

## PERANCANGAN HIGH EFFICIENCY DUAL-LAYER MICROSTRIP COUPLER UNTUK APLIKASI LTE PADA FREKUENSI 2,3 GHZ

Toto Supriyanto<sup>1</sup>, Indra Z<sup>2</sup>, Teguh Firmansyah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Elektro. Politeknik Negeri Jakarta (PNJ)

<sup>3</sup> Teknik Elektro. Universitas Tirtayasa

e-mail : <sup>1</sup>totosupr@yahoo.com

### ABSTRACT

*Design High Efficiency Dual Layer microstrip Coupler for Application in Frequency LTE 2.3 GHz. In the study will be designed dual - layer coupler for LTE applications . As the state of the art , design dual - layer coupler to increase the catchment area of radiation so coupling factor and its directivity will increase. Other effects is low radiation loss so the signal power loss can be reduced .It will automatically increase the efficiency of the device . In more detail , this study discusses the design of a dual - layer microstrip coupler with high efficiency for LTE applications at frequency 2.3 GHz . In this study successfully demonstrated a dual - layer simulation results coupler for LTE applications using the Advanced Design System . The results obtained operating frequency of the design microstrip dual-layer coupler is 2.300 GHz , the output ports on port 2 is - 2.754 dB and at port 3 is - 3.298 dB , the second phase difference output of 90.038 ° , the magnitude of the return loss is -30.689 dB , the isolation is -31.185 dB , with VSWR 1.060 , and bandwidth 200 MHz .*

**Keywords :** LTE, Transmitter, Receiver, Coupler, Coupling Area, Dual-Layer.

### ABSTRAK

*Pada penelitian ini dipergunakan metode dual-layer coupler untuk aplikasi LTE. Sebagai state of the art, perancangan dual-layer coupler bertujuan untuk meningkatkan area tangkapan radiasi sehingga diharapkan coupling faktor dan directivity nya menjadi meningkat. Efek lainnya yaitu loss radiasi nya rendah sehingga nilai loss power sinyalnya dapat ditekan. Apabila nilai loss power sinyalnya rendah, maka secara otomatis akan meningkatkan nilai efisiensi perangkat. Secara lebih rinci, inti penelitian ini membahas perancangan dual-layer microstrip coupler yang memiliki efisiensi yang tinggi untuk aplikasi LTE pada frekuensi 2,3 GHz. Pada penelitian ini berhasil ditunjukkan hasil simulasi dual-layer coupler untuk aplikasi LTE dengan menggunakan Advanced Design System. Hasil perancangan didapat frekuensi kerja dari microstrip dual layer coupler adalah 2,300 GHz, output port pada port 2 adalah - 2,754 dB dan pada port 3 adalah - 3,298 dB, beda fasa kedua output sebesar 90,038°, besarnya return loss adalah -30,689 dB, isolasi sebesar -31,185 dB, VSWR sebesar 1,060, dan bandwidth sebesar 200 MHz.*

**Kata kunci :** LTE, Transmitter, Receiver, Coupler, Coupling Area, Dual-Layer.

### PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya kebutuhan jaringan telekomunikasi nirkabel menjadi alasan dikembangkannya teknologi Long Term Evolution (LTE) yang memiliki bit rate tinggi dengan jangkauan yang luas.

LTE merupakan sebuah standar komunikasi broadband nirkabel yang didasarkan pada badan standarisasi International Telecommunication Union (ITU-T). Di masyarakat umum, teknologi LTE dikenal dengan istilah 4G (generasi keempat) yaitu kelanjutan dari teknologi

3G (generasi ketiga/ WCDMA) dan 2G (generasi kedua/GSM).

