

## RANCANG BANGUN MIKROSTRIP COUPLER UNTUK MOBILE WiMAX PADA FREKUENSI 2,3 GHz

Zulhelman, Agus Wagyana, Teguh Firmansyah

Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Jakarta

[zulhelman@yahoo.co.id](mailto:zulhelman@yahoo.co.id)

[awagyana@gmail.com](mailto:awagyana@gmail.com)

[teguh.firmansyah1@gmail.com](mailto:teguh.firmansyah1@gmail.com)

### ABSTRACT

The function of the coupler in RF WiMAX is to separate the transmitted signal to the received signal. At the branch line coupler there are two equal output values with the phase difference of  $90^\circ$ . The phase difference is used as the separator between the transmitter and the receiver. In this paper, a microstrip branch line coupler with a T-junction will be designed which is operated at 2,3 GHz frequency with two equal output values of -3 dB and  $90^\circ$  phase differences. In here also the length and width for each impedance line of the microstrip branch line coupler using FR4 substrate with a dielectric constant of 4,6 and a thickness of 1,6 mm are calculated. It is shown from the results that the microstrip branch line coupler operates at 2,300 GHz, the return loss is -27,633 dB, the VSWR is 1,060, and the bandwidth is 200 MHz. And it is shown from the measurement microstrip branch line coupler operates at 2,320 GHz, the return loss is -24,33 dB, the VSWR is 1,120, and the bandwidth is 210 MHz.

**Key words :** Coupler, Microstrip, Mobile WiMax

### ABSTRAK

Fungsi coupler pada RF WiMAX dirancang sebagai pemisah sinyal yang ditransmisikan dengan yang diterima. Pada branch line coupler terdapat dua output yang bernilai sama besar dengan beda fasa sebesar  $90^\circ$ . Perbedaan fasa inilah yang digunakan sebagai pemisah antara transmitter dengan receiver. Pada penelitian ini dirancang microstrip branch line coupler dengan T-junction yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan nilai kedua output sebesar -3 dB dan beda fasa  $90^\circ$ .

Tahapan yang dilakukan adalah merancang panjang dan lebar untuk setiap saluran impedansi pada microstrip branch line coupler dengan menggunakan substrat FR4 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 4,4 dengan ketebalan 1,6 mm. Dari hasil perancangan didapat frekuensi kerja dari microstrip branch line coupler adalah 2,300 GHz, besarnya return loss adalah -27,633 dB, VSWR sebesar 1,060, dan bandwidth sebesar 200 MHz. Hasil yang dirancang di pabrikan dan dilakukan pengukuran. Dari hasil pengukuran didapat frekuensi kerja dari microstrip branch line coupler adalah 2,320 GHz, besarnya return loss adalah -24,33 dB, VSWR sebesar 1,120, dan bandwidth sebesar 210 MHz.

**Kata kunci :** Coupler, Microstrip, Mobile WiMax

## PENDAHULUAN

WiMAX adalah teknologi *wireless broadband* yang sangat cocok untuk komunikasi berupa data karena mempunyai *bandwidth* yang lebar, *bit rate* yang besar dan cakupan area yang jauh. Saat ini teknologi WiMAX telah dikembangkan menjadi teknologi untuk komunikasi bergerak yang dinamakan *Mobile WiMAX*. Sistem *Mobile WiMAX*

di Indonesiadirencanakan bekerja pada frekuensi 2.3 GHz dengan menggunakan teknologi *Time Division Duplex* (TDD). *Transmitter* dan *receiver* pada RF WiMAX menggunakan frekuensi band yang sama atau *single carrier frequency*. Antena yang digunakan pada WiMAX dapat digunakan sebagai *transmitter* maupun *receiver* [1-3]. Sehingga satu antena dapat digunakan baik menerima atau mengirimkan

