

POWER COMBINER 3-WAY UNTUK APLIKASI ELECTRONIC SUPPORT MEASURES 2-18 GHz (UWB)

3-WAY POWER COMBINER FOR ELECTRONIC SUPPORT MEASURES APPLICATION 2-18 GHz (UWB)

Rizal Ritaudin¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, ³Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

rizalritaudin@student.telkomuniversity.ac.id, heroew@telkomuniversity.ac.id, yuyuw@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Electronic Support Measures (ESM) adalah sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik, kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisa dengan tujuan untuk mendeteksi dan membuat pengukuran terhadap pancaran gelombang elektromagnetik dari sistem radar disekitarnya. Frekuensi kerjanya berada pada 2-4 GHz (S-Band), 4-8 GHz (C Band) dan 8-18 GHz (X Ku-Band).

Dalam tugas akhir ini, telah dirancang dan direalisasikan sebuah komponen pasif yang terdapat pada aplikasi *Electronic Support Measures (ESM)*. Dengan banyaknya antenna susunan maka dibutuhkan suatu komponen pasif yaitu *power combiner*. Frekuensi kerja alat tersebut 2-18 GHz yang mempunyai tiga *input* dan satu *output*. Alat tersebut dirancang menggunakan *software CST Microwave Studio*.

Adapun hasil pengukuran dari *3-way power combiner* pada 2-18 GHz yaitu didapatkan nilai untuk parameter S11 pada 2 GHz yaitu -9.184 dB, 10 GHz sebesar -17.374 dB dan 18 GHz sebesar -12.638 dB, nilai untuk parameter S22 pada 2 GHz yaitu -6.864 dB, 10 GHz -20.635 dB, 18 GHz -10.524 dB, nilai untuk parameter S33 2 GHz -8.827 dB, 10 GHz -16.125 dB, 18 GHz -12.480 dB, nilai untuk parameter S44 pada 2 GHz yaitu -6.864 dB, 10 GHz -20.635 dB, 18 GHz -10.524 dB. Nilai untuk parameter S12 pada 2 GHz yaitu -5.003 dB, 10 GHz -5.115 dB, 18 GHz -6.184 dB, Nilai untuk parameter S13 pada 2 GHz yaitu -5.259 dB, 10 GHz -5.497 dB, 18 GHz -6.269 dB, Nilai untuk parameter S14 pada 2 GHz yaitu -4.901 dB, 10 GHz -4.976 dB, 18 GHz -5.923 dB, Nilai untuk parameter S21 pada 2 GHz yaitu -4.153 dB, 10 GHz -5.274 dB, 18 GHz -5.759 dB, Nilai untuk parameter S31 pada 2 GHz yaitu -5.341 dB, 10 GHz -6.171 dB, 18 GHz -6.613 dB, Nilai untuk parameter S41 pada 2 GHz yaitu -4.178 dB, 10 GHz -5.547 dB, 18 GHz -5.880 dB. Nilai untuk parameter S23 pada 2 GHz yaitu -9.739 dB, 10 GHz -20.033 dB, 18 GHz -24.165 dB, Nilai untuk parameter S34 pada 2 GHz yaitu -10.821 dB, 10 GHz -20.932 dB, 18 GHz -46.673 dB, Nilai untuk parameter S24 pada 2 GHz yaitu -6.643 dB, 10 GHz -12.589 dB, 18 GHz -25.086 dB, Nilai untuk parameter S32 pada 2 GHz yaitu -10.383 dB, 10 GHz -11.659 dB, 18 GHz -10.995 dB, Nilai untuk parameter S43 pada 2 GHz yaitu -13.636 dB, 10 GHz -11.931 dB, 18 GHz -14.807 dB, dan Nilai untuk parameter S42 pada 2 GHz yaitu -10.305 dB, 10 GHz -11.367 dB, 18 GHz -11.511 dB.