Sistem antena yang digunakan pada sistem LTE harus mampu untuk memisahkan antara sinyal *transmit* dengan sinyal *receive* (Chee Yen : 2012). Salah satu perangkat yang digunakan sebagai pemisah antara *transmitter* dan *receiver* adalah *circulator* seperti yang diusulkan (Young : 2006). *Circulator* digunakan untuk mengisolasi sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima. Penggunaan perangkat *circulator* memiliki kelemahan diantaranya hanya fokus kepada isolasi antara sinyal *transmitter* dan *receiver*, sehingga nilai *loss* sinyal dan efisiensi sulit di perhitungkan.

Sementara itu, (Scholtz : 2009) mengusulkan penggunaan antena yang memiliki perbedaan polarisasi sebesar  $90^\circ$  antara sinyal *transmitter* dan *receiver* dan untuk memisahkan sinyalnya dipergunakan *coupler*. *Coupler* adalah sebuah perangkat multi-terminal yang terdiri atas satu buah terminal sebagai *input* dan dua terminal sebagai *output*. Dasar dari *coupler* yaitu membagi input power menjadi dua output sama besar dengan beda fasa antar kedua outputnya sebesar  $90^\circ$ . Perbedaan fasa ini dapat digunakan sebagai pemisah antara *transmitter* dan *receiver*. Parameter *coupler* yang lengkap seperti *coupling factor*, *directivity*, *isolasi*, dan *loss* menjadikan perangkat ini lebih mudah didesain dan dievaluasi (Maheswari : 2008). Akan tetapi, rendahnya efisiensi *coupler* akan menjadi sorotan utama pada penelitian ini.

Pada perangkat *coupler* terdapat bagian yang disebut *coupling area*. Bagian ini berguna untuk pembagi power sinyal. *Coupling area* ini biasanya di desain hanya menggunakan layer tunggal seperti yang diusulkan (Maheswari : 2008). Akibatnya nilai *coupling faktor* dan *directivity* rendah karena *loss radiasi* nya tinggi disebabkan jarak yang saling berjauhan antara terminal *input* dan

*output*. Apabila *loss radiasi* nya tinggi maka akibatnya nilai *loss power* sinyalnya besar, sehingga perangkat tersebut tidak efisien. Hasil penelitian rendahnya efisiensi *coupler single layer* terlihat pada (Yukitake : 2005).

Pada penelitian ini diusulkan perancangan dual-layer coupler untuk aplikasi LTE. Perancangan dual-layer coupler bertujuan untuk meningkatkan area tangkapan radiasi sehingga diharapkan *coupling faktor* dan *directivity* nya menjadi meningkat. Efek lainnya yaitu *loss radiasi* nya rendah sehingga nilai *loss power* sinyalnya dapat ditekan. Apabila nilai *loss power* sinyalnya rendah, maka secara otomatis akan meningkatkan nilai efisiensi perangkat. Tahapan penelitian meliputi perancangan, simulasi, pabrikasi, dan dilakukan pengukuran sebagai evaluasi.

## METODE PENELITIAN

Inti penelitian ini membahas perancangan *dual-layer microstrip coupler* yang memiliki efisiensi yang tinggi untuk aplikasi LTE pada frekuensi 2,3 GHz. Perancangan perangkat yang memiliki efisiensi tinggi menjadi salah satu langkah menuju teraplikasinya produk bersih dengan limbah yang sedikit. Terdapat beberapa tahapan untuk perancangan *microstrip coupler* ini, yaitu :

- a. Menentukan spesifikasi kerja dari *coupler*,
- b. Menentukan spesifikasi substrat yang akan digunakan,
- a. Mendesain geometri dari *coupler* yang dirancang dan menghitung parameter fisik dari *microstrip*. (*State of the art : Mendesain coupler menjadi dual-layer untuk meningkatkan tangkapan radiasi sehingga meningkatkan efisiensi*)
- b. Hasil rancangan tersebut kemudian disimulasikan dengan menggunakan *software Advanced Design System*.
- c. Kemudian dilanjutkan pabrikasi dan pengukuran sebagai evaluasi.

