

Modifikasi Pembagi Daya Wilkinson *Dual Band* pada Frekuensi *L-Band* dan *S-Band*

Fithqoti Afiroh Zuqri¹, Bambang Setia Nugroho², Budi Syihabuddin³

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

^{1,2,3}Jl. Telekomunikasi no. 1, Dayeuh Kolot, Bandung, 40257

Email korespondensi : budisyihab@telkomuniversity.ac.id

Dikirim 30 Maret 2016, Diperbaiki 26 April 2016, Diterima 28 April 2016

Abstrak - Pembagi daya Wilkinson merupakan pembagi daya yang menggunakan saluran dengan panjang $\lambda/4$ dan menyisipkan komponen isolasi antar kedua *port* keluaran. Dengan menggunakan panjang saluran $\lambda/4$, *bandwidth* yang dihasilkan relatif sempit karena berhubungan dengan panjang saluran yang tetap. Penelitian ini melakukan modifikasi dari penelitian sebelumnya yang dapat menghasilkan pembagi daya Wilkinson yang bersifat *dual band* menjadi *wide band* dengan area kerja dari rentang *L-Band* hingga *S-Band*. Dari simulasi didapatkan *bandwidth* dari nilai *returnloss* dibawah -10 dB sebesar 3.6355 GHz, dan nilai isolasi antara *port 2* dan *port 3*, pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz, nilai isolasi parameter S23 dan S32 dengan komponen isolasi resistor 100 ohm bernilai -9,7521 dB dan -12,3626 dB.

Kata kunci – Pembagi Daya Wilkinson, *Dual Band*, *L-Band*, *S-Band*, Mikrostrip.

Abstract - Wilkinson power divider is a power divider that uses $\lambda/4$ transmission lines and insert isolation component between the two output ports. Using $\lambda/4$ transmission lines, which is the bandwidth of it will be narrow because the transmission lines length is fixed. This research modified previous work that can produce a dual band Wilkinson power divider into a wide band Wilkinson power divider that will work at L-Band and S-Band. From the simulation result, bandwidth S11 below -10 dB is 3.6355 GHz and isolation between port 2 and port 3, at frequency 1.27 GHz and 2.3 GHz, the S23 and S32 with a 100 ohm resistor as a isolation component are -9.7521 dB and -12.3626 dB.

Keywords – Wilkinson Power Divider, Dual Band, L-Band, S-Band, Microstrip.

I. PENDAHULUAN

Power Divider merupakan salah satu komponen gelombang mikro pasif yang dapat berfungsi sebagai pembagi daya maupun sebagai penggabung daya [1]. Pembagi daya dapat berupa 4 *port* seperti *bidirectional coupler* ataupun 3 *port* seperti *T-Junction* dan pembagi daya Wilkinson (*Wilkinson Power Divider*). Pada penelitian [2] dihasilkan pembagi daya dengan kemampuan melewati 2 frekuensi yang berbeda. Pembagi daya tersebut bekerja pada frekuensi 1 GHz dan 1,8 GHz serta 1 GHz dan 4 GHz.

Penelitian tentang pembagi daya *dual band* juga dilakukan oleh [3] yang menganalisis kinerja dari pembagi daya frekuensi 1,1 GHz dan 2,2 GHz. Selain itu, ada juga penelitian [4] yang menganalisis pengaruh dari komponen isolasi terhadap *bandwidth* isolasi dari pembagi daya Wilkinson. Serta pada penelitian [5] mengajukan model pembagi daya yang mempunyai respon frekuensi *tri-band* dengan memanfaatkan komponen induktor.

Mengacu pada penelitian [2], pada penelitian ini dirancang dan dimodifikasi bentuk pembagi daya Wilkinson *dual band* yang dapat bekerja pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz untuk digunakan pada lisensi frekuensi radio amatir [6]. Dengan menggunakan pembagi daya Wilkinson diharapkan dapat memberikan tingkat isolasi antar *port output* tinggi karena adanya penambahan resistor untuk mengatur daya yang keluar di *port output* [1].

Dari peraturan radio amatir [6] pada spektrum *L-Band* untuk keperluan amatir dapat digunakan frekuensi 1260 MHz – 1300 MHz, serta pada spektrum *S-Band* dapat digunakan frekuensi 2300 MHz – 2450 MHz. pemilihan frekuensi tersebut didasari oleh perkembangan penginderaan jauh menggunakan gelombang mikro yang telah dikembangkan oleh [7] dengan menggunakan pesawat tanpa awak dan [8] dengan menggunakan satelit-mikro.

Penelitian pembagi daya *dual band* dimaksudkan sebagai sistem *Software Defined Radio* yang diimplementasikan pada teknologi penginderaan jauh

berbasis gelombang mikro dengan menggunakan perangkat radio *front end* yang sama, yang hanya perlu dilakukan penyesuaian pada bagian *base band*. Sehingga untuk mendapatkan karakteristik objek yang berbeda dan lebar pita yang berbeda untuk kebutuhan yang berbeda, dapat disesuaikan dengan pita yang tersedia, baik pada *L-Band* atau *S-Band*.