Kata kunci : ESM, *power combiner*, UWB

Abstract

Electronic Support Measures (ESM) is an electronic equipment that serves to receive electromagnetic wave signals, then the signal is processed and analyzed in order to detect and make measurements of electromagnetic wave emission from surrounding radar systems. The working frequency is at 2-4 GHz (S-Band), 4-8 GHz (C Band) and 8-18 GHz (X Ku-Band)

In this final project, has been designed and realized a passive component which is found in *Electronic Support Measures (ESM)* application. With the number of antenna arrangement then needed a passive component that is *power combiner*. The working frequency of the device is 2-18 GHz which has three inputs and one output. The tool is designed using *CST Microwave Studio software*.

The result of measurement from *3-way power combiner* at 2-18 GHz is got value for parameter S11 at 2 GHz that is -9.184 dB, 10 GHz equal to -17.374 dB and 18 GHz equal to -12.638 dB, value for parameter S22 at 2 GHz that is -6,864 dB, 10 GHz -20,635 dB, 18 GHz -10,524 dB, value for S33 parameter 2 GHz -8,827 dB, 10 GHz -16.125 dB, 18 GHz -12,480 dB, value for S44 parameter at 2 GHz ie -6.864 dB, 10 GHz -20,635 dB, 18 GHz -10,524 dB. The values for S12 parameters at 2 GHz are -5.003 dB, 10 GHz -5.115 dB, 18 GHz -6,184 dB, Value for S13 parameters at 2 GHz ie -5.259 dB, 10 GHz -5.497 dB, 18 GHz -6.269 dB, S14 parameter at 2 GHz is -4.901 dB, 10 GHz -4,976 dB, 18 GHz -5,923 dB, Value for S21 parameter at 2 GHz is -4.153 dB, 10 GHz -5.274 dB, 18 GHz -5.759 dB, Value for S31 parameter at 2 GHz ie -5.341 dB, 10 GHz -6.171 dB, 18 GHz -6,613 dB, Value for S41 parameters at 2 GHz is -4.178 dB, 10 GHz -5,547 dB, 18 GHz -5,880 dB. The values for S23 parameter at 2 GHz are -9.739 dB, 10 GHz -20,033 dB, 18 GHz -24,165 dB, Value for S34 parameter at 2 GHz ie -10.821 dB, 10 GHz -20.932 dB, 18 GHz -46.673 dB, S24 parameter at 2 GHz is -6.643 dB, 10 GHz -12,589 dB,

18 GHz -25,086 dB, Value for S32 parameter at 2 GHz is -10.383 dB, 10 GHz -11.659 dB, 18 GHz -10.995 dB, Value for S43 parameter at 2 GHz at -13,636 dB, 10 GHz -11,931 dB, 18 GHz -14,807 dB, and values for S42 parameters at 2 GHz ie -10.305 dB, 10 GHz -11,367 dB, 18 GHz -11,511 dB.

Keyword: *Keyword* : ESM, power combiner, UWB

1. Pendahuluan

Pada era globalisasi ini perkembangan teknologi dan informasi semakin cepat, terutama dari segi pertahanan militer. Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki ribuan pulau-pulau kecil dan berbatasan langsung dengan negara lain. Sebagai negara kepulauan, maka diperlukan sistem pengawasan yang tangguh untuk menjamin keamanan negara, sehingga diperlukan strategi untuk menciptakan pertahanan keamanan dengan cara mengembangkan kekuatan militer melalui teknologi *Electronic Support Measures* (ESM) yang dapat melakukan identifikasi persenjataan musuh yang di pandu dengan sinyal RF^[1].

ESM secara umum adalah sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menerima gelombang elektromagnetik, kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisa sehingga diperoleh lokasi, kuat sinyal dan parameter lainnya. Pada dasarnya ESM membutuhkan *bandwidth* yang sangat lebar untuk beroperasi dengan memanfaatkan banyak antenna yang disusun atau biasa disebut antenna *array* untuk memperoleh pola radiasi dan penguatan tertentu^[1].

