

PERANCANGAN DAN REALISASI POWER DIVIDER 2 WAY PADA MODUL TRANSMITTER DAN RECEIVER DENGAN FREKUENSI 2,8 GHz UNTUK RADAR ASR

(DESIGN AND REALIZATION OF POWER DIVIDER 2 WAY IN TRANSMITTER AND RECEIVER WITH 2.8 GHz FREQUENCY FOR ASR RADAR)

Achmad Yudaliyanto¹, Heroe Wijanto², Yussi Perdana Saputera³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

¹ahmadyuda@student.telkomuniversity.ac, ²heroe.wijanto@telkomuniversity.ac.id,

³yussips@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Wilkinson power divider berfungsi membagi sinyal masukan menjadi beberapa sinyal keluaran dengan fasa yang sama. Prinsip utamanya adalah menyediakan isolasi tinggi antar output, dengan membatasi efek dari refleksi sinyal. Wilkinson menambahkan sebuah resistor untuk mengupayakan port output match dan secara penuh mengisolasi port 2 dari port 3 pada frekuensi tengah. Tugas ini merancang Power Divider 2 Way Pada Modul Transmitter dan Receiver dengan frekuensi 2,8 GHz untuk RADAR ASR, perancangan ini akan dicoba direalisasikan power divider 1:2 dengan menggunakan bahan PCB jenis FR4. Kemudian membuat perhitungan terhadap penentuan spesifikasi, perancangan menggunakan CST Studio Suite 2018 dan merealisasikan power divider tersebut. Diperoleh parameter-parameter yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini, seperti return loss ≤ -10 dB, kopling ≤ -15 dB, impedansi 50 Ohm, dan insertion loss $(20 \log 2) = 3$ dB, bandwidth > 200 . Hasil pengukuran didapatkan bandwidth lebih dari 200 MHz. yang akan di pasang pada bagian transmitter dan receiver.

Kata Kunci : Wilkinson power divider, Airport Surveillance Radar

Abstract

The functions of Wilkinson power divider is to divide the input signal into several output signals with the same phase. The main principle is to provide high isolation between outputs, by limiting the effects of signal reflection. Wilkinson added a resistor to work on the output match port and fully isolate port 2 from port 3 at the center frequency. This final project is designing a 2 Way Power Divider on the Transmitter and Receiver Module with a frequency of 2.8 GHz for ASR RADAR, this design will try to realize a 1:2 power divider by using FR4 PCB material. Then make calculations on the determination of specifications, design using CST Studio Suite 2018 and realize the power divider. Obtained the parameters needed in this final project, such as return loss ≤ -10 dB, coupling ≤ -15 dB, impedance 50 Ohm, and Insertion loss $(20 \log 2) = 3$ dB, bandwidth > 200 . The measurement results obtained bandwidth of more than 200 MHz. which will be installed on the transmitter and receiver.