Artikel ini terdiri dari 4 bagian dengan bagian pertama berisi tentang pendahuluan. Kemudian bagian kedua tentang metodologi penelitian yang berisi teori pendukung dari pembagi daya Wilkinson serta desain pembagi daya Wilkinson, khususnya yang bersifat *dual band*. Pada bagian ketiga berisi analisis dari perancangan, dan pada bagian terakhir berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara merancang sesuai dengan penelitian [2], kemudian dilakukan optimasi untuk mendapatkan frekuensi *L-Band* dan *S-Band* sesuai dengan ketentuan pada [6]. Setelah dilakukan optimasi untuk mendapatkan frekuensi yang diinginkan, dilakukan modifikasi dari penelitian [2], dengan cara menghilangkan komponen induktor dan kapasitor sehingga hanya tersisa resistor sebagaimana teori pembagi daya Wilkinson pada [1]. Setelah itu, dilakukan analisis dari hasil perancangan, optimasi serta modifikasi untuk mengetahui kinerja dari perancangan.

A. Pembagi Daya Wilkinson Power Dual Band

Wilkinson power divider merupakan jenis rangkaian *power divider* yang dapat memperoleh isolasi antar *port output* ketika kondisi sepadan di semua *port* dipertahankan. Pada pembagi daya Wilkinson, daya yang masuk akan dibagi menjadi *N-way* pada masing-masing *output*, dan memiliki isolasi antar *port output* untuk mencegah daya berpindah di antara kedua *port output* [1]. Gambar pembagi daya dalam bentuk mikrostrip dan bentuk rangkaian pengganti ditunjukkan oleh Gambar 1 (a) dan (b). Pada Gambar 1, terdapat dua nilai impedansi yang digunakan, yaitu impedansi Z_0 dan impedansi $\sqrt{2}Z_0$ dengan panjang $\lambda/4$. Dengan penambahan tersebut, pembagi daya tidak bersifat resiprok dan resistif sehingga antar *port* tidak bisa digunakan secara berkebalikan. Ketika *input* digunakan sebagai *output*, atau sebaliknya, sifat rangkaian 3 *port* tersebut akan berubah dari pembagi daya menjadi penggabung daya [1].

Untuk mendapatkan respon *dual band*, model rangkaian pengganti yang dilakukan oleh Lei Wu dkk pada penelitian [2] dilakukan modifikasi dari [1] berupa penambahan impedansi baru sebesar Z_2 dan komponen L dan C seperti terlihat pada Gambar 2. Analisis rangkaian untuk pembagi daya Wilkinson *dual band* [2] menggunakan analisis mode genap dan mode ganjil.

1) Analisis Pembagi Daya Wilkinson Mode Genap

Pada analisis mode genap, memiliki dua sinyal dengan *magnitude* dan fasa yang sama. Untuk menyelesaikan transformasi pada dua frekuensi yang berbeda f_1 dan $f_2 = m.f_1$ (dengan asumsi m adalah rasio dari kedua frekuensi) dapat mengikuti penurunan persamaan sebagai berikut [9].

$$l_1 = l_2 = \frac{n\pi}{\beta_1 + \beta_2} \quad (1)$$

$$Z_2 = Z_0 \sqrt{\frac{1}{2a} + \sqrt{\frac{1}{4a^2} + 2}} \quad (2)$$

dan

$$Z_1 = \frac{2Z_0^2}{Z_2} \quad (3)$$

ketika,

$$\alpha = (\tan(\beta_1 l_1))^2 \quad (4)$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (5)$$

n merupakan integer positif.

2) Analisis Pembagi Daya Wilkinson untuk Mode Ganjil

Persamaan impedansi Z' dan Z'_{ganjil} pada frekuensi pertama (f_1) adalah sebagai berikut :

$$Z' \omega_1 = Z_1 \frac{0 + j.Z_1 \cdot \tan(\beta_1 l_1)}{Z_1 + j.0 \cdot \tan(\beta_1 l_1)} \quad (6)$$

$$Z'_{ganjil} \omega_2 = Z_1 \frac{Z' \omega_1 + j.Z_2 \cdot \tan(\beta_1 l_2)}{Z_2 + j.Z' \omega_1 \cdot \tan(\beta_1 l_2)} \quad (7)$$

Menggunakan persamaan (6) substitusi dengan (7) dan $l_1 = l_2$ dari persamaan (1) menjadi

$$\begin{aligned} Z'_{ganjil} \omega_1 &= Z_2 \frac{j.Z_1 \cdot \tan(\beta_1 l_1) + j.Z_2 \cdot \tan(\beta_1 l_1)}{Z_2 + j.j.Z_1 \cdot (\tan(\beta_1 l_1))^2} \\ &= Z_2 \frac{j.(Z_1 + Z_2) \cdot \tan(\beta_1 l_1)}{Z_2 - Z_1 \cdot (\tan(\beta_1 l_1))^2} \end{aligned} \quad (8)$$

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

$$Z''_{ganjil} \omega_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{Z'_{ganjil} \omega_1} + \frac{2}{R} + j.\omega_1.2C - \frac{2}{\omega_1 L} \right)} \quad (9)$$

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

$$R = 2.Z_0 \quad (10)$$

Dan

$$\frac{1}{Z'_{ganjil} \omega_1} = j \cdot \left(\frac{2}{\omega_1 L} - 2\omega_1 C \right) \quad (11)$$