Dengan frekuensi kerja *ultra wideband* yaitu 2-4 Ghz (S-band), 4-8 Ghz (C-Band) dan 8-18 Ghz (X Ku Band) maka dibutuhkan *power combiner* sebagai penggabung daya dari tiga inputan antenna yang berbeda frekuensi menjadi satu *output* agar diperoleh daya yang sama. *Power combiner* merupakan salah satu komponen pasif *microwave* yang biasanya digunakan untuk menggabungkan daya. *Power combiner* juga bisa dikatakan sebagai pembagi daya (*power divider*) apabila suatu perangkat menerima sebuah sinyal masukan dan mengirim beberapa sinyal keluar dengan fasa dan amplitudo tertentu.

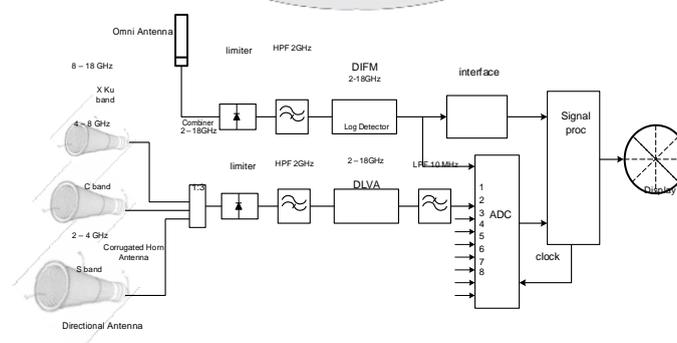
Mengacu pada penelitian sebelumnya tugas akhir ini dirancang dan direalisasikan dalam bentuk *Ultra wideband 3-Way power combiner* dengan menggunakan teknik *tapered line transformers*^[4]. Pada rancangan *power combiner* ini akan bekerja pada 2-18 GHz (*ultra wideband*) dan akan digunakan pada aplikasi *Electronic Support Measures* (ESM). Simulasi perancangannya menggunakan *software CST (Computer Simulation Technology)* Realisasi dari *power combiner 3-way* ini akan dibentuk kedalam mikrostrip dengan menggunakan bahan *substrate PCB Rogers-Duroid RT-5880* yang memiliki konstanta dielektrik 2,2 dan memiliki ketebalan 0,51 mm dengan tebal konduktor 0,035. Diharapkan dengan menggunakan *substrate* ini dapat menghasilkan efisiensi yang tinggi dan ukuran dimensi yang lebih kecil

2. Dasar Teori

2.1 ELECTRONIC SUPPORT MEASURES (ESM)

Electronic Support Measures (ESM) adalah sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menerima sinyal gelombang elektromagnetik, kemudian sinyal tersebut diproses dan dianalisa dengan tujuan untuk mendeteksi dan membuat pengukuran terhadap pancaran gelombang elektromagnetik dari sistem radar disekitarnya.^[1] Pengukuran yang dilakukan meliputi frekuensi, lebar pulsa, amplitudo pulsa, interval, pengulangan pulsa dan modulasi intra-pulsa.

Pada ESM memanfaatkan banyak antenna yang disusun dalam bentuk antenna susun. Pada antenna susun, daya dari suatu transmitter akan dipecah lalu ditransmisikan ke beberapa antenna tersebut. Untuk mencatatkan daya pada antenna susun diperlukan sebuah alat yang bernama *power Combiner* yang bekerja sebagai pembagi daya untuk teknik pembentukan pola radiasi. Berikut adalah Blok diagram *Electronic Support Measures* (ESM)

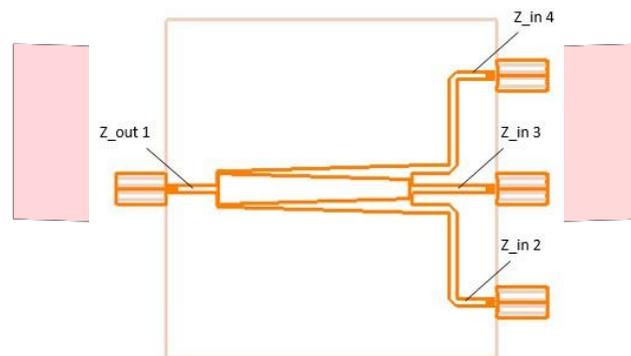


2.2 Power Combiner

Power divider/combiner merupakan salah satu komponen pasif *microwave* yang berfungsi sebagai pembagi atau menggabung daya. Dengan kata lain, *power Combiner* berfungsi sebagai *reciprocal passive device*, yang dapat digunakan sebagai *power divider*. Dalam membagi daya, sebuah *input* sinyal dibagi oleh *power combiner/divider* menjadi dua atau lebih sinyal dengan daya yang lebih kecil. Dalam membagi daya, *power combiner* membagi satu sinyal input menjadi dua atau lebih sinyal output