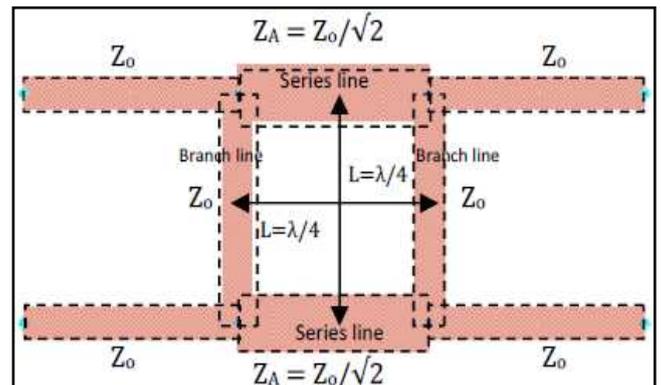
sinyal. Properti penting pada *RF-frontend* atau antena yang digunakan dalam suatu sistem dengan *single carrier frequency* adalah kemampuannya untuk memisahkan antara sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang dikirimkan. Pada [2], *circulator* digunakan untuk mengisolasi sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima. Pada [4] disebutkan bahwa antena yang mengirim dan menerima gelombang dengan berbeda polarisasi adalah pilihan yang tepat untuk mendapatkan pemisah *transmitter* dan *receiver* pada kasus *single carrier frequency*. Pada [4] digunakan *3-dB hybrid circuit* atau disebut *branch line coupler* sebagai pemisah antara *transmitter* dan *receiver*.

Pada penelitian ini dibuat *microstrip branch line coupler* untuk aplikasi *Mobile WiMAX* yang bekerja pada frekuensi 2.3 GHz. *Branch line coupler* pada RF *WiMAX* berguna sebagai pemisah antara *transmitter* dengan *receiver*. *Branch line coupler*, *transmitter* dan *receiver* dipisahkan oleh perbedaan fasa antara keduanya. Jumlah *branch* pada penelitian ini adalah dua, pada rangkaian *branch line coupler* ditambahkan rangkaian *T-junction* yang berfungsi sebagai kompensasi *discontinuity* yang terjadi pada *microstrip*.

### 1) Microstrip Coupler

Pada penelitian ini, jenis *coupler* yang dirancang adalah 3 dB *branch line coupler*, merupakan salah satu jenis dari *hybrid coupler* untuk aplikasi pada CPE *WiMAX*. *Branch line coupler* memiliki empat *port*. *Port 1* adalah *input port*, *port 2* dan *3* adalah *output port*, dan *port 4* adalah *isolated port*. Properti dasar dari *branch line coupler* adalah membagi power *input* pada salah satu *port* menjadi dua *output* yang sama besar dengan beda fasa +90° atau -90°. Perbedaan fasa kedua *output* inilah yang digunakan sebagai pemisah antara sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima.

Dalam merancang suatu *microstrip*, perlu ditentukan dahulu jenis substrat yang digunakan. Substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah FR4 (evoksi) yang memiliki konstanta dielektrik bahan  $\epsilon_r = 4,6$ . Ketebalan substrat yang akan dirancang adalah 1,6 mm. Gambar 1. menunjukkan rancangan desain awal dari *microstrip branch line coupler*.



Gambar 1. Rancangan *microstrip branch line coupler*

Besarnya saluran impedansi untuk  $Z_0$  adalah  $50\Omega$  dan untuk  $Z_0/\sqrt{2}$  adalah  $35\Omega$ . Selanjutnya saluran impedansi ini diubah kedalam satuan panjang dan lebar. Dimensi *length* ( $L$ ) pada *coupler* pada *branch line* dan *series line* biasanya dipilih  $1/4$  dari desain *wavelength*-nya atau disebut *quarter wavelength* ( $L = \lambda/4$ ), ditunjukkan seperti pada Gambar 1. *Quarter wavelength* dapat dicari dengan menggunakan

$$\lambda_g = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r} f} \quad (1)$$

$$L = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2)$$

Dengan menggunakan (1) dan (2) didapat besarnya *quarter wavelength* adalah 15,2 mm. *Quarter wavelength* ini menunjukkan panjang pada saluran impedansi untuk  $50\Omega$  dan  $35\Omega$  ( $L_{50\Omega}$  dan  $L_{35\Omega}$ ) atau  $L_{50\Omega} = L_{35\Omega} = L$ .

Untuk menghitung lebar dari masing-masing karakteristik impedansi ( $W_{50\Omega}$  dan  $W_{35\Omega}$ ) dapat dicari dengan persamaan :

$$\frac{W}{d} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (3)$$

dimana besarnya A sesuai persamaan :

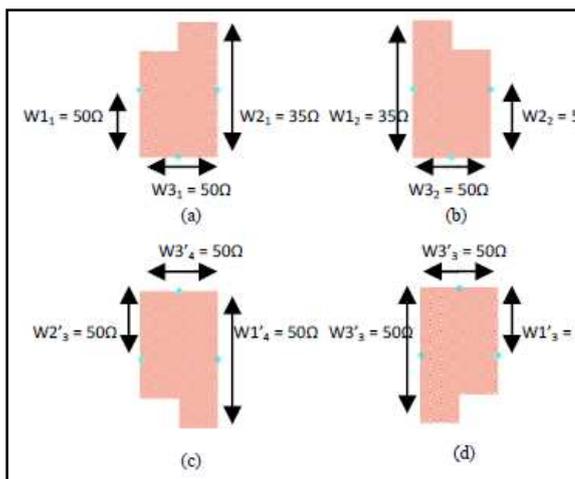
$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left\{ 0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right\} \quad (4)$$

