

## PERANCANGAN DAN REALISASI DUAL BAND WILKINSON POWER DIVIDER PADA FREKUENSI 1,27 GHZ DAN 2,3 GHZ

### DESIGN AND REALIZATION OF DUAL BAND WILKINSON POWER DIVIDER AT 1,27 GHZ AND 2,3 GHZ

Fithqoti Afiroh Zuqri<sup>1</sup>, Bambang Setia Nugroho<sup>2</sup>, Budi Syihabuddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi no. 1 Dayeuhkolot, Bandung, 40257

<sup>1</sup>[afiafiroh@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:afiafiroh@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id](mailto:bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[budisyihab@telkomuniversity.ac.id](mailto:budisyihab@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan teknologi yang menggunakan gelombang radio untuk mengambil data dan termasuk salah satu dari *remote sensing*. Pada SAR memanfaatkan banyak antena yang disusun dalam bentuk antena susun. Untuk pencatutan daya diperlukan *power divider* yang bekerja sebagai pembagi daya. Dimana *power divider* ini dapat melewati dua frekuensi sekaligus. Pada perancangan *power divider* ini menggunakan metode konvensional dimana bekerja pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz. Bahan yang digunakan dalam Wilkinson *power divider* ini adalah menggunakan FR4\_epoxy dengan konstanta dielektrik nya 4,4. Hasil pengukuran dari *power divider* pada frekuensi 1,27 GHz, memiliki *return loss* -14,642 dB, *insertion loss output 1* -3,596 dB dan untuk *output 2* sebesar -3,917 dB, dan nilai *port isolation* -8,867 dB. Sementara pada frekuensi 2,3 GHz, *return loss* -21,366 dB, *insertion loss output 1* -4,585 dB dan untuk *output 2* sebesar -3,904 dB, dan nilai *port isolation* -15,005 dB.

**Kata kunci** : dual band , power divider, mikrostrip, Wilkinson power divider, FR4\_epoxy

#### Abstract

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) is a remote sensing technology using radio wave to take the data. SAR is using array antenna. To supplied the power of array antenna we are needed a power divider which works as a power divider. And this power divider forward two frequencies at once. In this final project, the design and realization of a conventional dual band Wilkinson power divider with a frequency of 1.27 GHz and 2.3 GHz. This power divider is using FR4\_epoxy with dielectric constants 4.4. The result of measuring realized, at 1,27 GHz has return loss -14,642 dB, insertion loss output 1 -3,596 dB and output 2 -3,917 dB, and port isolation -8,867 dB. At 2,3 GHz, return loss -21,366 dB, insertion loss output 1 -4,585 dB and output 2 -3,904 dB, and port isolation -15,005 dB.

**Keyword** : dual band , power divider, microstrip, Wilkinson power divider, FR4\_epoxy

#### 1. Pendahuluan

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan salah satu teknologi *remote sensing* yang memanfaatkan gelombang radio untuk pengambilan data <sup>[1]</sup>. Pada SAR biasanya memanfaatkan banyak antena yang disusun dalam bentuk antena susun <sup>[2]</sup>. Pada antena susun, daya transmitter akan ditransmisikan ke beberapa antena dalam susunan tersebut. Untuk mencatatkan daya pada antena susun diperlukan sebuah alat yang bernama *power divider* yang bekerja sebagai pembagi daya untuk teknik pembentukan pola radiasi atau yang disebut dengan *beamforming*.

*Power Divider* merupakan salah satu komponen *microwave* pasif dimana dapat berfungsi sebagai pembagi daya (*power divider*) maupun sebagai penggabung daya (*power combiner*) <sup>[3]</sup>. Bila perangkat tersebut menerima sebuah sinyal masukan dan mengirim beberapa sinyal keluaran dengan fasa dan amplituda tertentu, maka dikatakan sebagai *power divider* <sup>[3]</sup>. Pada Wilkinson *power divider* dapat melewati dua frekuensi sekaligus <sup>[4]</sup>, dimana dilakukan perancangan dan realisasi *dual band* Wilkinson *power divider* konvensional yaitu tanpa dilakukan penambahan stub atau teknik – teknik pencatutan lainnya, di mana pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa fitur pada Wilkinson *power divider* konvensional seperti pembagi daya sama rata, penyesuaian impedansi di semua port dan *port isolation* yang baik dapat dipenuhi pada Wilkinson *power divider* dengan dua frekuensi secara bersamaan. *Power divider* yang telah dibuat bekerja pada frekuensi 1 GHz dan 1,8 GHz serta 1 GHz dan 4 GHz <sup>[4]</sup>. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini memenuhi parameter – parameter yang ada pada *power divider*.