### Spesifikasi Kerja Coupler

Parameter kinerja coupler yang dirancang secara lengkap meliputi :

1. Frekuensi kerja :  
2300MHz – 2360 MHz. Bandwidth 100 MHz, merupakan frekuensi kerja LTE di Indonesia
2. Nilai coupling dan beda fasa:  
Untuk mendapatkan besaran kedua *output* yang sama besar, maka besar nilai coupling untuk kedua *output port* adalah - 3 dB. Karena yang dirancang adalah *branch line coupler*, maka beda fasa antara kedua *output port* adalah  $90^\circ$ .
3. Return loss dan VSWR :  
Return Loss : < - 10 dB  
VSWR : 1,1

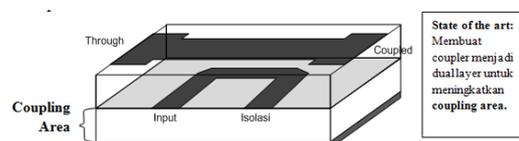
### Spesifikasi Substrat

Dalam merancang suatu *microstrip*, perlu ditentukan jenis substrat yang digunakan untuk dilakukan perhitungan besaran parameter fisik dari *microstrip* yang dirancang. Pada penelitian ini di gunakan substrat FR4 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 4,3 dengan ketebalan 1,6 mm.

Tahapan penelitian meliputi perancangan, simulasi, dan pabrikasi

### Desain Dual Layer Microstrip Coupler

Desain geometri dari *coupler* yang akan dirancang pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Coupler dual layer

Selanjutnya rancangan *microstrip coupler* ini akan disimulasikan dengan bantuan *software Advanced Design System*. Sementara itu parameter kinerja coupler yang dirancang secara lebih lengkap meliputi :

- a. Frekuensi kerja : 2300 MHz
- b. Return Loss : < - 10 dB
- c. VSWR : 1,1
- d. Beda Fasa :  $90^\circ$

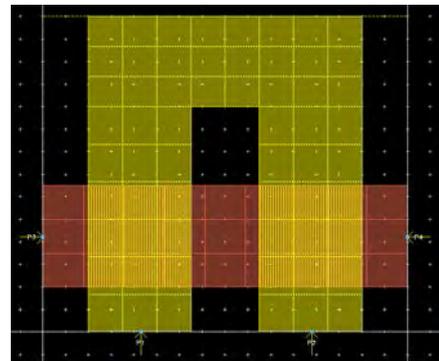
Perancangan perangkat yang memiliki efisiensi yang tinggi menjadi salah satu langkah menuju terapkannya produk bersih dengan limbah yang sedikit.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

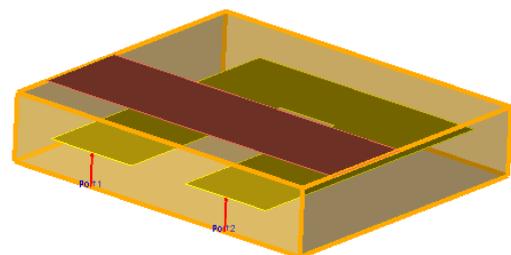
Selanjutnya rancangan *microstrip coupler* ini akan disimulasikan dengan bantuan *software Advanced Design System*. Sementara itu parameter kinerja coupler yang dirancang secara lebih lengkap meliputi :

- a. Frekuensi kerja : 2300 MHz.
- b. Return Loss : < - 10 dB
- c. VSWR : 1,1
- d. Beda Fasa :  $90^\circ$

Pada Gambar 2 terlihat desain simulasi dual layer berbentuk dua dimensi untuk coupler. Sementara pada Gambar 3 terlihat bentuk geometri dual-layer mikrostrip yang terlihat secara tiga dimensi.