Dengan persamaan (8), (11), maka dapat dituliskan

$$\frac{Z_2 - Z_1 \cdot \tan^2(\beta_1 l_1)}{Z_2(Z_1 + Z_2) \cdot \tan(\beta_1 l_1)} = \omega_1 \cdot 2C - \frac{2}{\omega_1 L} \quad (12)$$

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

$$\frac{Z_2 - Z_1 \cdot \tan^2(\beta_2 l_1)}{Z_2(Z_1 + Z_2) \cdot \tan(\beta_2 l_1)} = \omega_2 \cdot 2C - \frac{2}{\omega_2 L} \quad (13)$$

Dari persamaan (12) dan (13) bisa diperoleh C dan L, persamaannya dapat diselesaikan dengan persamaan berikut ini.

$$p = \tan(\beta_1 l_1) \quad (14)$$

$$q = \tan(\beta_2 l_1) \quad (15)$$

$$A = \frac{Z_2 - Z_1 \cdot p^2}{Z_2 \cdot p \cdot (Z_1 + Z_2)} \quad (16)$$

$$B = \frac{Z_2 - Z_1 \cdot q^2}{Z_2 \cdot q \cdot (Z_1 + Z_2)} \quad (17)$$

Persamaan (12) dan (13) akan menjadi

$$A = \omega_1 \cdot 2C - \frac{2}{\omega_1 \cdot L} \quad (18)$$

$$B = \omega_2 \cdot 2C - \frac{2}{\omega_2 \cdot L} \quad (19)$$

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

$$C = \frac{\frac{B}{\omega_1} - \frac{A}{\omega_2}}{2\omega_2 - 2\omega_1} \quad (20)$$

$$L = \frac{\frac{2\omega_2}{\omega_1} - \frac{2\omega_1}{\omega_2}}{B\omega_1 - A\omega_2} \quad (21)$$

Jadi, persamaan (1) – (5), (10), (20), dan (21) merupakan parameter desain dari pembagi daya Wilkinson *dual band*, yang 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 [2].

Dari keseluruhan persamaan di atas, untuk hubungan antara bilangan bulat positif (n) dan perbandingan frekuensi (m), dapat diringkas sebagai berikut [2].

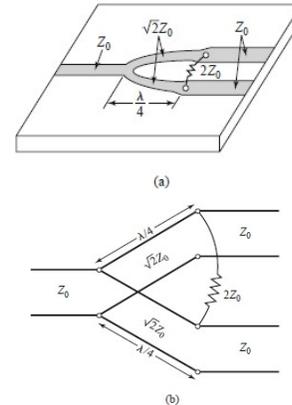
1) $n = 1$, jika *dual band* Wilkinson *power divider* yang beroperasi pada f_1 dan $m \cdot f_1$ memiliki *range* $1 < m < 3$

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

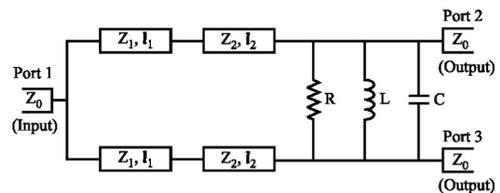
2) untuk $m = 4n - 1$, *dual frequency* Wilkinson *power divider* konvensional.

B. Desain Pembagi Daya Wilkinson untuk L-Band dan S-Band

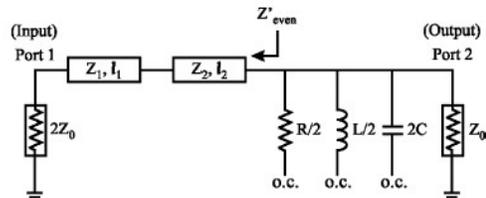
Rangkaian yang diusulkan pada penelitian ini adalah seperti pada Gambar 5, dimana pada rangkaian yang diusulkan sedikit berbeda dengan penelitian [2], yaitu menghilangkan komponen induktor dan kapasitor sehingga hanya resistor yang berfungsi sebagai isolasi. Proses perancangan pembagi daya menggunakan metode konvensional dengan dua impedansi karakteristik yang berbeda pada masing-masing transformator. Pada Gambar 6 merupakan desain dalam bentuk saluran mikrostrip sebagai desain yang akan disimulasikan. Perancangan dengan menggunakan persamaan (1) - (5) dengan menghitung impedansi serta tebal dan panjang saluran yang dibutuhkan, namun belum menggunakan komponen isolasi seperti R, L dan C. Hasil desain dan optimasi awal dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 7.



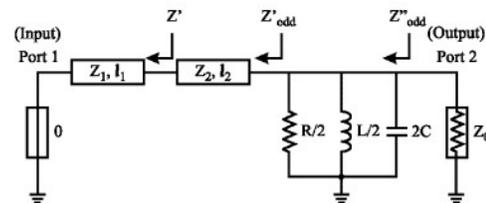
Gambar 1. Pembagi Daya Wilkinson Konvensional (a) Bentuk mikrostrip (b) Rangkaian pengganti [1]



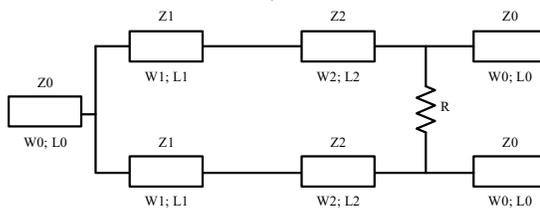
Gambar 2. Pembagi Daya Dual Band [2]