Mengacu pada penelitian sebelumnya <sup>[4]</sup>, pada tugas akhir ini, dirancang dan direalisasikan bentuk *dual band* Wilkinson *power divider* konvensional. Pada rancangan *dual band* Wilkinson *power divider* bekerja pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz yang akan digunakan pada SAR dengan frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz, dengan lebar pulsa

atau *bandwidth* untuk masing-masing frekuensi 20 MHz. Dengan menggunakan Wilkinson *power divider* diharapkan dapat memberikan tingkat *isolation* antar *port output* tinggi karena adanya penambahan resistor untuk mengatur daya yang keluar di *port output*. Perealisan dari *dual band Wilkinson power divider* ini dalam bentuk mikrostrip dengan menggunakan bahan *substrate* FR4\_epoxy yang memiliki konstanta dielektrik 4,4 dan memiliki ketebalan 1,6 mm, dengan tebal konduktor 0,035 mm. Diharapkan dengan menggunakan *substrate* ini dapat menghasilkan ukuran dimensi yang lebih kecil. Spesifikasi dari *dual band Wilkinson power divider* yaitu dapat bekerja pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz dengan nilai *return loss*  $\leq -10$  dB, nilai VSWR pada port *input*  $\leq 1,5$ , nilai *insertion loss*  $\geq -4$  dB, dan nilai *port isolation*  $\leq -9$  dB.

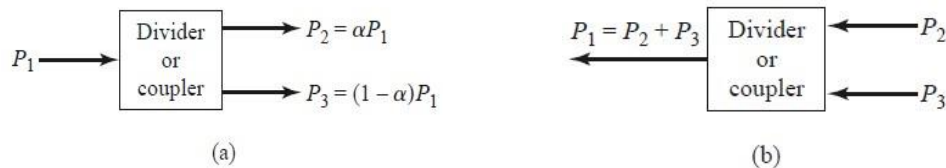
Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang dan merealisasikan *dual band Wilkinson power divider* yang dapat bekerja pada dua frekuensi dengan menghasilkan nilai-nilai parameter dari *power divider power divider* yang realistis, serta dapat mengefisienkan suatu alat dengan fungsi yang sama.

Metodologi penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah eksperimental dengan tahapan – tahapan, yaitu studi literature, perancangan, pengukuran dan analisis. Perancangan dilakukan untuk dapat melakukan simulasi menggunakan *software* yang kemudian dapat direalisasikan dan dilakukan pengukuran untuk validasi *design* yang telah kita buat. Kemudian dilakukan analisis hasil perancangan dengan hasil pengukuran.

**2. Dasar Teori**

**2.1 Power Divider**

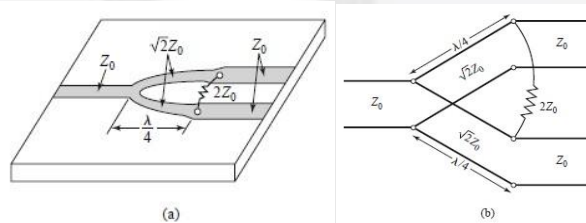
*Power Divider* merupakan salah satu komponen *microwave* pasif dimana berfungsi sebagai pembagi daya (*power divider*) maupun sebagai penggabung daya (*power combiner*) [3]. Bila perangkat tersebut menerima sebuah sinyal masukan dan mengirim beberapa sinyal keluaran dengan fasa dan amplituda tertentu, maka dikatakan sebagai *power divider*. Dalam membagi daya, *power divider* membagi satu sinyal *input* ( $P_1$ ) menjadi dua sinyal *output* yaitu  $P_2$  dan  $P_3$ . *Combiner* digunakan untuk menggabungkan daya / sinyal dari beberapa buah *input* menjadi satu *output* tunggal seperti pada gambar 2 (a) dan (b) [3].



