69,675

Dari perbandingan di atas, dapat diketahui bahwa secara keseluruhan VSWR hasil pengukuran mempunyai bandwidth yang lebih lebar dibandingkan dengan hasil

simulasi. Hal ini disebabkan karena ketidakteelitian pembuatan antenna. Pembuatan antenna ini dilakukan secara *fotocching*, dimana tingkat sensitifitas dimensi minimum yang dapat *dietching* adalah 0,2 mm sehingga menyebabkan dimensi antenna yang tidak presisi dengan ukuran simulasi.

Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa walupun antenna belum memenuhi spesifikasi awal, namun antenna ini masih dapat digunakan untuk aplikasi LTE, khususnya pada rentang frekuensi 2598 MHz – 2672,675 MHz.

4.2 Pengukuran Impedansi

Tabel 2. Hasil Pengukuran Impedansi

Antena ke-	Pengukuran
	Impedansi (Ω)
1	$65,549 + j14,504$
2	$44,682 + j10,469$
3	$30,048 - j11,762$
4	$41,556 + j14,332$

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil simulasi dengan pengukuran terdapat perbedaan. Baik simulasi maupun pengukuran antenna secara langsung disambungkan dengan saluran transmisi 50 Ω , dan hasil impedansi juga tidak terlalu jauh dengan 50 Ω sehingga antenna dapat dihubungkan dengan saluran transmisi 50 Ω .

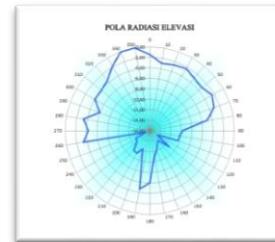
Pengukuran Parameter S

Tabel 3 Hasil Pengukuran Parameter S

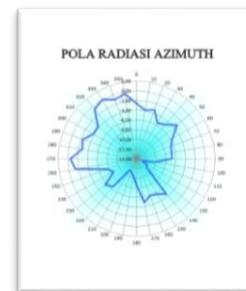
Parameter S	Pengukuran (2650 MHz)
S21	-42,483 dB
S31	-49,672 dB
S41	-45,753 dB

S12	-42,483 dB
S32	-43,160 dB
S42	-60,474 dB
S13	-49,672 dB
S33	-10,610 dB
S43	-42,232 dB

4.4 Pengukuran Pola Radiasi



Gambar 9. Pola Radiasi Elevasi



Gambar 10. Poal Radiasi Azimuth

Dari hasil simulasi dan pengukuran antenna ini memiliki pola radiasi unidireksional yaitu pola radiasi terkuatnya pada *mainlobe* hanya pada satu arah saja. Selain *mainlobe*, juga terdapat *backlobe*, dan *sidelobe* yang tidak terlalu dominan. Pola radiasi yang berupa unidireksional dapat terjadi karena groundplane pada mikrostrip bertindak sebagai reflektor yang membuat arah pola radiasi terpantulkan ke satu arah.

Dapat dilihat pada gambar 4.6 bahwa hasil pola radiasi antara simulasi dengan pengukuran tidak jauh berbeda, walaupun demikian masih bisa ditoleransi. Beberapa perbedaan penyimpangan hasil simulasi dengan hasil pengukuran disebabkan oleh :

1. Pada pengukuran terjadi pantulan dari obyek di sekitar lokasi pengukuran. Sedangkan pada simulasi, vektor medan yang datang hanya datang dari

- gelombang yang diinginkan saja dan diasumsikan pembentukan pola pancarnya berada di suatu ruangan ideal tanpa adanya pantulan dari sumber lain.
- Perangkat untuk pengukuran yang masih manual. Seperti pengarahannya derajat yang masih manual, sehingga pengarahannya terdapat kemungkinan kesalahan sudut karena pengarahannya masih kurang presisi.
- Ketebalan bahan yang tidak sama akibat dari pabrikasi, sedangkan pada simulasi ketebalan bahannya sama.

4.3 Pengukuran Gain

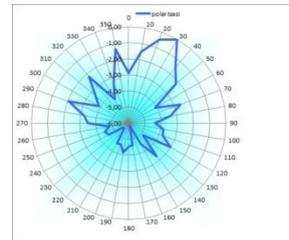
Tabel 4. Hasil Pengukuran Gain

	Daya Terima Max AUT (dBm)	Daya Terima Max Antena Referensi (dBm)
1	-65,02	-58,30
2	-64,72	-59,65
3	-65,62	-58,15
4	-65,28	-58,47
5	-66,98	-59,20
6	-64,83	-57,95
7	-65,28	-58,16
8	-64,20	-59,05
9	-64,98	-59,14
10	-65,30	-58,05
Rata-rata	-65,169	-58,576
Gain (dBi)	5,407	

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa *gain* antenna hasil pengukuran lebih kecil dari pada *gain* antenna hasil simulasi, hal ini disebabkan oleh beberapa hal, yaitu :

- Pada proses pengukurannya menggunakan horn sebagai antenna referensi dengan mengasumsikan bahwa pembandingan *gain* antenna terhadap isotropis adalah 12 dBi.
- Kesalahan pembacaan level daya yang sangat mungkin terjadi akibat fluktuasi daya terima yang terukur pada *spectrum analyzer*.