Keywords: Wilkinson power divider, Airport Surveillance Radar

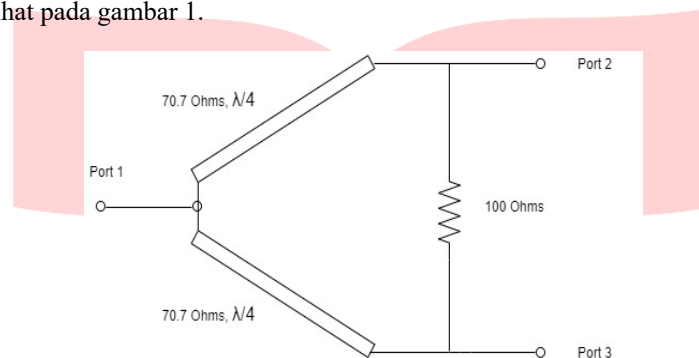
1. Pendahuluan

Airport Surveillance Radar (ASR) atau radar pengawas udara merupakan radar yang digunakan untuk memantau pergerakan pesawat komersial pada saat memasuki atau keluar wilayah bandara tertentu atau hanya melintasi suatu wilayah udara bandara sehingga pergerakan pesawat tersebut dapat selalu dimonitor dan dipandu[2]. Sebelumnya telah di lakukan penelitian untuk antena array 4x1 dengan frekuensi 2,8 GHz dengan judul “antena mikrostrip array 4 x 1 dengan bentuk trisula untuk aplikasi Airport Surveillance Radar” yang dilakukan oleh Deni Maulana dengan pembahasan pembuatan antena untuk aplikasi radar udara[1]. Dalam penelitian sebelumnya hanya melakukan penelitian terhadap antena, dengan susunan array yang dibutuhkan dengan jumlah yang banyak, yaitu 8 modul, dengan susunan antena menggunakan power divider, dalam hal ini penulis bertujuan untuk melakukan penelitian pembuatan power divider dengan bandwidth yang lebar, sesuai dengan spesifikasi radar ASR yaitu 2,8 GHz[1]. Tugas akhir ini akan dibahas tentang desain dan simulasi power divider 2 Way dengan menggunakan substrat yang tersedia di dalam negeri sehingga mudah dalam fabrikasi serta melakukan modifikasi pada ground dengan menambahkan slot untuk menimbulkan kopling yang membuat bandwidth menjadi lebar. Radar ini menggunakan frekuensi kerja 2,8 GHz. Dibandingkan power divider yang digunakan di pasaran berasal dari luar negeri dan memiliki harga yang relatif mahal dengan bandwidth yang sempit. Pada tugas akhir ini akan dicoba direalisasikan power divider 1:2 dengan menggunakan bahan PCB jenis

FR4 untuk aplikasi pada penelitian radar ASR dengan frekuensi 2,8 GHz, dengan *bandwidth* lebih dari 200 MHz. yang akan di pasang pada bagian transmitter dan receiver[7].

2. Konsep Dasar

Power divider merupakan komponen pasif *microwave* yang digunakan untuk membagi atau menggabungkan daya, karena baik *port input* maupun *port* keluarannya *match*. Dengan menggunakan metode Wilkinson *power divider* yang berfungsi membagi sinyal masukan menjadi beberapa sinyal keluaran dengan fasa yang sama [3]. Prinsip utamanya adalah menyediakan isolasi tinggi antar *output*, dengan membatasi efek dari refleksi sinyal, karena *lossless reciprocal, three-port network* tidak mempunyai *port-port* yang secara simultan *match*. Wilkinson menambahkan sebuah resistor untuk mengupayakan ketiga *port* keluarannya *match* dan secara penuh mengisolasi *port 2* dari *port 3* pada frekuensi tengah (f_c). Keuntungannya adalah resistor tidak menimbulkan *resistive loss* pada *power divider*, sehingga idealnya wilkinson *power divider* memiliki efisiensi 100%.[7,8]. Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa jenis *power divider* ini memiliki *input port, quarter wave transformers, isolation port, output ports*, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Prinsip wilkinson *power divider transformer* $\lambda/4$ 2 way [7,8].

Sebuah pembagi daya wilkinson 2-way divider, yang terdiri dari 2 buah transformer $\lambda/4$ dengan impedansi karakteristik (Z_0) masing - masing sebesar $70,7\Omega$, hasil dari transformasi impedansi saluran 50Ω ke impedansi beban 100Ω dan resistor 100Ω di antara keduanya. Namun untuk memperlebar bandwidth, tambahan transformer $\lambda/4$ dan resistor isolasi perlu ditambahkan.

A. Tapered line

Tapered line merupakan pemodelan power divider dengan bentuk meruncing untuk mencapai frekuensi 2,8 GHz. Jalur pada tapered line terdiri dari beberapa bagian saluran transmisi sehingga mendekati garis meruncing. Dalam merancang power divider maka dibutuhkan tapered line karena memiliki karakteristik dapat mengurangi daya return loss yang besar dengan semakin lebar frekuensi, maka semakin kecil saluran transmisi[6,7].

B. Saluran Mikrostrip

Saluran mikrostrip merupakan salah satu saluran transmisi yang terdiri dari konduktor strip tipis dengan lebar W diatas substrat yang memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) tertentu dan sebuah konduktor ground plane dibawahnya[5].