**Gambar 2.** (a) *Power Divider* (b) *Power Combiner* [3]

**2.2 Wilkinson Power Divider**

Wilkinson *power divider* merupakan kelas khusus dari rangkaian *power divider* yang dapat memperoleh isolasi antar *port output* ketika kondisi *match* di semua *port* sedang dipertahankan. Pada Wilkinson *power divider* dimana daya yang masuk akan dibagi menjadi *N-way* pada masing – masing *output*, dan memiliki isolasi antar *port output* untuk mencegah daya yang balik diantara kedua *port output* [3]. Gambar *power divider* dalam bentuk mikrostrip dan bentuk rangkaian pengganti dapat dilihat oleh gambar 3 (a) dan (b).



**Gambar 3.** (a) *Power divider* dalam mikrostrip (b) Rangkaian pengganti [3]

**A. Analisis Rangkaian Dual Band Wilkinson Power Divider**

Analisis rangkaian untuk *dual band Wilkinson power divider* [4]

**Analisis Even Mode**

**Gambar 4.** Rangkaian *power divider* dengan analisis *even mode* <sup>[4]</sup>

Pada *even mode* memiliki dua sinyal dengan *magnitude* dan fasa yang sama. Untuk menyelesaikan transformasi pada dua frekuensi yang berbeda  $f_1$  dan  $f_2 = m \cdot f_1$  (dengan asumsi  $m$  adalah rasio dari kedua frekuensi) dapat mengikuti penurunan rumus sebagai berikut <sup>[6]</sup> :

$$l_1 = l_2 = \frac{\pi}{2} \tag{2.9}$$

$$Z_2 = Z_0 \sqrt{1 + \frac{1}{4m^2}} \tag{2.10}$$

dan

$$Z_1 = 2Z_0^2 \tag{2.11}$$

ketika,

$$m = (\tan(\theta_1 \cdot l_1))^2 \tag{2.12}$$

$$m = \frac{2\pi}{\lambda} \tag{2.13}$$

$n$  merupakan integer positif.

**Analisis Odd Mode**

**Gambar 5.** Rangkaian *power divider* dengan analisis *odd mode* <sup>[4]</sup>

Persamaan impedansi  $Z'$  dan  $Z_{\text{odd}}$  pada frekuensi pertama ( $f_1$ ) adalah sebagai berikut :

$$Z'_{\omega_1} = Z_1 \cdot \frac{0 + jZ_2 \tan(\theta_1)}{Z_2 + jZ_1 \tan(\theta_1)} \tag{2.14}$$

$$Z_{\text{odd} \omega_1} = Z_2 \cdot \frac{Z'_{\omega_1} + jZ_2 \tan(\theta_1)}{Z_2 + jZ'_{\omega_1} \tan(\theta_1)} \tag{2.15}$$

Menggunakan persamaan (2.14) substitusi dengan (2.15) dan  $l_1 = l_2$  dari persamaan (2.9) menjadi

$$Z'_{\text{odd} \omega_1} = Z_2 \cdot \frac{jZ_2 \tan(\theta_1) + Z_2 \tan(\theta_1)}{Z_2 + jZ_1 \tan(\theta_1)} \tag{2.16}$$

Port 2 *shunted* paralel dengan  $R/2$ ,  $L/2$ , dan  $2C$ , impedansi *output*  $Z''_{\text{odd}}$  pada port 2 menjadi

$$Z''_{\text{odd} \omega_1} = \left( \frac{1}{Z'_{\text{odd} \omega_1}} + \frac{2}{R} + j \left( \frac{2C}{\omega_1} - \frac{2}{\omega_1 L} \right) \right)^{-1} \tag{2.17}$$

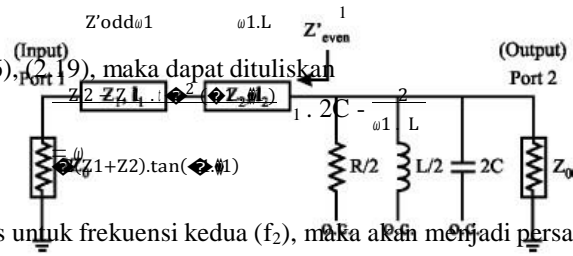
Untuk *matching* impedansi ke  $Z_0$  pada port 2,  $Z''_{\text{odd} \omega_1}$  harus sama dengan  $Z_0$ , maka