4.5 Pengukuran Polarisasi



Gambar 11. Hasil Ukur Polarisasi

Dari hasil pengukuran didapatkan data sebagai berikut :

Daya terima maksimum (sumbu mayor) = -60,58 dBm = $8,74984 \times 10^{-7}$ miliwatt

Daya terima minimum (sumbu minor) = -66,41 dBm = $2,28559 \times 10^{-7}$ miliwatt

Rasio kuat medan elektrik (numerik)

$$\frac{\text{mayor}}{\text{minor}} = \sqrt{\frac{P_{\text{watt mayor}} \times 377}{A_e}} = \sqrt{\frac{8,74984 \times 10^{-7} \times 377}{2,28559 \times 10^{-7} \times 377}} = 3,828$$

Karena rasio kuat medan elektrik (numerik) adalah sebesar 3,828 yaitu $1 < \text{rasio kuat medan elektrik} < \infty$, maka AUT berpolarisasi elips.

5. Kesimpulan.

Kesimpulan

- Perancangan antenna dengan spesifikasi dan karakteristik yang diinginkan dapat dilakukan dengan software CST dan dengan melakukan optimasi pada parameter-parameter antenna.
- VSWR dengan nilai ≤ 2 merupakan nilai batas atas untuk memperoleh antenna dengan spesifikasi baik.

3. Bentuk pola radiasi yang dihasilkan adalah unidireksional dengan terdapat sidelobe dan backlobe. Terjadi sedikit perbedaan antara hasil simulasi dengan pengukuran yang disebabkan oleh kondisi pengukuran yang kurang sempurna akibat adanya pantulan sinyal.
4. Antena MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) dapat meningkatkan kehandalan dari performansi telekomunikasi.
5. Bandwidth yang dihasilkan masih kurang dari 100 MHz sesuai dengan *range* frekuensi LTE. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :
 - karakteristik antena mikrostrip yang memiliki kekurangan bandwidth sempit.
 - Pematchingan yang belum optimum.
 - Teknik pematchingan yang belum tepat.
 - Ketebalan substrat yang masih kurang.
6. Antena mikrostrip fraktal *sierpinski gasket* MIMO yang dirancang memiliki bandwidth ≤ 100 MHz, namun masih dapat digunakan untuk aplikasi LTE yang bekerja pada range frekuensi 2600 MHz-2700 MHz.
7. Ketepatan dan ketelitian fabrikasi antena sangat mempengaruhi karakteristik antena yang dihasilkan.
8. Antena yang dirancang dengan jarak antar patch sebesar $\frac{3}{4} \lambda$ pada antena ini menghasilkan korelasi yang kecil.
9. Parameter S antar antena yang dirancang dengan jarak antar patch sebesar $\frac{3}{4} \lambda$ menghasilkan ≤ 20 dB.

Daftar Pustaka

- [1] 3GPP Long Term Evolution, http://en.wikipedia.org/wiki/Correlation#Pearson.27s_product-moment_coefficient, diakses terakhir tanggal 20 November 2011
- [2] Adhiputra, Edwin. (2011). *Membedah Teknologi MIMO Bersama Onno W. Purbo*. [Online]. Tersedia : <http://www.yangcanggih.com/2011/01/21/membedah-teknologi-mimo-bersama-onno-w-purbo>. [15 November 2011]
- [3] Akses Paket Kecepatan Tinggi, http://id.wikipedia.org/wiki/Akses_Paket_Kecepatan_Tinggi, diakses terakhir tanggal 20 November 2011
- [4] Balanis, Constantine A. (1938). *Antenna Theory. Analysis And Design*. New York : Harper & Row.
- [5] Dwiantara, I Made Sandika. (2009). *Perancangan dan Implementasi Antena Array Mikrostrip Bentuk Fraktal Sierpinski Gasket*. Institut Teknologi Telkom. Bandung.
- [6] Iskander, Magdy F, 1992, *Electromagnetic Field and Waves*, University of Utah, US.
- [7] Ja'afar, Abd Shukur.,2005, *Sierpinski Gasket Patch and Monopole Fractal Antenna*, Universitas Teknologi Malaysia.
- [8] Kraus, Jhon D and Marhefka, Ronald J, 2003, *Antennas for All Application*, New York.
- [9] MIMO, <http://en.wikipedia.org/wiki/MIMO>, diakses terakhir tanggal 26 November 2011.
- [10] Pola Radiasi, <http://www.scribd.com/doc/51208522/3/Pola-Radiasi>, diakses terakhir tanggal 20 November 2011.
- [11] Rumney, Moray dan Janine Whitacre. (2008). *Analyze Antenna Approaches for LTE Wireless Systems*. [Online]. Tersedia : <http://mwrf.com/Articles/Index.cfm?Ad=1&Ad=1&ArticleID=19534>. [15 November 2011].