Dengan menggunakan (3) dan (4) untuk saluran impedansi 50Ω memiliki lebar ( $W_{50\Omega}$ ) sebesar 2,952 mm Sedangkan untuk saluran impedansi 35Ω memiliki lebar ( $W_{35\Omega}$ ) 5.14 mm.

Pada desain *microstrip* komponen yang paling penting adalah penambahan kompensasi *discontinuity*. *Discontinuity* yang terjadi pada *branch line coupler* adalah T-junction, yaitu persimpangan dimana dua transmission line dengan beda saluran impedansi digabungkan.

### METODOLOGI

Pada penelitian ini *T-junction* diletakkan pada persimpangan antara saluran impedansi 50Ω dan 35Ω. Pada Gambar 1. Dapat dilihat ada empat persimpangan antara saluran impedansi 50Ω dan 35Ω, sehingga ada empat jenis *T-junction* yang digunakan. Gambar 2. Menunjukkan empat geometri *T-junction* yang digunakan pada penelitian ini.



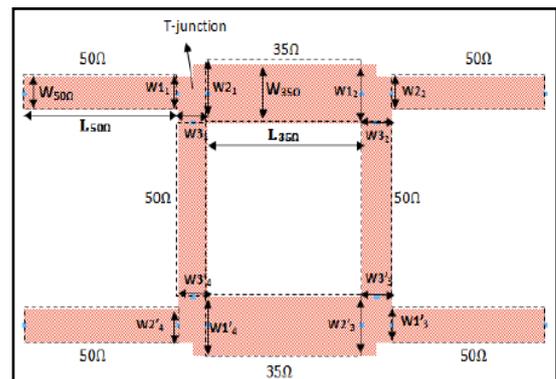
Gambar 2. Geometri dari *T-junction* yang digunakan. (a). *T-junction* dengan  $W1_1 = 50\Omega$ ,  $W2_1 = 35\Omega$ ,  $W3_1 = 50\Omega$ . (b). *T-junction* dengan  $W1_2 = 35\Omega$ ,  $W2_2 = 50\Omega$ ,

$$W3_2 = 50\Omega.$$

(c). *T-junction* dengan  $W1'_4 = 35\Omega$ ,  $W2'_4 = 50\Omega$ ,  $W3'_4 = 50\Omega$ .

(d). *T-junction* dengan  $W1'_3 = 50\Omega$ ,  $W2'_3 = 35\Omega$ ,  $W3'_3 = 50\Omega$ .

Rangkaian ekuivalen untuk *T-junction discontinuity* yang ditambahkan pada rangkaian *microstrip branch line coupler* ditunjukkan oleh Gambar 2. Besarnya lebar ( $W1$ ,  $W2$ , dan  $W3$ ) Tjunction pada Gambar 2. dapat dicari dengan menggunakan (3) dan (4). Besarnya lebar untuk 50Ω adalah 2,952 mm dan untuk 35Ω adalah 5,14 mm. Selanjutnya *T-junction* ini diletakkan pada persimpangan antara dua saluran impedansi pada *branch line coupler* yaitu antara 50 Ω line dengan 35 Ω line. Gambar 3. menunjukkan rangkaian *microstrip branch line coupler* dengan penambahan T-junction.