$$R = 2 Z_0 \tag{2.18}$$

dan

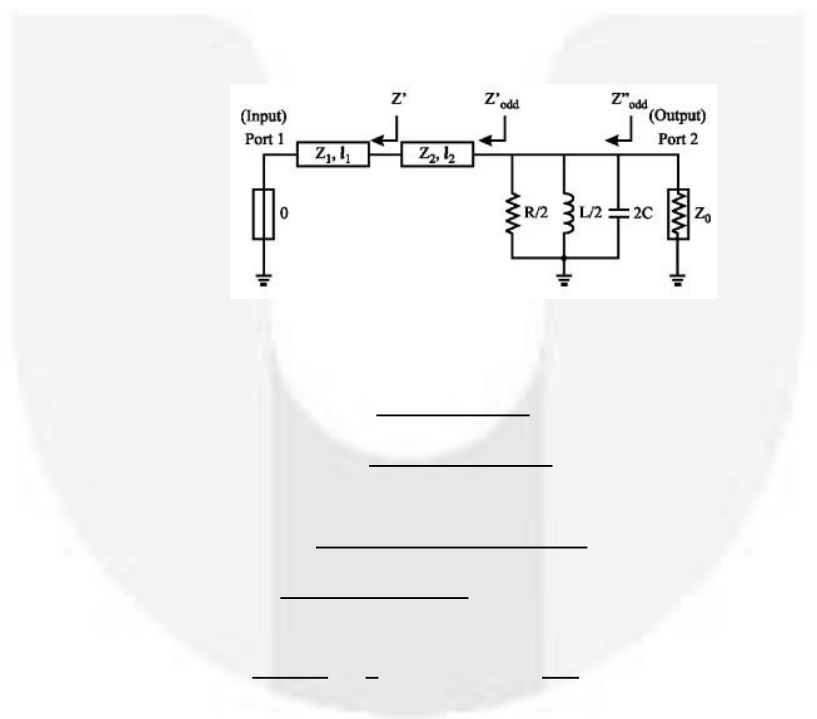
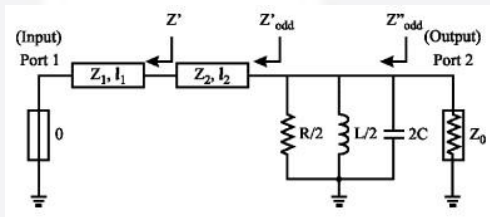
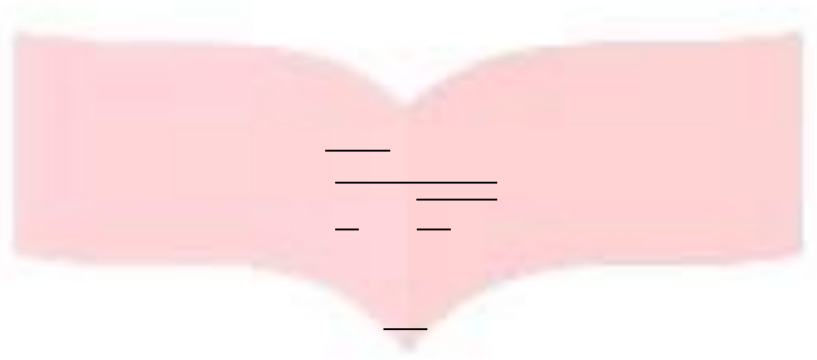
$$\frac{1}{Z_0} = j \cdot \left( \frac{2}{\omega_1 L} - 2\omega_1 \cdot C \right) \tag{2.19}$$

Dengan persamaan (2.16), (2.19), maka dapat dituliskan



(2.20)

Ulangi persamaan di atas untuk frekuensi kedua ( $f_2$ ), maka akan menjadi persamaan :



$$\frac{Z_2 - Z_1 + j \tan^2(\theta_2) \cdot Z_1}{2 \cdot 2C - \frac{2}{\omega_2 \cdot L}} \tag{2.21}$$

$$\frac{1}{\omega_2(Z_1 + Z_2)} \cdot \tan(\theta_2)$$

Dari persamaan (2.20) dan (2.21) bisa diperoleh C dan L, persamaannya dapat diselesaikan dengan rumus – rumus seperti di bawah ini.