C. Panjang Gelombang $\frac{1}{4}\lambda$

Quarter wave transformer (transformator $\frac{1}{4}\lambda$) merupakan potongan saluran transmisi dengan panjang $\frac{1}{4}\lambda$ yang memiliki kemampuan dapat mentransformasikan suatu impedansi riil ke impedansi riil yang lain[5]. Selain itu, penambahan transformator $\lambda/4$ bertujuan untuk memperlebar bandwidth saluran. Panjang gelombang dalam saluran transmisi mikrostrip tergantung pada konstanta dielektrik efektif yaitu:

$$\lambda_c = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{f_c \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (1)$$

$$L_n = \frac{\lambda_c}{4} \quad (2)$$

Dimana:

λ_0 = panjang gelombang dalam ruang bebas

L_n = panjang saluran transmisi pada section n

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s

D. S-Parameter

Scattering parameter berhubungan dengan penggunaan 2 *port input/output*. S-parameter menghasilkan pengukuran gelombang berjalan yang dihamburkan atau dipantulkan ketika sebuah jaringan dimasukkan kedalam sebuah jalur saluran transmisi yang mempunyai parameter impedansi tertentu (Z_I). S-parameter diukur dalam dB (deciBell)[4,6].

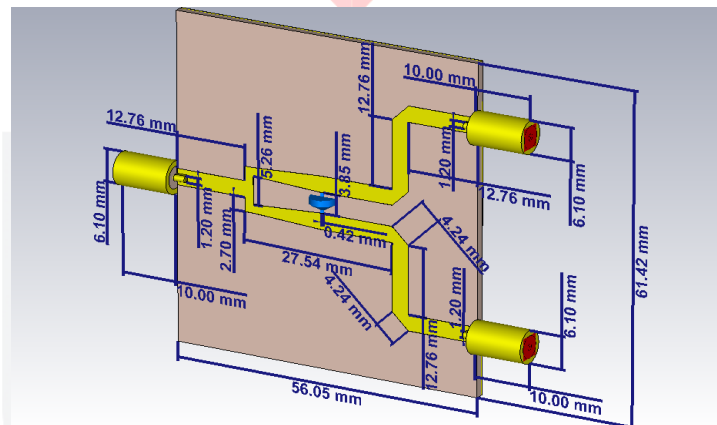
3. Perancangan Sistem

Pada perancangan *power divider* harus diketahui spesifikasinya. Spesifikasi ini digunakan sebagai acuan dalam perancangan *power divider*. Bahan yang digunakan pada perancangan *power divider* ini yaitu PCB (*Printed Circuit Board*) jenis FR4 fiber, dan memakai konektor SMA (*SubMiniature version A*) *female*, dimana memiliki permitivitas (ϵ_r) 4,4, ketebalan (h) 1,6 mm, ketebalan tembaga 0,035 mm, kecepatan cahaya (c) 3×10^8 . Berikut spesifikasi *power divider* yang akan di rancang seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *power divider*.

Spesifikasi	Deskripsi
<i>bandwidth</i>	> 200 MHz
<i>Return loss</i>	≤ -10 dB.
<i>Insertion loss</i>	≤ -3 dB
Impedansi	50 Ohm
Fasa	Mendekati 180°
kopling	≤ -15 db
Frekuensi kerja	2,7 GHz – 2,9 GHz

Setelah melakukan perhitungan *power divider* pada *software* CST *Studio Suite* 2018, didapatkan hasil dimensi pada rancangan *power divider* yang nantinya akan direalisasikan. Gambar 2. merupakan hasil dari simulasi *power divider* 2 way yang telah dilakukan.



Gambar 2. Dimensi *power divider*[7,8].

Sebelum masuk ke tahap pabrikasi, langkah selanjutnya setelah melakukan perhitungan dimensi adalah melakukan simulasi menggunakan bantuan perangkat CST *Studio Suite* 2018. Simulasi tahap pertama yang dilakukan dalam merancang *power divider* dengan melakukan perancangan 2 way dengan parameter berdasarkan λ_g . Dengan kata lain menggunakan perhitungan permitivitas (ϵ_r) berdasarkan bahan baik pada impedansi 50 ohm maupun 70,71 ohm

A. Hasil Simulasi *Return Loss port* 1-3

Dari hasil simulasi yang diperoleh dengan menggunakan parameter lamda bahan (λ_g), maka didapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan *power divider* yang di rancang. *Insertion loss* yang dihasilkan dari rancangan sistem adalah bernilai -3 dB untuk 2 Way. Terlihat pada Table 2.