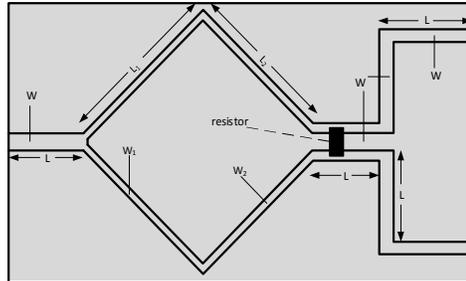
Gambar 3. Rangkaian Pembagi Daya Dengan Analisis Mode Genap [2]



Gambar 4. Rangkaian Pembagi Daya Dengan Analisis Mode Ganjil [2]



Gambar 5. Rangkaian Dual Band Wilkinson Power Divider Yang Diusulkan



Gambar 6. Desain Dual Band Power Divider

Tabel 1. Dimensi Power Divider

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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas tentang hasil optimasi dan pengaruh dari komponen isolasi pada port 2 dan port 3, yaitu komponen resistor, induktor serta kapasitor.

A. Analisis Hasil Optimasi

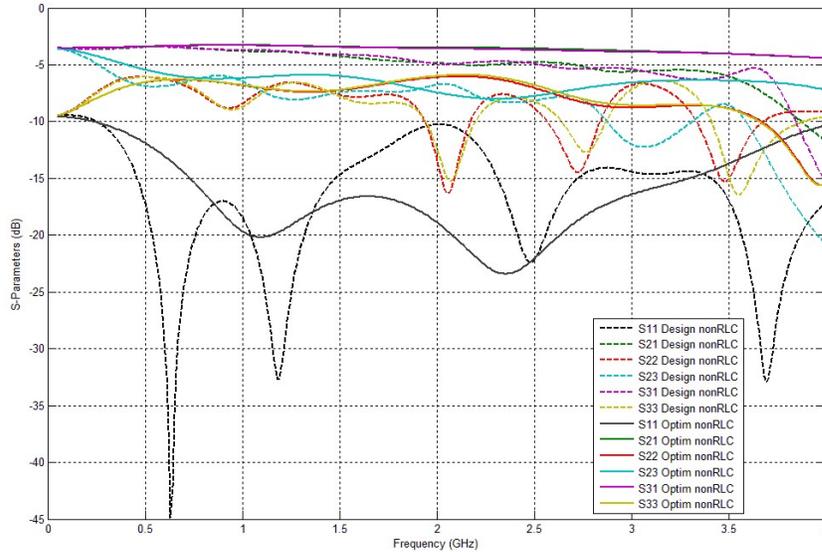
Dari Gambar 7 terlihat hasil yang berbeda antara desain awal yang menggunakan persamaan (1) – (5), dan hasil setelah dilakukan optimasi dengan mengubah panjang serta lebar saluran pada impedansi Z_1 dan Z_2 . Hasil yang didapatkan dari desain hasil perhitungan dengan memperhatikan nilai S11 terkecil pada suatu frekuensi berada pada frekuensi 0,632 GHz dan frekuensi 1,18 GHz dengan nilai S11 secara berurutan sebesar -44,9 dB dan -32,73 dB. Sedangkan tegangan dari port 1 ke port 2 dan port 3 pada frekuensi minimum tersebut sebesar -3,44 dB dan -3,46 dB serta -3,79 dB dan -3,87 dB. Dilihat dari nilai S11 yang kurang dari -10 dB, diperoleh frekuensi minum pada 0,249 GHz sampai dengan 2 GHz, lalu respon frekuensi dari grafik S11 turun kembali. Mengacu dari spesifikasi yang menginginkan power divider bekerja pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3GHz maka hasil perancangan ini harus dilakukan optimasi. Namun, jika dibatasi menjadi sebuah bandwidth dengan batasan S11 sebesar -10 dB, maka bandwidth hasil perancangan sebesar 1,751 GHz.

Sedangkan hasil dari optimasi, untuk nilai S11 di bawah -10 dB mulai dari frekuensi 0,234 GHz sampai dengan 4 GHz sehingga bandwidth yang diperoleh dari nilai S11 sebesar 3,766 GHz. Jadi dilihat dari respon S11 tersebut, dengan dilakukan optimasi power divider tersebut dapat bekerja pada frekuensi yang diinginkan, yaitu pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz. Nilai S21 dan S31 pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz sebesar -3,371 dB dan -3,371 dB serta -3,642 dB dan -3,532 dB. Walaupun hasil ini tidak memenuhi karakteristik dari parameter S Wilkinson power divider untuk port 1 ke port 2 dan 3 sebesar -3 dB, namun hasil ini lebih baik dari hasil perancangan dengan perhitungan.