Gambar 2. Konfigurasi *dual-layer coupler* terlihat dua dimensi



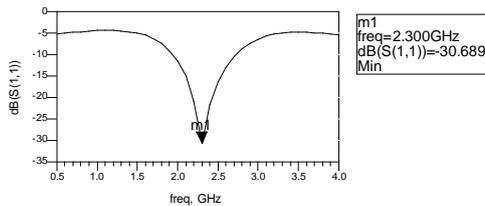
Gambar 3. Konfigurasi *dual-layer coupler* terlihat tiga dimensi

Pada simulasi ini ada beberapa parameter yang dilihat untuk mengetahui apakah microstrip coupler yang dibuat sudah sesuai dengan yang diinginkan apa belum. Parameter-parameter tersebut adalah:

### Frekuensi kerja

Frekuensi kerja menunjukkan *microstrip dual layer coupler* bekerja pada frekuensi berapa. Parameter yang digunakan untuk melihat frekuensi kerja dari *microstrip dual layer coupler* adalah  $S_{11}$  (*Return loss*). Dari hasil plot grafik, titik terendah dan tercuram dari plot  $S_{11}$  menunjukkan frekuensi kerja dari *coupler*.

Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi *return loss* dari *microstrip dual layer coupler*. Dari hasil simulasi didapat frekuensi kerja adalah 2,300 GHz. Hasil simulasi sudah memenuhi target yang diinginkan.



Gambar 4. Hasil simulasi *return loss*

### Output Port

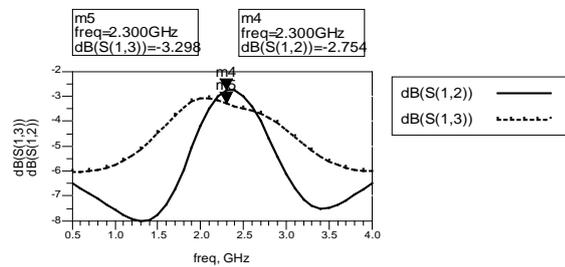
#### Kedua Output bernilai – 3 dB

*Output port* dari *dual layer coupler* ditunjukkan oleh parameter  $S_{12}$  dan  $S_{13}$ . Karena yang dirancang adalah *dual layer coupler*, besarnya nilai yang diinginkan untuk kedua *output* ini adalah sama besar yaitu – 3dB, dimana – 3dB ini menunjukkan kedua *ouput* bernilai setengah dari *power input*. Besarnya *output* dilihat dari frekuensi kerja *microstrip dual layer coupler* yaitu pada 2,300 GHz. Dari hasil simulasi output port yang ditunjukkan oleh Gambar 4. dapat dilihat bahwa besarnya *output* pada port 2 ( $S_{12}$ ) adalah -2,754 dB dan *output* pada port 3 ( $S_{13}$ ) adalah -3.298 dB. Sedangkan secara teori pada *dual layer coupler* besarnya kedua *outputnya* bernilai sama besar yaitu – 3dB.

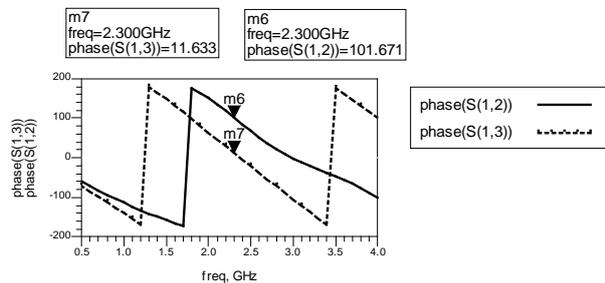
#### Kedua Output berbeda fasa 90°

Pada *dual layer coupler*, perbedaan fasa antara kedua *output* adalah sebesar +90° atau -90°. Hasil simulasi untuk perbedaan fasa antara kedua *output port* pada frekuensi 2,300 GHz ditunjukkan pada Gambar 5.