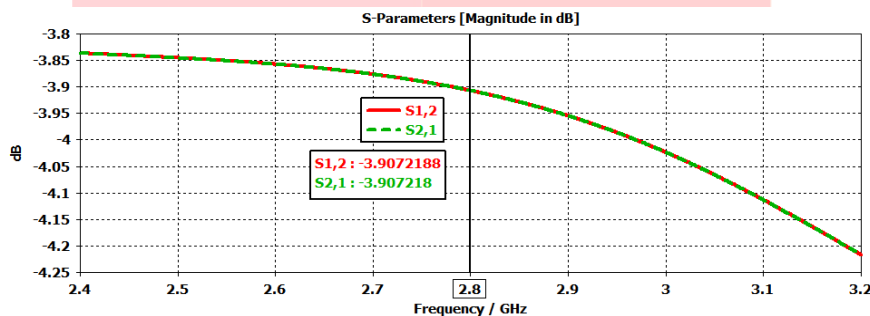
Table 2. Parameter Hasil Simulasi *return loss* λ_g

No.	Port	Frekuensi Bawah (2,7GHz)	Frekuensi Tengah (2,8 GHz)	Frekuensi Atas (2,9 GHz)
1.	s11	-18,533 dB	-18,991 dB	-18,734 dB
2.	s22	-23,473 dB	-24,533 dB	-24,622 dB
3.	s33	-23,222 dB	-24,514 dB	-24,994 dB

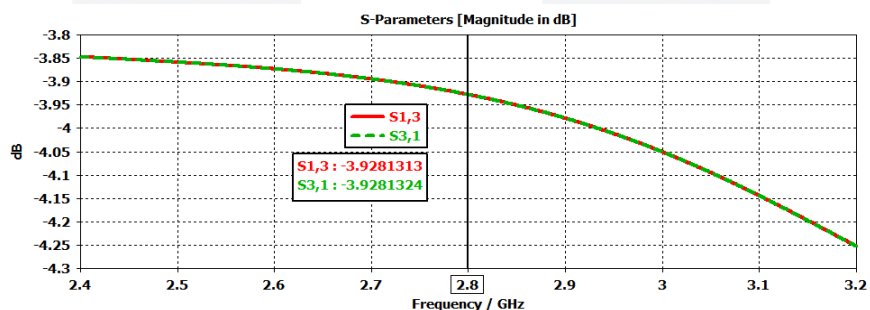
Dari hasil simulasi yang diperoleh dengan menggunakan parameter lamda bahan (λ_g), hasil *return loss* pada tiap *port* mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan *power divider* yang di rancang, *return loss* yang dihasilkan dari rancangan sistem adalah bernilai -3 dB untuk 2 *Way*.

B. Hasil Simulasi *Insertion Loss port* s_{12} dan s_{13}

Hasil simulasi s_{12} dan s_{13} merupakan hasil simulasi *insertion loss* yang dihasilkan pada *power divider* pada *port* 1 ke 2 dan *port* 1 ke 3. *Insertion loss* yang didapat haruslah bernilai -3 dengan hasil dari perhitungan 10 log 2. Hasil simulasi *insertion loss* terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Nilai Hasil Simulasi *Insertion Loss* s_{12} dan s_{21} .

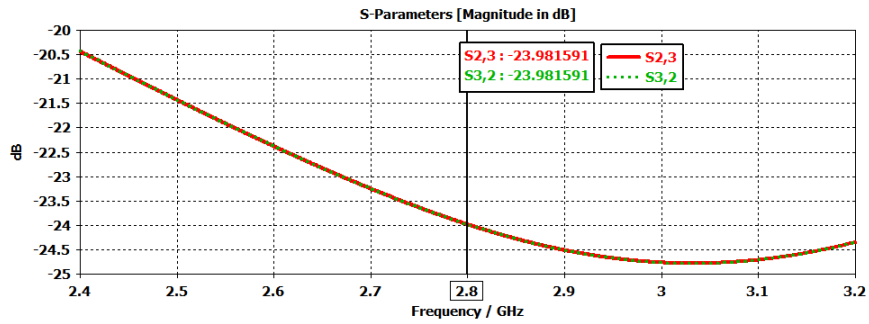


Gambar 4. Nilai Hasil Simulasi *Insertion Loss* s_{31} dan s_{13} .