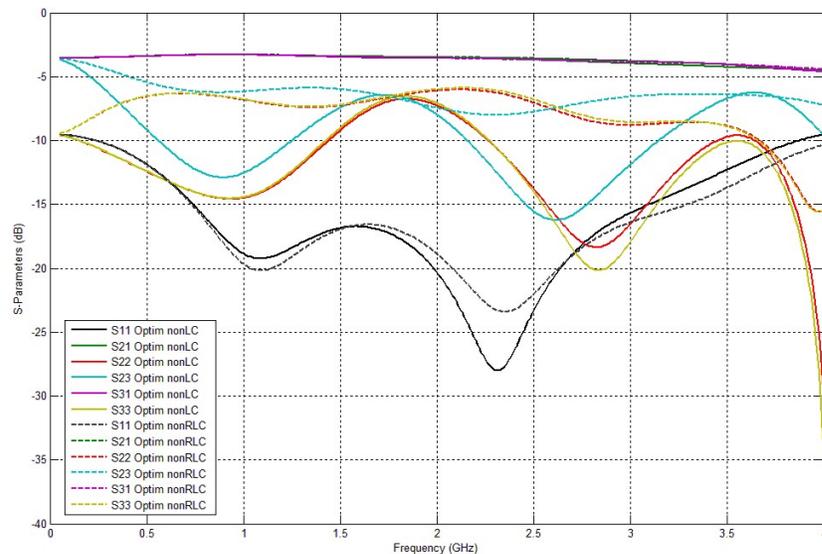
Setelah dilakukan perancangan dan optimasi seperti pada Gambar 7, maka dilakukan perbandingan desain yang diusulkan tanpa menggunakan komponen isolasi L dan C, serta tanpa R, L dan C dan rangkaian dengan R, L dan C seperti pada Gambar 8 dan Gambar 9. Pada Gambar 8 dan Gambar 9 diambil data 6 data parameter S, dengan nilai S23 sama dengan S32, S31 sama dengan S13 serta S21 sama dengan S12. Pada Gambar 8, bandwidth S11 di bawah -10 dB untuk hasil optimasi dengan menggunakan resistor 100 ohm sesuai dengan persamaan (10) diperoleh sebesar 3.6355 GHz, lebih sempit dibandingkan hasil optimasi tanpa menggunakan resistor sebagai komponen isolasi. Namun dibandingkan tanpa menggunakan komponen isolasi, nilai S23 dan S32 lebih kecil dengan menggunakan resistor 100 ohm. Dengan menggunakan resistor 100 ohm sebagai isolasi, nilai S23 dan S32 minimum berada pada frekuensi 2,61 GHz dengan nilai -16,232 dB serta nilai maksimum pada 1,74 GHz dengan nilai -6,449 dB. Sedangkan tanpa menggunakan komponen isolasi, nilai S23 dan S32 minimum berada pada

frekuensi 2,28 GHz dengan nilai -8,009 dB. Nilai S23 bernilai sama dengan S32 karena karakteristik Wilkinson yang simetris. Dan nilai S32 dan S23 maksimum berada pada 1,39 GHz dengan nolai -5,9 GHz. Pada frekuensi yang 1,27 GHz dan 2,3 GHz, nilai isolasi parameter S23 dan S32 tanpa komponen isolasi sebesar -5,9175 dB dan -8,0116 dB sedangkan dengan komponen isolasi resistor 100 ohm lebih rendah, bernilai -9,7521 dB dan -12,3626 dB.

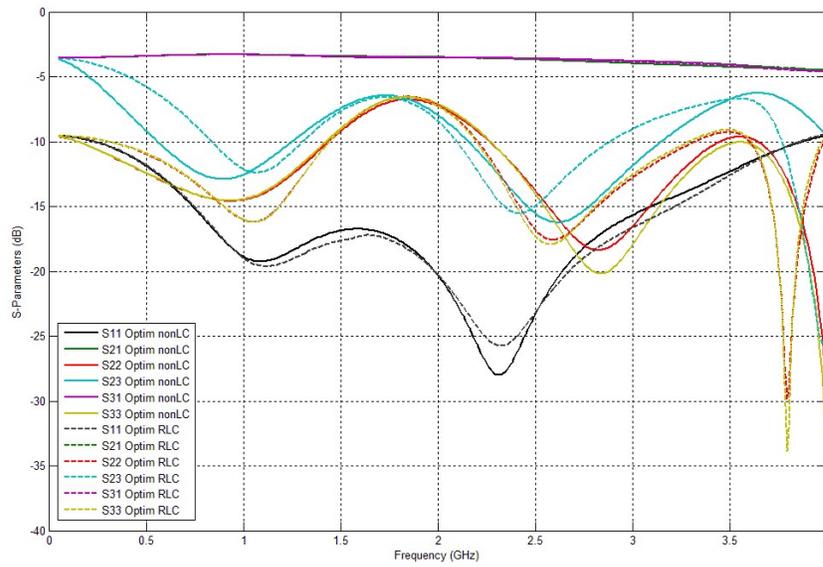
Pada Gambar 9, dengan menggunakan komponen isolasi secara lengkap yaitu resistor 100 ohm, induktor 7,5 nH dan kapasitor 1.2 pF sesuai dengan persamaan (10), (20) dan (21), nilai S23 dan S32 tidak berubah secara signifikan. Nilai minimum sebesar -15,5188 dB pada frekuensi 2,4 GHz dan nilai maksimum sebesar -6,5927 dB pada frekuensi 1,72 GHz, tidak lebih baik dengan hanya menggunakan isolasi berupa resistor 100 ohm. Sedangkan pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz nilai S23 dan S32 sebesar -10,4871 dB dan -14,3731 dB.