$$p = \tan(\theta_1 \cdot l_1) \tag{2.22}$$

$$q = \tan(\theta_2 \cdot l_2) \tag{2.23}$$

$$A = \frac{Z_2 \cdot Z_1 - (Z_1 + Z_2) \cdot p \cdot q}{Z_2 - Z_1 + j \tan^2(\theta_2) \cdot Z_1} \tag{2.24}$$

$$B = \frac{Z_2 \cdot q \cdot (Z_1 + Z_2) - p}{Z_2 - Z_1 + j \tan^2(\theta_2) \cdot Z_1} \tag{2.25}$$

Persamaan (2.20) dan (2.21) akan menjadi

$$A = \frac{1}{2C} \tag{2.26}$$

$$B = \frac{1}{\omega_2 \cdot L} \tag{2.27}$$

Dari persamaan di atas dapat diperoleh nilai C dan L dengan persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{1}{2A} \tag{2.28}$$

$$L = \frac{1}{\omega_2 \cdot B} \tag{2.29}$$

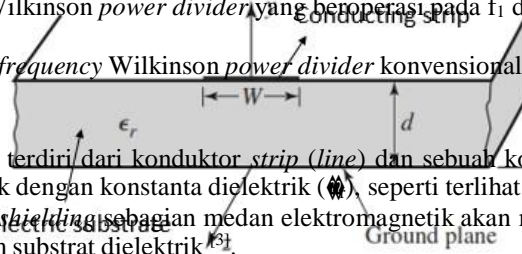
Jadi, persamaan (2.9) – (2.11), (2.18), (2.28), dan (2.29) merupakan parameter desain dari *dual band Wilkinson power divider*, di mana bekerja pada dua frekuensi  $f_1$  dan  $f_2$ . Panjang  $l_1$  dan  $l_2$ , impedansi karakteristik  $Z_1$  dan  $Z_2$  dari saluran transmisi, dan R memiliki nilai yang positif [4].

Dari keseluruhan persamaan di atas, untuk hubungan antara bilangan bulat positif ( $n$ ) dan perbandingan frekuensi ( $m$ ), dapat diringkas sebagai berikut [4] :

- 1)  $n = 1$ , jika *dual band Wilkinson power divider* yang beroperasi pada  $f_1$  dan  $m \cdot f_1$  memiliki *range*  $1 < m < 3$
- 2)  $n \geq 2$ , jika *dual band Wilkinson power divider* yang beroperasi pada  $f_1$  dan  $m \cdot f_1$  memiliki *range*  $4(n - 1) - 1 < m < 4n - 1$
- 3) untuk  $m = 4n - 1$ , *dual frequency Wilkinson power divider* konvensional.

### 2.3 Saluran Mikrostrip

Konstruksi dari mikrostrip terdiri dari konduktor *strip (line)* dan sebuah konduktor bidang tanah yang dipisahkan oleh medium dielektrik dengan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), seperti terlihat pada gambar 6. di atas strip adalah udara sehingga bila tanpa *shielding* sebagian medan elektromagnetik akan meradiasi, dan sebagian lagi ada yang masuk kembali ke dalam substrat dielektrik [6].



Gambar 6. Struktur umum mikrostrip [3]

Kita dapat mengetahui nilai konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{eff}$ ) dengan menggunakan persamaan [2.39] <sup>[3]</sup> :

$$\frac{\epsilon_{eff} + 1}{-2} + \frac{\epsilon_{eff} - 1}{2} \left( \left[ 1 + \frac{12}{W} \right]^{\epsilon_{eff}} + 0.004 \left[ 1 - \frac{W}{2} \right]^2 \right) \frac{W}{2} \leq 1$$

$$\epsilon_{eff} = \left\{ \begin{array}{l} W \\ -1/2 \end{array} \right. \quad \epsilon_{eff} \quad \epsilon_{eff} \quad (2.39)$$

$$\frac{\epsilon_{eff} + 1}{2} + \frac{\epsilon_{eff} - 1}{2} \left[ 1 + \frac{12}{W} \right]^{\epsilon_{eff}} \frac{W}{2} > 1$$