Hasil simulasi *insertion loss* yang dihasilkan masih dalam batas aman, dengan *loss* maksimum tidak lebih dari 3 dB, atau setengah daya yang hilang.

C. Hasil Kopling Antar port 2 dan 3

Hasil simulasi s_{23} merupakan hasil simulasi yang dihasilkan pada *power divider*. Kopling yang didapat haruslah lebih kecil dari -15 dB. Hasil simulasi *insertion loss* terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai Hasil Simulasi Kopling s_{23} .

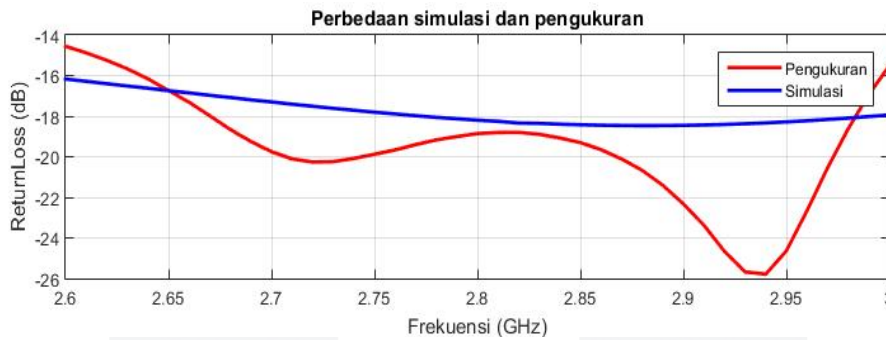
Nilai yang didapat dari hasil simulasi sebesar -22,8155 dB, dimana nilai kopling tersebut melampaui dari target yang diharapkan.

4. Hasil dan Analisis

Realisasi *power divider* yang dibuat memiliki dimensi 61,42 mm x 56,050 mm dengan menggunakan substrat FR4 dengan ketebalan substrat 1,6 mm dan tembaga. Pada Penelitian tugas akhir ini diperoleh hasil dan analisis pengukuran yang menggunakan *vector network analysis* (VNA) dan *power divider 2 way* yang dibuat pada penelitian tugas akhir. Setelah itu dilakukan analisis hasil perbandingan simulasi dan pengukuran untuk mengetahui apakah *power divider* yang dibuat dapat mencapai spesifikasi dari nilai parameter-parameter yang dibutuhkan. Parameter yang diukur meliputi *return loss*, *insertion loss*, *phase*, kopling.

A. Hasil Perbandingan Return Loss

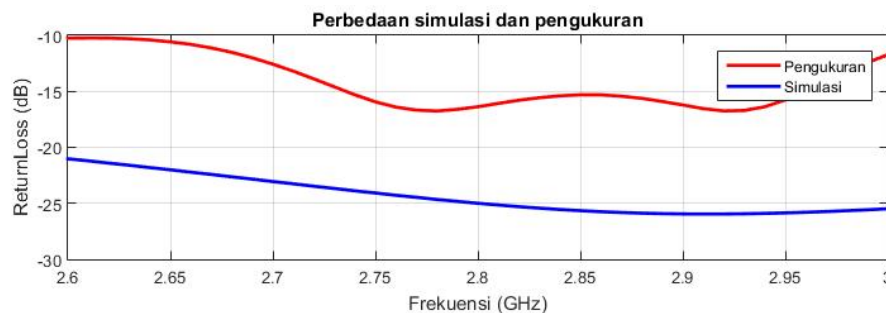
Grafik hasil perbandingan simulasi dan pengukuran *return loss port 1-3* dapat dilihat pada Gambar 6-7.



Gambar 6. Grafik perbedaan simulasi dan pengukuran *return loss port 1*.