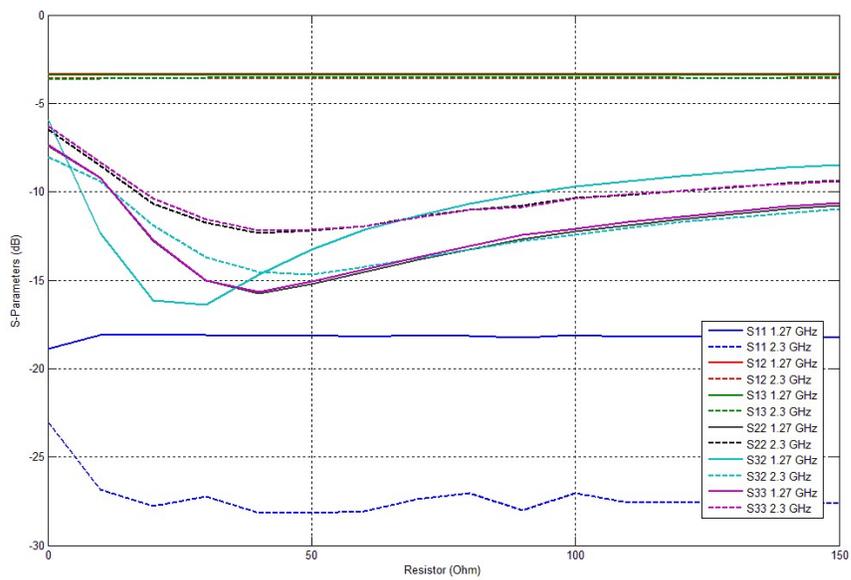
Gambar 7. Hasil simulasi antara Desain dan Optim Tanpa RLC



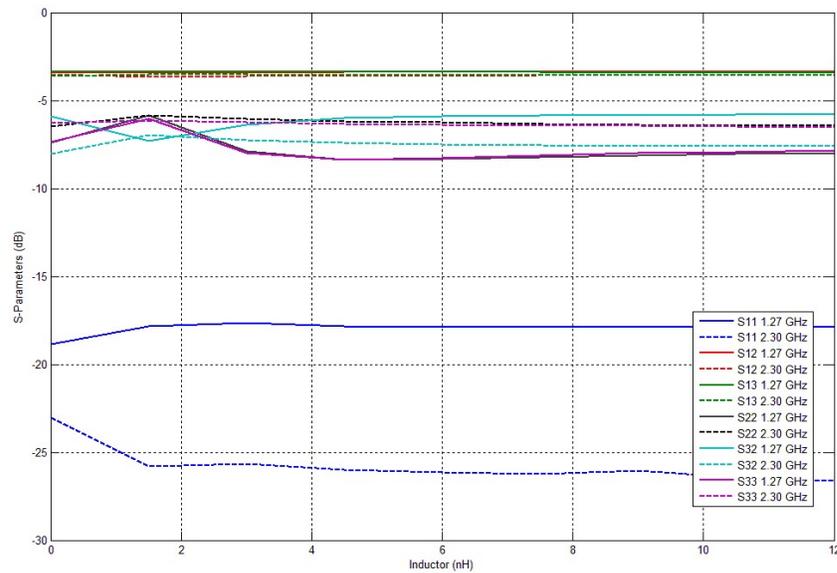
Gambar 8. Hasil simulasi antara Optim tanpa LC dan Optim Tanpa RLC



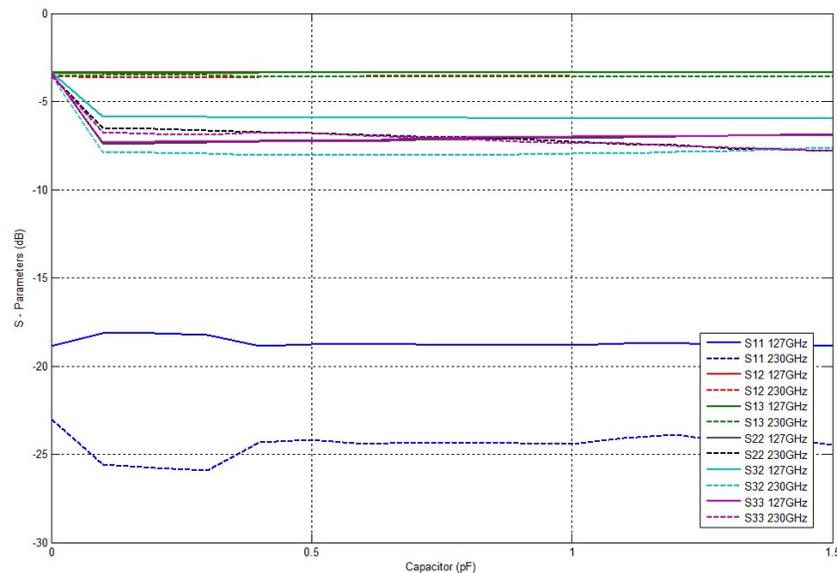
Gambar 9. Hasil simulasi antara Optim tanpa LC dan Optim dengan RLC



Gambar 10. Pengaruh Nilai Resistansi pada Frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz



Gambar 11. Pengaruh Nilai Induktansi pada Frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz



Gambar 12. Pengaruh Nilai Kapasitansi pada Frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz.