Untuk keperluan perancangan, bila diketahui impedansi karakteristik  $Z_0$  dan konstanta dielektrik  $\epsilon_{eff}$ , dan tebal bahan dielektrik  $d$ , maka lebar strip ( $W$ ) dapat dicari dengan persamaan <sup>[3]</sup> :

$$\frac{W}{h} = \left\{ \frac{8 \epsilon_r}{\pi} \right\} \frac{W}{h} < 2 \tag{2.40}$$

dengan

$$\frac{2}{\pi} [b - 1 - \ln(2b - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} (\ln(b - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r})] \frac{W}{h} > 2$$

$$A = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r + 1}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} (0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r}) \tag{2.41}$$

$$B = \frac{377 \pi}{2 \epsilon_r \sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.42}$$

Panjang gelombang pada saluran mikrostrip, dihitung dengan memasukkan nilai konstanta dielektrik efektif

$$\lambda_g = \frac{300}{\epsilon_{eff} \sqrt{\epsilon_r}} \text{ mm} \tag{2.43}$$

### 3. Desain Dual Band Wilkinson Power Divider

Rangkaian yang diusulkan pada tugas akhir ini adalah seperti pada gambar 7, di mana pada rangkaian yang diusulkan sedikit berbeda dengan penelitian sebelumnya [4] yaitu menghilangkan komponen induktor dan kapasitor sehingga hanya resistor yang berfungsi sebagai isolasi.

Gambar 7. Rangkaian dual band Wilkinson power divider yang diusulkan

Spesifikasi bahan yang digunakan menggunakan FR4\_epoxy dengan spesifikasi sebagai berikut :

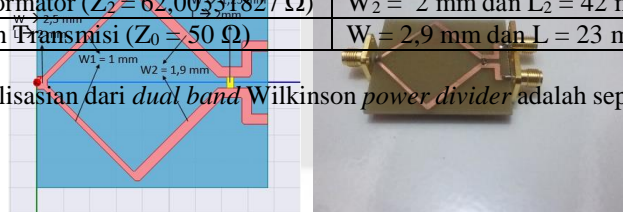
- Permittivitas dielektrik ( $\epsilon_r$ ) : 4.4
- Tebal dielektrik (d) : 1.6 mm
- Tebal konduktor (t) : 0.035 mm
- Tangent Loss ( $\tan \delta$ ) : 0.025

Proses perancangan power divider menggunakan metode konvensional dengan dua impedansi karakteristik yang berbeda pada masing – masing transformator. Dimensi saluran mikrostrip yang dihasilkan dapat dihitung melalui persamaan (2.39) – (2.43).

Tabel 1. Dimensi power divider

Impedansi	Dimensi
Impedansi Transformator ( $Z_1 = 80,64084536 \Omega$ )	$W_1 = 1,1 \text{ mm}$ dan $L_1 = 42 \text{ mm}$
Impedansi Transformator ( $Z_2 = 62,00331827 \Omega$ )	$W_2 = 2 \text{ mm}$ dan $L_2 = 42 \text{ mm}$
Impedansi Saluran Transmisi ( $Z_0 = 50 \Omega$ )	$W_1 = 2,9 \text{ mm}$ dan $L = 23 \text{ mm}$

Hasil design dan perealisasi dari dual band Wilkinson power divider adalah seperti pada gambar 8 (a) dan (b)



(a) (b)

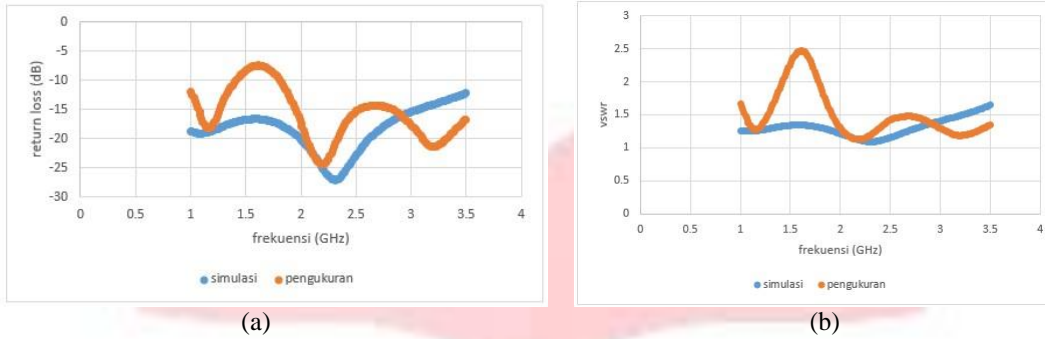
Gambar 8. (a) design pada software (b) realisasi dual band Wilkinson power divider