Gambar 3. Rangkaian *microstrip branch line coupler* dengan *T-junction*

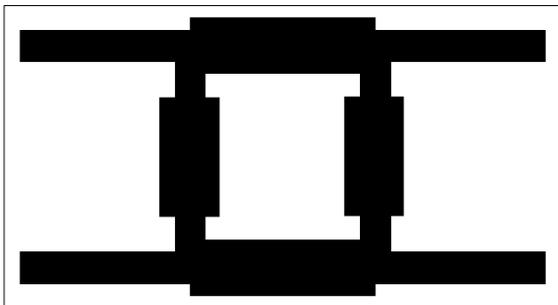
Rancangan final desain *microstrip branch line coupler* memiliki parameter fisik untuk masing-masing saluran impedansi dan *T-junction* yaitu :  
 50Ω Line :  $W_{50\Omega} : 2,952 \text{ mm}$  ;  $L_{50\Omega} : 16,34 \text{ mm}$   
 35Ω Line :  $W_{35\Omega} : 5,14 \text{ mm}$  ;  $L_{50\Omega} : 15,2 \text{ mm}$   
*T-junction* :  $\{W1_1 : 2,952 \text{ mm}; W2_1 : 5,14 \text{ mm}; W3_1 : 2,952 \text{ mm}\} \{W1_2 : 5,14 \text{ mm}; W2_2 : 2,952 \text{ mm}; W3_2 : 2,952 \text{ mm}\} \{W1'_3 : 2,952 \text{ mm}; W2'_3 : 5,14 \text{ mm}; W3'_3 : 2,952 \text{ mm}\} \{W1'_4 : 5,14 \text{ mm}; W2'_4 : 2,952 \text{ mm}; W3'_4 : 2,952 \text{ mm}\}$ .

Selanjutnya rancangan *microstripbranch line coupler* dengan parameter fisik tersebut disimulasikan dengan bantuan *software Advanced*

Metode penelitian yang dilakukan dibuat pemodelan berdasarkan rancangan HBT SiGe IBM generasi kedua dengan area stipe emitter  $0.18\mu\text{m}$  dengan  $f_T$  maksimum sekitar 84 GHz. Tools pemodelan yang digunakan adalah *software Bilpole3G* yang dikembangkan oleh BIPSIM Inc. Program simulator dapat mensimulasikan *terminal electrical caharacteristics* dari material *silicon* atau *silicon-germanium*. Software ini dirancang

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada simulasi ini ada beberapa parameter yang dilihat untuk mengetahui apakah *microstripbranch line coupler* yang dibuat sudah sesuai dengan yang diinginkan apa belum. Parameter tersebut ditunjukkan pada Gambar 4, berikut :



Gambar 4. *microstripbranch line coupler*  
Frekuensi kerja: 2,3 GHz Return Loss: <-20 dB VSWR : 1 – 2 Bandwidth : >100 MHz

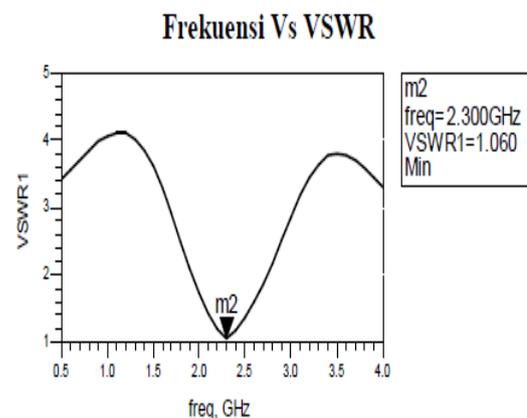
### a) Frekuensi kerja dan Return Loss

Frekuensi kerja menunjukkan *microstripbranch line coupler* bekerja pada frekuensi berapa. Parameter yang digunakan untuk melihat frekuensi kerja dari *microstripbranch line 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 *microstripbranch line coupler*. Dari hasil simulasi didapat

frekuensi kerja adalah 2,300 GHz. Hasil yang didapat sudah memenuhi target yang diharapkan.

### b) B. Voltage Standing Wave Ratio

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 sampai 2.



Gambar 5. Hasil simulasi VSWR

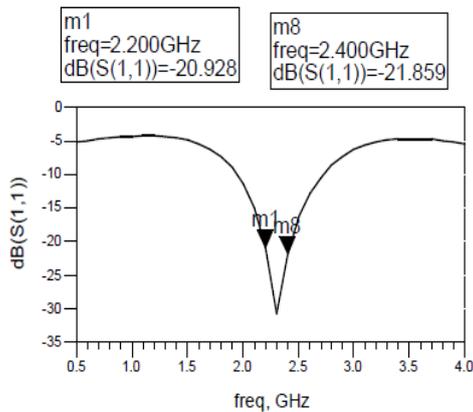
Dari hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa hasil VSWR adalah 1,060 pada frekuensi 2,300 GHz. Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu nilai standar VSWR yang diijinkan untuk fabrikasi adalah  $VSWR \leq 2$ .

### c) Bandwidth

*Bandwidth* dari *branch line coupler* dapat dilihat dari Gambar 6. yaitu dengan menarik garis di - 20 dB pada respon ( $S_{11}$ )[10]. Besarnya kurang lebih

adalah 200 MHz. Hasil ini sudah sangat mencukupi untuk kebutuhan *bandwidth* pada WiMAX yaitu sebesar 100 MHz.