2.3 Tapered Line

Tapered Line merupakan pemodelan power combiner dengan bentuk meruncing untuk mencapai frekuensi broadband. Jalur pada tapered line terdiri dari beberapa bagian saluran transmisi sehingga mendekati garis meruncing. Jalur pada tapered line terdiri dari beberapa bagian saluran transmisi sehingga mendekati garis meruncing. Dalam merancang *power combiner* dengan frekuensi *ultra wideband*, maka dibutuhkan *tapered line* karena memiliki karakteristik dapat mengurangi daya *Return loss* yang besar dengan semakin lebar frekuensi, maka semakin kecil saluran transmisi



2.4 Ultra Wideband (UWB)

Ultra wideband adalah teknologi radio yang dapat menggunakan tingkat energi yang sangat rendah untuk jarak pendek. UWB secara teknis didefinisikan sebagai teknologi radio yang memiliki spektrum yang menempati bandwidth lebih besar dari 20 persen dari frekuensi pusat, atau *bandwidth* minimal 500 MHz.

Karakteristik *Ultra wideband* antara lain:

1. Kemampuan pengintegrasian dengan biaya rendah.
2. Bandwidth RF yang sangat luas pada frekuensi yang relatif rendah.
3. Solusi rentang dan waktu yang sangat baik, walaupun melalui media *opaque dan lossy*.
4. *Gain* pemrosesan yang besar.
5. Mitigasi *grating lobe* dengan array antenna.
6. Tidak berinterferensi dengan service lainnya yang ada.
7. Probabilitas yang rendah terhadap deteksi dan intersepsi.

3. Spesifikasi 3-Way Power Combiner

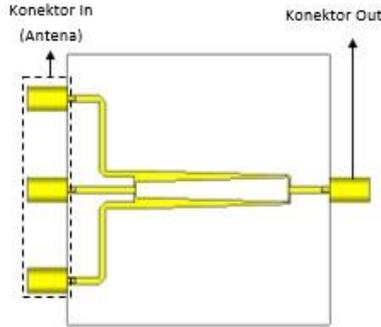
Spesifikasi yang diinginkan didapatkan dari hasil simulasi menggunakan *software CST Microwave Studio*. Spesifikasi dari 3-way *power combiner* pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Batas Frekuensi Atas	18 Ghz
Frekuensi Tengah	10 Ghz
Batas Frekuensi Bawah	2 Ghz
Return Loss	-10 dB
Insertion Loss	-4.77 dB
Port Isolation	-10 dB

Permitivitas relative Bahan (ϵ_r)	2.2
Dielektrik (d)	0.508
Tebal Konduktor (t)	0.0035 mm
Loss Tangen ($\tan(\delta)$)	0.0009

3.1 Desain 3-Way Power Combiner

Untuk desain 3-way *power combiner* yang akan direalisasikan yaitu memiliki 3 *port* masukan dan 1 *port* keluaran



Mencari z_0 pada Saltran dengan pendekatan menggunakan 33,33 Ohm, 50 Ohm, dan 100 Ohm.

$$W_{lst} = \frac{2 \times h}{\pi} \times \left[B - 1 - \ln B + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \times \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right]$$

Dimana: $B = \frac{60 \times \pi^2}{Z_0 \times \sqrt{\epsilon_r}}$

$\lambda_g = \frac{c}{f \times \sqrt{\epsilon_r}}$ = panjang gelombang merambat di material (Roger 5880)

$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$ = lamda Bahan yang memiliki ϵ_r pada suatu material

$\frac{1}{4} \times \lambda_d$ = untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 90

$\frac{1}{2} \times \lambda_d$ = untuk mendapatkan posisi panjang gelombang (Phase) di 180