Gambar 7. Grafik perbedaan simulasi dan pengukuran *return loss port 2*.

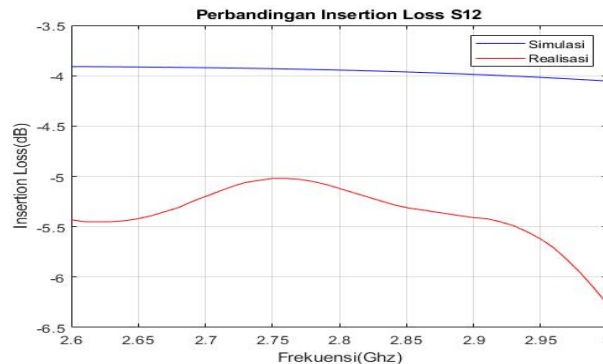


Gambar 8. Grafik perbedaan simulasi dan pengukuran *return loss port 3*.

Dari Gambar 5-7 diatas dapat kita lihat bahwa nilai *return loss* terburuk pada frekuensi kerja (2,7-2,9 GHz) terjadi pada *port 2* sebesar -9.448 dB. hasil pengukuran *return loss* pada *port 1* lebih baik dari hasil simulasi, tetapi pada *port 2* dan 3 pada simulasi lebih baik dibanding hasil pengukuran. tetapi nilai pengukuran dan simulasi *return loss* masih sesuai spesifikasi.

B. Hasil Perbandingan *Insertion Loss*

Grafik hasil perbandingan simulasi dan pengukuran *insertion loss port 1-3* dapat dilihat pada Gambar 8-9.



Gambar 9. Hasil perbandingan simulasi dan pengukuran *insertion loss* s_{12} .

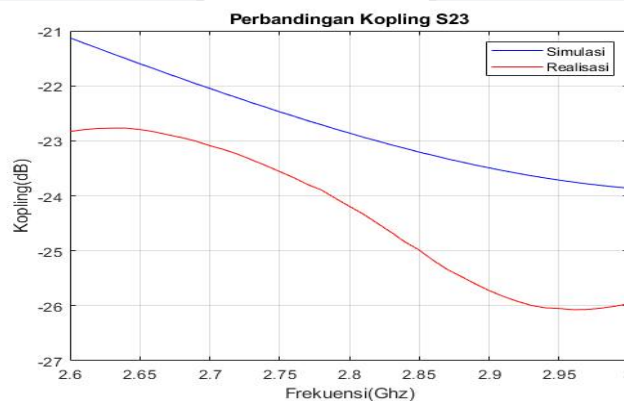


Gambar 10. Hasil perbandingan simulasi dan pengukuran *insertion loss* s_{13} .

Dari hasil pengukuran s_{12} diperoleh nilai loss sebesar -2,1324 dB, sedangkan hasil simulasi diperoleh nilai loss sebesar 0,9, sedangkan dari hasil pengukuran s_{13} diperoleh nilai loss sebesar -1,907 dB, sedangkan hasil simulasi diperoleh nilai loss sebesar 0,92. Nilai *insertion loss* simulasi lebih baik dibanding pengukuran.

C. Hasil Perbandingan Kopling

Grafik hasil perbandingan simulasi dan pengukuran kopling *port 2-3* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 11. Hasil perbandingan simulasi dan pengukuran kopling s_{23} .

Nilai yang didapat dari hasil pengukuran sebesar -25,662 dB, sedangkan hasil simulasi diperoleh nilai kopling sebesar -22,815.

D. Hasil Analisis Keseluruhan *Power Divider*

Hasil yang didapatkan mulai dari menentukan spesifikasi awal, uji simulasi. dan setelah itu realisasi *power divider* telah berhasil dilakukan. Pada hasil simulasi awal *power divider* menggunakan CST *Studio suite 2018* menunjukkan nilai telah mencapai spesifikasi yang ditentukan yaitu dengan menggunakan metode *Wilkinson power divider*. . Namun pada saat realisasi *power divider* menggunakan VNA selesai, didapatkan hasil dan analisis sebagai mana terdapat pada tabel 3. Pada tabel 3 dapat dilihat hasil dan analisis bahwa adanya penurunan pada hasil pengukuran dibandingkan hasil simulasi. Namun *Power divider 2 way* pada frekuensi 2,8 GHz untuk radar