B. Analisis Pengaruh R, L dan C terhadap Parameter S

Gambar 10 dan Gambar 11 merupakan resume dari nilai resistor, induktor, serta kapasitor pada frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz yang juga diperlihatkan pada bagian *appendix*. Gambar 10 memperlihatkan nilai S11 pada frekuensi 1,27 GHz terkecil pada resistor 0 ohm, sebesar -18,872 dB, dan pada frekuensi 2,3 GHz pada resistor 40 ohm. Untuk S11, S22, S32 dan S33 diperhatikan nilai terkecil

sedangkan untuk nilai S12 dan S13 diperhatikan nilai terbesar. Ini berdasarkan sifat dari parameter S untuk rangkaian 3 port yang bekerja sebagai pembagi daya.

Dari grafik pada Gambar 10, terjadi perubahan nilai signifikan pada S32, S33 dan S22. Ini berarti penambahan resistor mempengaruhi nilai dari impedansi *input* ketika pada port 2 dan port 3 digunakan sebagai *input*. Namun penambahan nilai kapasitansi dan induktansi diantara port 2 dan port 3, tidak dirasa signifikan seperti penambahan resistor

100 ohm diantara *port 2* dan *port 3*, ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12. Sehingga dari model yang diusulkan, komponen isolasi dapat dikurangi dengan hanya menggunakan komponen resistor 100 ohm.

Dari gambar yang ditampilkan pada bagian *appendix*, dengan memperhatikan perubahan nilai resistor dari 0 ohm, 10 ohm, 20 ohm sampai dengan 150 ohm, terjadi perubahan signifikan pada parameter S S22, S32, S32 dan S33 dapat diturunkan dari -10 dB sampai dengan -50 dB. Namun pada parameter S yang sama, dengan ditambahkan induktansi dan kapasitansi, tidak ada perubahan yang signifikan, hanya dari -6 dB sampai dengan -16 dB.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari model pembagi daya Wilkinson *Dual Band* Wilkinson, dilakukan perubahan dari sisi frekuensi mencakup frekuensi *L-Band* pada frekuensi 1,27 GHz dan frekuensi *S-Band* pada frekuensi 2,3 GHz. Serta pada komponen isolasi dengan hanya menggunakan resistor 100 ohm tanpa menggunakan komponen induktor dan kapasitor. Dari desain, didapatkan hasil dengan *bandwidth* S11 di bawah -10 dB sebesar 3.6355 GHz, lebih kecil dari *bandwidth* tanpa komponen isolasi baik R, L dan C, namun dengan menggunakan resistor 100 ohm sebagai isolasi pada *port 2* dan *port 3*, S23, S32, S22 dan S33 menjadi lebih baik dan dapat dikatakan memenuhi syarat untuk dijadikan pembagi daya ataupun penggabungan daya.

B. Saran

Untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut, maka dapat dilakukan beberapa saran berikut:

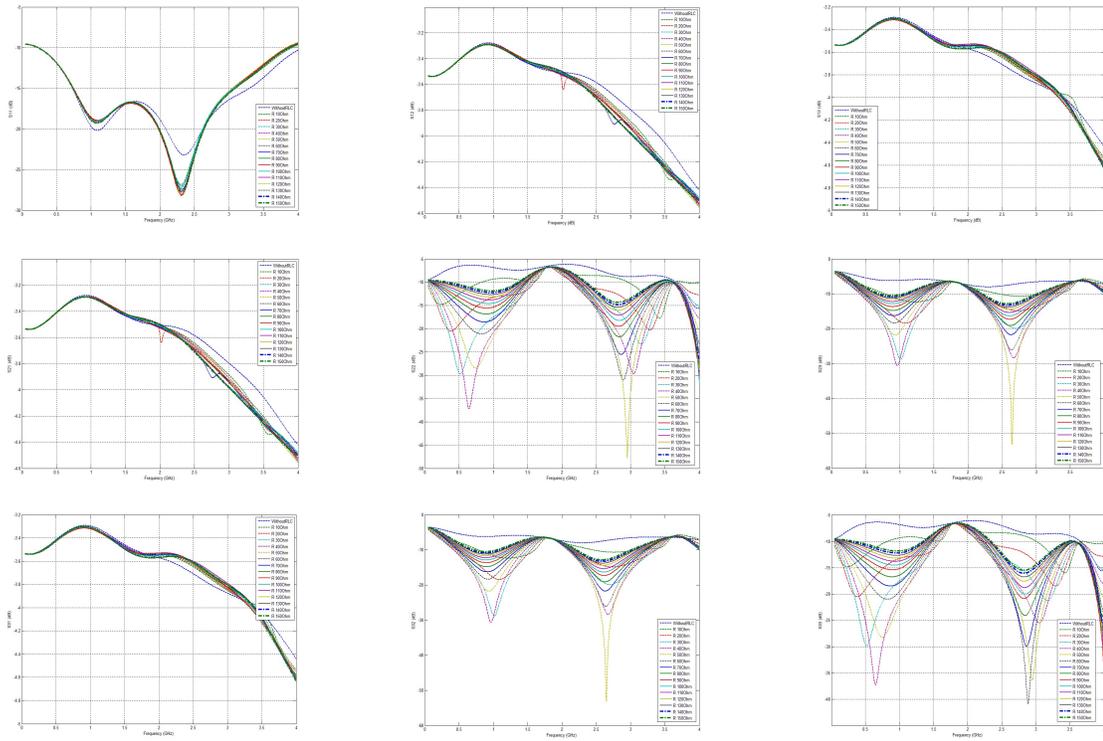
1. Merealisasikan hasil dari modifikasi yang telah dilakukan
2. Mengembangkan model untuk pita frekuensi yang lebih lebar dengan memanfaatkan sifat dari penyepadan impedansi multi-trafo $\lambda/4$.