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan oleh Gambar 6 dapat dilihat bahwa perbedaan fasa antara kedua *output* adalah (101,671° – 11,633° = 90,038°). Hasil ini sudah sangat mendekati dengan hasil yang ingin dicapai yaitu ±90°.



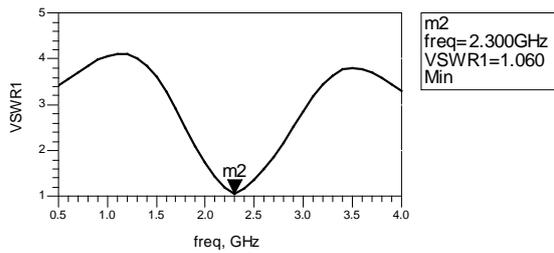
Gambar 5. Hasil simulasi *output port*



Gambar 6. Hasil simulasi fasa *output*

### VSWR

Ketika merancang suatu rangkaian yang bekerja pada frekuensi tinggi, maka perlu diperhatikan suatu parameter yang dinamakan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) yang berhubungan dengan kualitas dari sinyal yang diperoleh oleh beban. Pada frekuensi tinggi, jika rangkaian tersebut tidak memiliki nilai VSWR yang bagus atau idealnya adalah bernilai 1, maka akan terjadi gelombang pantul yang seharusnya gelombang tersebut diterima oleh beban. Secara teori, seharusnya nilai dari VSWR yang dihasilkan bernilai ideal antara 1 – 2.



Gambar 7. Hasil simulasi VSWR

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa hasil VSWR adalah 1,060 pada frekuensi 2,300 GHz. Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu nilai standar VSWR yang diijinkan untuk fabrikasi adalah  $VSWR \leq 2$ , sehingga hasil simulasi VSWR untuk *microstrip dual layer coupler* yang dirancang sudah bagus.

#### Return loss (S<sub>11</sub>) dan Isolasi (S<sub>14</sub>)

*Return loss* adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan ( $V_0^-$ ) dibanding dengan gelombang yang dikirim ( $V_0^+$ ).

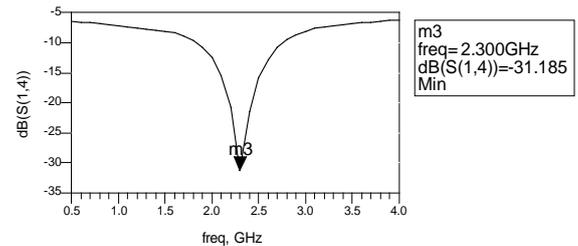
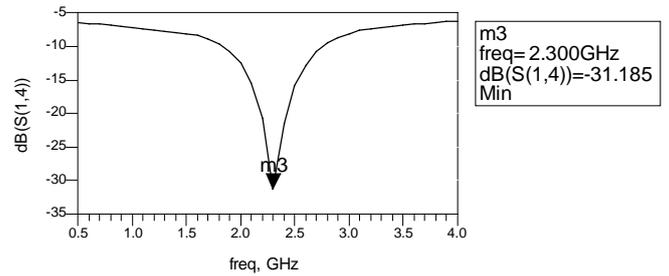
Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi dari *return loss* yaitu sebesar -30,689 dB. Pada *dual layer coupler*, nilai *return loss* yang baik adalah di bawah -20 dB, sehingga dari hasil simulasi nilai *return loss* pada *microstrip dual layer coupler* yang dirancang sudah baik.