#### 4. Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran dan hasil simulasi *return loss* dapat diketahui bahwa untuk hasil pengukuran nilai *Return Loss* frekuensi kerja 1,27 GHz sebesar -14,642 dB, pada frekuensi 2,3 GHz dengan nilai *return loss* sebesar -21,366 dB. Hal ini telah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dan untuk hasil simulasi pada frekuensi 1,27 GHz

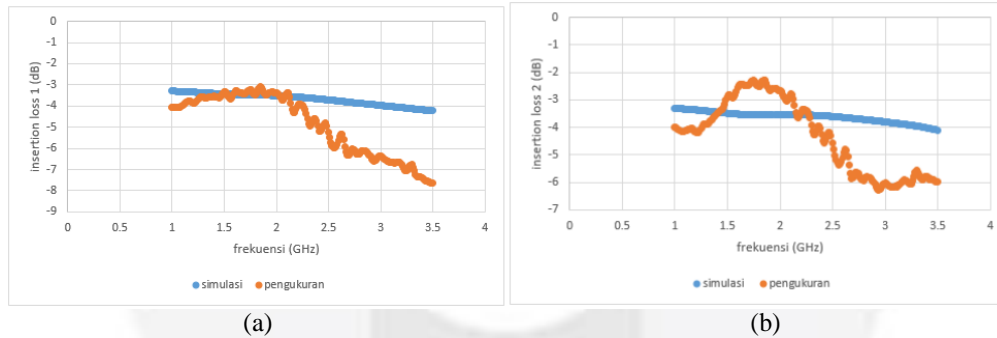


sebesar -18,1065 dB dan untuk frekuensi 2,3 GHz memiliki nilai *return loss* -27,0316 dB. Hal ini juga telah memenuhi spesifikasi. Hasil pengukuran *VSWR port input*, untuk frekuensi 1,27 GHz memiliki *VSWR* 1,23 dan untuk 2,3 GHz memiliki *VSWR* 1,21. Hal ini masih sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu nilai  $VSWR \leq 1,5$ , namun hasil pengukuran mengalami perbedaan dengan hasil simulasi di mana hasil simulasi *VSWR* untuk 1,27 GHz sebesar 1,2840 dan frekuensi 2,3 GHz sebesar 1,0932. Hasil pengukuran dan simulasi *return loss* dan *VSWR* dapat dilihat pada gambar 9 (a) dan (b).



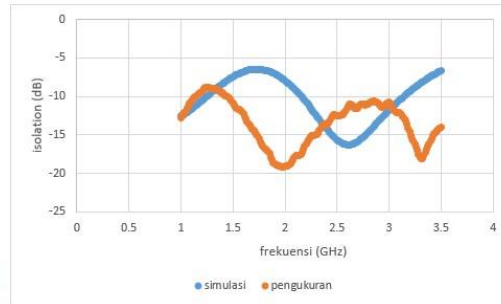
**Gambar 9.** (a) Hasil pengukuran dan simulasi *return los sport input* (b) Hasil pengukuran dan simulasi *VSWR port input*

Pada hasil pengukuran, nilai *Insertion Loss* pada output 1 untuk frekuensi 1,27 GHz sebesar -3,596 dB dan frekuensi 2,3 GHz sebesar -4,585 dB. Pada hasil simulasi untuk frekuensi 1,27 GHz sebesar -3,3623 dB dan untuk frekuensi 2,3 GHz adalah sebesar -3,6146 dB. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran untuk *insertion loss* pada *output 1* dapat dilihat pada gambar 10 (a). Untuk nilai *insertion loss* pada output 2, frekuensi 1,27 GHz -3,917 dB dan 2,3 GHz sebesar -3,904 dB. Hasil simulasi untuk *insertion loss* pada *output 2*, frekuensi 1,27 GHz -3,3929 dB dan frekuensi 2,3 GHz sebesar -3,5576 dB dapat dilihat pada gambar 10 (b).