ASR pada tiap port telah mencapai spesifikasi yang ditentukan seperti hasil *bandwidth* melebihi 200 MHz, *return loss* ≤ -10 dB, *insertion loss* ≤ -3 dB, impedansi karakteristik mendekati 50Ω , fasa mendekati 180° , kopling ≤ -15 dB. Untuk mencapai hasil power divider yang lebih maksimal agar kedepannya lebih diperhatikan terhadap ketelitian proses fabrikasi.

Tabel 3. Perbandingan Hasil dan Analisis simulasi dengan pengukuran pada 2,8 GHz

Parameter	Simulasi	Pengukuran
<i>Return loss</i> s_{11}	-18,199 dB	-18,827 dB
<i>Return loss</i> s_{22}	-24,535 dB	-16,946 dB
<i>Return loss</i> s_{33}	-24,517 dB	-16,327 dB
<i>Insertion loss</i> s_{12}	0,944 dB	2,120 dB
<i>Insertion loss</i> s_{13}	0,921 dB	1,907 dB
Kopling s_{23}	-22,815 dB	-25,662 dB

5. Kesimpulan

Dari penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan dengan judul "Perancangan dan Realisasi Power Divider 2 way Pada Modul *Transmitter* dan *Receiver* dengan frekuensi 2,8 GHz untuk radar ASR" dapat disimpulkan bahwa *teknik wilkinson power divider* dapat menghasilkan frekuensi pada 2,8 GHz. Hasil simulasi dan pengukuran *return loss port input* maupun *output* pada 2,7-2,9 GHz berkisar antara -18,533 dB sampai -24,994 dB. dihasilkan cukup baik karena sudah sesuai spesifikasi yaitu < -10 dB. Hasil loss simulasi dan pengukuran *Insertion loss* s_{12} - s_{13} pada 2,7-2,9 GHz berkisar antara 0,9 dB sampai 2,410 dB dimana yang dihasilkan masih dalam batas aman, dengan *loss* maksimum tidak lebih dari 3 dB. Hasil simulasi dan pengukuran kopling sangat baik karena melampaui nilai batasan kopling yaitu -15 dB. Hasil kopling pada simulasi yaitu -22,815 dB, dan pada pengukuran -25,662 dB. Dengan begitu hasil pengukuran parameter dalam memenuhi spesifikasi dan *power divider* dapat mendukung frekuensi pada rentang 2,7 GHz sampai 2,9 GHz pada radar ASR.

Daftar Pustaka:

- [1] Deni Maulana, "antena mikrostrip array 4 x 1 dengan bentuk trisula untuk aplikasi airport surveillance radar", Universitas Telkom, 2018.
- [2] Dr. Robert M. O'Donnell, " A Course in Radar Systems Engineering", IEEE, New Hampshire Section Guest Lecturer, 2009.
- [3] Yussi Pedana Saputera, dkk. (2013). Design and Simulation 4 x 1 Wilkinson Combiner / Power Divider for Application of LPI Radar X-Band Frequency with Impact of Casing, ICRAMET 2013, Batam, Indonesia
- [4] M. L. Edwards, *Microwave & RF Circuits* (2001). Analysis, Design, Fabrication, & Measurement, (chapter 9).
- [5] Sulaiman, Enceng. *Diklat Saluran Planar*, 2015.
- [6] Pozar, David M. *Microwave Engineering*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, 2015.
- [7] S. A. M. Osman, A. M. E. El-Tager, F. Ibrahim Abdelghany, and I. M. Hafez, "Two-Way Modified Wilkinson Power Divider for Uwb Applications Using Two Sections of Unequal Electrical Lengths," *Prog. Electromagn. Res. C*, vol. 68, no. July, pp. 221–233, 2016.
- [8] D. P. Kurniadi, "Design and Realization Wilkinson Power Divider at Frequency 2400MHz for Radar S-Band," *IOSR J. Electron. Commun. Eng.*, vol. 3, no. 6, pp. 26–30, 2012.