Besarnya *return loss* dapat dihitung dengan menggunakan:

$$\begin{aligned} \text{Return Loss} &= 20 \log_{10} |\Gamma_{in}| \\ &= 20 \log_{10} |0,0245| = -32,22 \end{aligned} \quad (1)$$

Besarnya *return loss* hasil simulasi adalah sebesar -30,689 dB dan dengan menggunakan perhitungan manual adalah -32,22 dB. Terdapat perbedaan 2 dB antara hasil perhitungan manual dengan simulasi. Hal ini menunjukkan pada

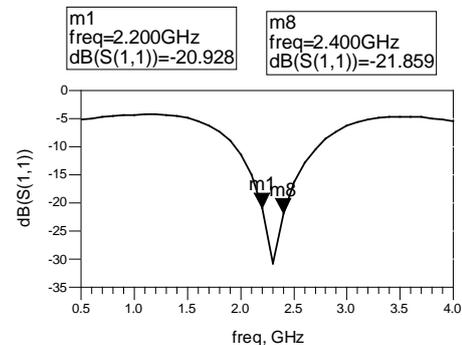
simulasi terdapat daya yang direfleksikan kembali ke sumber.



Gambar 5.8. Hasil simulasi isolasi

#### Bandwidth

*Bandwidth* dari *dual layer coupler* dapat dilihat dari Gambar 9 yaitu dengan menarik garis di -20 dB pada respon (S<sub>11</sub>)[10]. Besarnya kurang lebih adalah 200 MHz. Hasil ini sudah sangat mencukupi untuk kebutuhan *bandwidth* pada WiMAX yaitu sebesar 100 MHz.

Gambar 9. Hasil simulasi *return loss* untuk *bandwidth*

#### Perbandingan Menggunakan Substrat Jenis Lain

Dengan melihat persamaan *wavelength*

$$\lambda_g = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r} f} \quad (2)$$

dan persamaan *quarter wavelength*,

$$L = \frac{\lambda_g}{4} \quad (3)$$

dapat dilihat bahwa dimensi dari *microstrip dual layer coupler* dipengaruhi oleh jenis substrat yang digunakan.

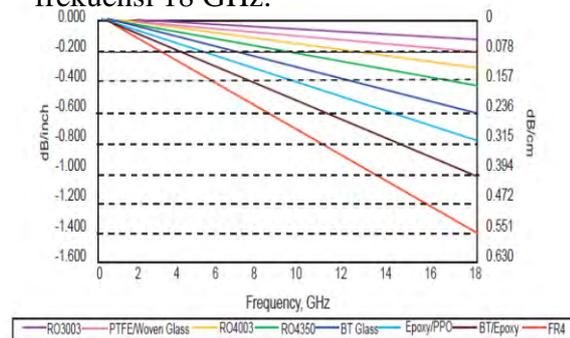
Terlihat bahwa konstanta dielektrik dari substrat yang digunakan ( $\epsilon_r$ ) berbanding terbalik dengan *wavelength* ( $\lambda_g$ ). Semakin besar konstanta dielektrik yang digunakan, semakin kecil dimensi dari *microstrip*. Begitu pula sebaliknya semakin kecil konstanta dielektrik yang digunakan, semakin besar dimensi dari *microstrip*.

Pada penelitian ini dibandingkan dimensi *microstrip dual layer coupler* dengan menggunakan substrat yang memiliki dielektrik konstan lebih besar dari konstanta dielektrik FR4 dan substrat yang memiliki dielektrik konstan lebih kecil dari konstanta dielektrik FR4 ( $> \epsilon_r$  FR4 dan  $< \epsilon_r$  FR4). Untuk konstanta dielektrik yang lebih besar dipilih Alumina dengan dielektrik konstan sebesar 9,8. Untuk konstanta dielektrik yang lebih kecil dipilih Di-clad 522 dengan dielektrik konstan sebesar 2,6. dimensi dari *microstrip* berbanding terbalik dengan substrat yang digunakan. Semakin besar konstanta dielektrik dari substrat yang digunakan, semakin kecil dimensi *microstrip dual layer coupler*. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil konstanta dielektrik yang digunakan, semakin besar dimensi *microstrip dual layer coupler*.