3.2 Tahap Simulasi

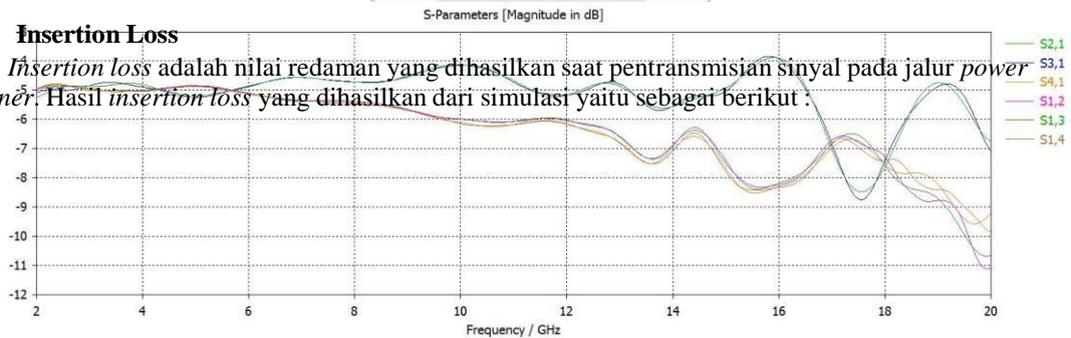
3.2.1 Return Loss

Salah satu parameter yang menjadi penentuan kualitas dari daya *power combiner* yaitu *return loss* yang dihasilkan oleh alat yang telah dibuat. Hasil dari *return loss* hasil simulasi yaitu sebagai berikut



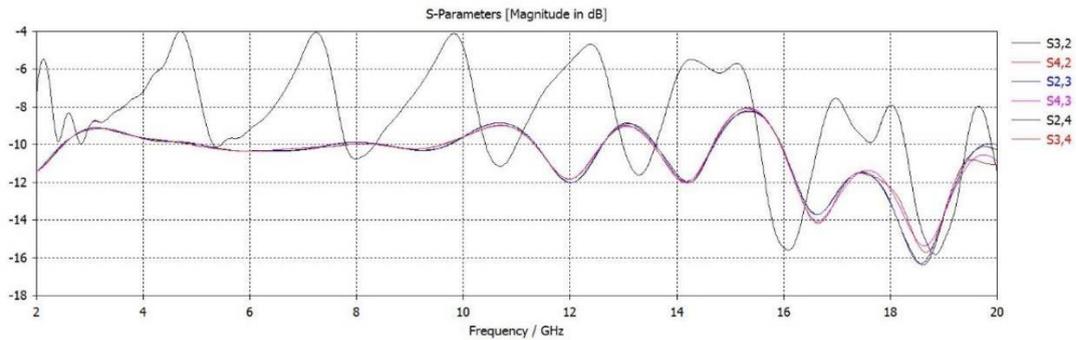
3.2.2 Insertion Loss

Insertion loss adalah nilai redaman yang dihasilkan saat pentransmisian sinyal pada jalur *power combiner*. Hasil *insertion loss* yang dihasilkan dari simulasi yaitu sebagai berikut :

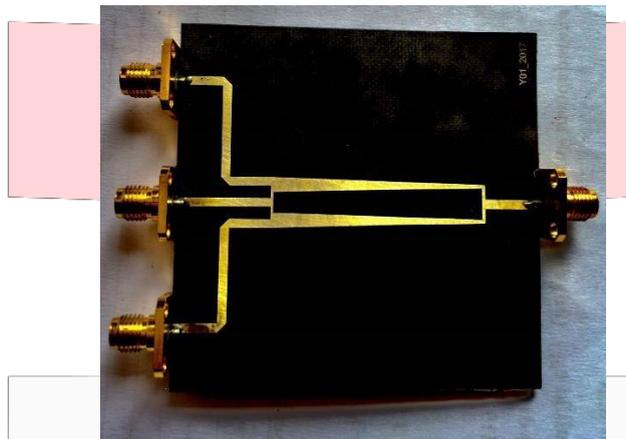


3.3.3 Port Isolation

Isolation adalah redaman yang terjadi diantara *port-port* input dari *power combiner*. Nilai Isolasi dari hasil simulasi yaitu sebagai



3.4 Realisasi 3-Way Power Combiner



Setelah dilakukan optimasi proses simulasi, maka dihasilkan nilai spesifikasi yang sesuai dengan spesifikasi awal. Kemudian dilanjutkan proses perealisasi power combiner dimulai dari pembuatan layout kemudian cetak film negatif, setelah itu dilanjutkan pencetakan PCB dan pemasangan konektor.