DAFTAR PUSTAKA

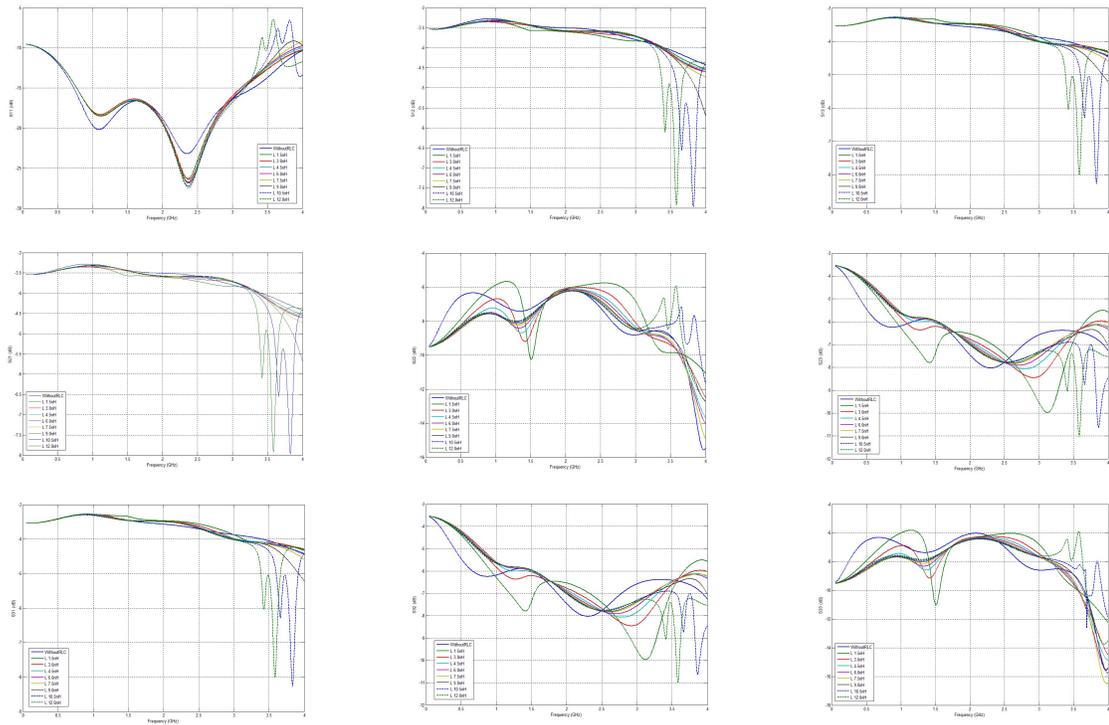
- [1] D. Pozar, *Microwave Engineering Fourth Edition*. John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [2] L. Wu, Z. Sun, H. Yilmaz, and M. Berroth, "A dual-frequency wilkinson power divider," *Microw. Theory Tech. IEEE Trans.*, vol. 54, no. 1, pp. 278–284, 2006.
- [3] Y. Wu, Y. Liu, and Q. Xue, "An Analytical Approach for a Novel Coupled-Line Dual-Band Wilkinson Power Divider," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 59, no. 2, pp. 286–294, 2011.
- [4] J. Kao, S. Member, and Z. Tsai, "A Modified Wilkinson Power Divider With Isolation Bandwidth Improvement," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 60, no. 9, pp. 2768–2780, 2012.
- [5] Y. Lv, D. Shen, W. Ren, J. He, and J. Zeng, "An Equal-Split Wilkinson Power Divider with Tri-Band and Harmonic Suppression," in *IEEE International Wireless Symposium (IWS)*, 2015, pp. 1–4.
- [6] ORARI, "Keputusan Nomor KEP-065/OP/KU/2009 tentang Pembagian dan Penggunaan Segmen Band Frekuensi Amatir Radio (Band Plan)," no. 021, pp. 1–9, 2009.
- [7] 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, and B. C. Sew, "A new unmanned aerial vehicle synthetic aperture radar for environmental monitoring," *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 122, no. November 2011, pp. 245–268, 2011.
- [8] J. Tetuko and S. Sumantyo, "Development of Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar (CP-SAR) Onboard Small Satellite," pp. 334–341, 2011.
- [9] C. Monzon, "A small dual-frequency transformer in two sections," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 51, no. 4 I, pp. 1157–1161, 2003.

APPENDIX

A. Grafik Pengaruh R terhadap Parameter S



B. Grafik Pengaruh L terhadap Parameter S



C. Grafik Pengaruh C terhadap Parameter S