**Gambar 10.** (a) Hasil simulasi dan pengukuran *insertion loss output 1* (b) Hasil simulasi dan pengukuran *insertion loss output 2*

Pada hasil pengukuran nilai dari *port isolation S23* pada frekuensi 1,27 GHz -8,867 dB dan untuk 2,3 GHz sebesar -15,005 dB. Hasil simulasi pada frekuensi 1,27 GHz nilai *port isolation* nya -9,7368 dB dan untuk frekuensi 2,3 GHz sebesar -12,4138 dB. Perbedaan hasil pengukuran dan simulasi untuk *port solation* dapat dilihat pada gambar 11 di bawah ini.



**Gambar 11.** Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran *port isolation*

## 5. Kesimpulan

1. Nilai *return loss port input* untuk frekuensi 1,27 GHz pada hasil simulasi dan pengukuran telah memenuhi spesifikasi yaitu memiliki nilai  $\leq -10$  dB
2. Nilai *return loss port output 1* hasil simulasi untuk kedua frekuensi dan hasil pengukuran untuk frekuensi 1,27 GHz masih sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yaitu bernilai  $\leq -10$  dB, namun untuk hasil pengukuran pada frekuensi 2,3 GHz tidak sesuai dengan spesifikasi awal karena bernilai  $-8,919$  dB
3. Nilai *return loss port output 2* hasil simulasi dan pengukuran di kedua frekuensi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan yaitu  $\leq -10$  dB
4. Nilai *insertion loss output pertama*, hasil simulasi dan pengukuran sesuai dengan spesifikasi  $\geq -4$  dB kecuali pada hasil pengukuran untuk frekuensi 2,3 GHz tidak sesuai dengan spesifikasi karena bernilai  $-4,585$  dB. Kemudian untuk nilai *insertion loss pada output kedua*, hasil simulasi dan hasil pengukuran untuk kedua frekuensi sesuai dengan spesifikasi awal  $\geq -4$  dB
5. Hasil *insertion loss* menunjukkan daya yang terbagi untuk kedua *port*. Pada kesimpulan nomor 7 menunjukkan hasil yang terbagi memang tidak terlalu ideal semua sama. Pada hasil simulasi, untuk frekuensi 1,27 GHz memiliki selisih antar *output* sebesar 0.0306 dB dan untuk 2,3 GHz memiliki selisih 0.057 dB. Pada hasil pengukuran, untuk frekuensi 1,27 GHz memiliki selisih antar *output* 0.321 dB dan untuk frekuensi 2,3 GHz sebesar 0.681 dB.
6. Nilai *port isolation* pada hasil simulasi dan pengukuran telah memenuhi spesifikasi, namun untuk hasil pengukuran pada frekuensi 1,27 GHz tidak memenuhi spesifikasi karena bernilai  $-8,867$  dB
7. VSWR pada *port input* yang diperoleh pada hasil simulasi dan pengukuran untuk kedua frekuensi sesuai dengan spesifikasi awal yaitu  $\leq 1,5$

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. C. Koo, Y. K. Chan, V. Gobi, M. Y. Chua, C. H. Lim, C. S. Lim, C. C. Thum, T. S. Lim, Z. Ahmad, K. A. Mahmood, M. H. Shahid, C. Y. Ang, W. Q. Tan, P. N. Tan, K. S. Yee, W. G. Cheaw, H. S. Boey, A. L. Choo, B. C. Sew. 2012. "A New Unnamed Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar for Environmental Monitoring". Faculty of Engineering & Technology Multimedia University.
- [2] Sumantyo, Josaphat Tetuko Sri. 2011. "Development of Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar Onboard Microsatellite for Earth Diagnosis". IGARSS.
- [3] Pozar, David M. 2005. Microwave Engineering 3rd Ed. New York: Wiley.
- [4] Wu, Lei and Z. Sun, h. Yilmaz, M. Berroth. 2006. A dual Frequency Wilkinson Power Divider. IEEE Trans.Microw.Theory Tech. Vol 54 no.1.
- [5] Moreira Alberto. A Tutorial Synthetic Aperture Radar. Microwaves and Radar Institute of the German Aerospace Center (DLR), Germany.
- [6] C. Monzon. 2003. A Small Dual-Frequency Transformer in Two Section. IEEE Trans.Microw.Theory.Tech. Vol 51 no.4.