Selain *loss tangent*, karakteristik yang perlu diperhatikan dalam pemilihan substrat adalah  $E_r$  atau konstanta dielektrik. Dalam perancangan *microstrip*, dimensi adalah hal yang penting. Seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya dimensi dari *microstrip* berbanding terbalik dengan substrat yang digunakan. Semakin besar konstanta dielektrik dari substrat yang digunakan, semakin kecil dimensi *microstrip dual layer coupler*.

Gambar 10 menunjukkan grafik *insertion loss* pada *microstrip* pada berbagai substrat. Semakin kecil nilai *insertion loss* semakin baik, artinya *loss* yang terjadi pada *microstrip* semakin kecil. *Insertion loss* pada FR4 adalah 0,630 dB/cm pada frekuensi 18 GHz sedangkan pada Rogers

4003 sebesar 0,157 dB/inch pada frekuensi 18 GHz.



Gambar 10. *Insertion loss* pada *microstrip Loss tangent* dan *insertion loss* pada Rogers 4003 lebih baik daripada FR4. Namun FR4 mudah didapat dan lebih murah dibandingkan Rogers 4003 sehingga ini menjadi pertimbangan dalam pemilihan FR4. Selain itu konstanta dielektriknya yang lebih besar dari Rogers 4003 juga menjadi pertimbangan sehingga didapat dimensi *microstrip* yang lebih kecil.

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini berhasil ditunjukkan hasil simulasi *Dual-layer microstrip coupler* untuk aplikasi LTE. Coupler ini didesain untuk bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan menggunakan *software Advanced Design System*. Dari hasil perancangan didapat frekuensi kerja dari *microstrip dual layer coupler* adalah 2,300 GHz, *output port* pada *port 2* adalah -2,754 dB dan pada *port 3* adalah -3,298 dB, beda fasa kedua *output* sebesar 90,038°, besarnya *return loss* adalah -30,689 dB, isolasi sebesar -31,185 dB, VSWR sebesar 1,060, dan bandwidth sebesar 200 MHz. Selain itu, dimensi dari *microstrip dual layer coupler* dipengaruhi oleh jenis substrat yang digunakan. Konstanta dielektrik dari substrat yang digunakan ( $\epsilon_r$ ) berbanding terbalik dengan *wavelength* ( $\lambda_g$ ) yang mempengaruhi dimensi dari *microstrip*. Semakin besar konstanta dielektrik dari substrat yang digunakan, semakin kecil dimensi *microstrip dual layer coupler*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Pozar, David . (2005) "Microwave Engineering", 3rd ed. *United State of America* : John Wiley and Sons.
- [2] Franca-Neto, (2008). "RF System and Circuit Challenges for WiMAX." *White Paper Intel Communication Group*, Intel Corporation.
- [3] Fooka, E.H (2000). "Microwave Enginnering Using Microstrip Circuits." *Australia*: Prentice Hall, Inc.
- [4] Leow, Chee Yen. (2012) "Issues and challenges of LTE antenna designs for USB-dongle device" *IEEE Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)*. Page(s): 43 – 46
- [5] Maheswari, S. (2008). "Design and simulation of Microstrip directional coupler". *International Conference on Recent Advances in Microwave Theory and Applications*. Page(s): 782 – 783
- [6] Ohta, Isao. (2006). "Design of Broadband CPW Branch-Line 3-dB Couplers". *European Microwave Conference*, Page(s): 36 – 39
- [7] Scholtz. (2009). "Circularly Polarized Patch Antenna with High Tx/Rx-Separation." *Vienna University of Techonology International Symposium*. Page(s): 50 – 58
- [8] Wael M. (2008). "The Synthesis of a Class of Branch-Line Directional Couplers" *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. Vol : 56. Page(s): 985 – 994
- [9] Young, Jeffrey L. (2006). "Integration of a microstrip circulator and antenna assembly". *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*. Page(s): 845 – 848
- [10] Yukitake, Takeshi. (2005). "Optimum Design of 3-dB Branch-Line Couplers Using Microstrip Lines" *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Page(s): 674 – 67