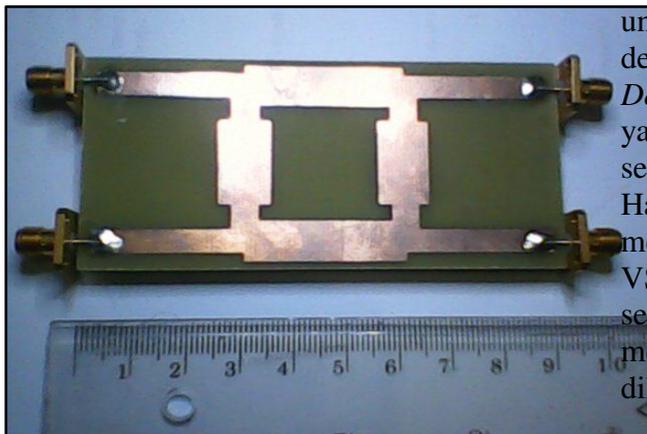
Frekuensi Vs Return loss untuk melihat *bandwidth*



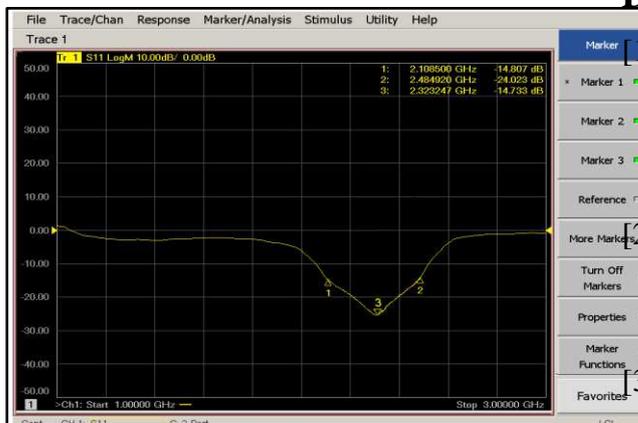
Gambar 6. Simulasi *return loss* untuk *bandwidth*

#### d) Pabrikasi dan Pengukuran

Hasil pabrikasi dan pengukuran terlihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 10. Rangkaian Coupler



Gambar 11. Hasil Pengukuran Coupler

Hasil yang dirancang di pabrikasi dan dilakukan pengukuran. Dari hasil pengukuran didapat frekuensi kerja dari microstrip branch line coupler adalah 2,320 GHz, besarnya return loss adalah -24,003 dB, VSWR sebesar 1,120, dan bandwidth sebesar 210 MHz. Hasil pabrikasi memiliki kinerja berbeda dibandingkan hasil simulasi, karena ketidakakuratan proses etching, perbedaan proses simulasi dan peng-etchingan akan mengakibatkan pergeseran frekuensi. Dari hasil perancangan dan simulasi yang didapat, microstrip branch line coupler yang dirancang sudah baik karena sudah mendekati spesifikasi-spesifikasi yang diharapkan.

#### KESIMPULAN

Telah dirancang *microstripbranch line coupler* dengan *T-junction* yang didesain untuk bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan menggunakan *software Advanced Design System* dengan substrat FR4 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 4,4 dengan ketebalan 1,6 mm. Hasil yang diperoleh dapat rancangan memiliki return loss adalah -27,633 dB, VSWR sebesar 1,060, dan bandwidth sebesar 200MHz. Hasil ini telah mendekati spesifikasi-spesifikasi yang diharapkan.

#### DAFTAR ACUAN

- [1.] Balvinder Bisla, Roger Eline, Luiz M. Franca- Neto, "RF System and Circuit Challenges for WiMAX." Intel Communication Group, Intel Corporation.
- [2.] Teng Zhao, Jianyo Zhou, Jianfeng Zhai, "Design of a High Performance Compact RF Transceiver for WiMAX Acces Points." IEEE.2009.
- [3.] Jun-Wen Zhang, Chang-Tao Wang. "RF Transceiver of WiMAX Base Station for 802.16d." Jushri Technilgies, Inc. IEEE. 2008.

- [4.]Lukas W. Mayer, Arpad L. Scholtz. "Circularly Polarized Patch Antenna with High Tx/Rx-Separation." Vienna University of Techonology.IEEE. 2009.
- [5.]Murshed Alam, Donald Eastman, Jason Mcgraw, Wai Tung. "The Barnch-*Line* Couple