4. Pengukuran Dan Analisis

4.1 Pengukuran Return Loss

Berdasarkan hasil pengukuran nilai *return loss* parameter S11 sebagai *port output*, secara umum nilainya memenuhi spesifikasi yang di tentukan yaitu ≤ -10 dB. Tetapi ada parameter S22, S33 dan S44 nilainya tidak konstan, hal ini disebabkan karena hanya nilai outputnya lah yang harus sesuai dengan spesifikasi. Sehingga *power combiner* dapat digunakan atau diimplementasikan pada aplikasi *Electronic Support Measures* (ESM). Terjadinya perbedaan dalam simulasi dan pengukuran terjadi karena dalam proses pengukuran tidak dilakukan pada area steril dari pengaruh gelombang elektromagnetik terdekat, serta proses proses soldering konektor masih secara manual, sehingga memungkinkan jumlah timah terlalu banyak menumpuk pada saluran transmisi.

4.2. Pengukuran Insertion Loss

Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran parameter *insertion loss* diatas dapat disimpulkan bahwa nilai dari *insertion loss* hasil pengukuran secara umum mendekati sudah mendekati spesifikasi. Namun ada nilai yang menunjukkan selisih yang cukup besar yaitu pada parameter S21 pada 16 GHz dengan nilai -4.138 dB pada proses pengukuran dan -8.178 dB pada proses simulasi. Hal ini disebabkan karena pada saat fabrikasi sangat baik, proses pensolderan yang cukup baik, dan pemasangan konektor yang baik, sehingga proses pengukuran menjadi lebih baik.

4.3 Pengukuran Port Isolation

Nilai isolasi antar *port input* pada umumnya sudah memenuhi spesifikasi awal perancangan *power combiner* yaitu ≤ -10 dB, tetapi ada sedikit perbedaan yang signifikan antara simulasi dan pengukuran, yaitu pada parameter S24 dan S42 karena nilainya relatif sama, tetapi hal tersebut dianggap wajar. Hasil pengukuran yang nilainya terlalu jauh dari spesifikasi disebabkan karena ketidak presisian pada saat fabrikasi atau pergeseran dimensi pada saat melakukan desain alat, bisa juga dikarenakan karena pengaruh gelombang elektromagnetik disekita alat pada saat pengukuran.

5. Kesimpulan

Dari setiap proses perancangan,realisasi hingga pengukuran *3-way power combiner* dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. *Return loss* pada simulasi yang dihasilkan oleh parameter S11 pada rentang 2-18 GHz yang dibuat sudah memenuhi nilai spesifikasi perancangan sebagai *output* yaitu ≤ -10 . Sedangkan nilai untuk parameter S22, S33, dan S44 nilainya tidak konstant karena sebagai input tergantung dari inputan antenna. Sedangkan untuk pengukuran nilainya cukup bagus.
2. Nilai *Insertion loss* hasil simulasi dan pengukuran nilainya mendekati spesifikasi yaitu ≥ -4.77 dB, namun nilai dari rentang frekuensi dari 2-18 GHz tidak konstan, dan terlihat banyak ripple, sehingga ada beberapa titik yang nilainya ≤ -4.77
3. Nilai *port isolation* pada hasil simulasi cukup bagus karena sesuai spesifikasi awal yaitu ≤ -10 dB. Tetapi ada sedikit perbedaan yaitu pada parameter S24 dan S42 dimana nilainya mendekati spesifikasi. Nilai *port isolation* pada pengukuran secara umum nilainya memenuhi spesifikasi, tetapi ada sedikit perbedaan nilai yang kurang dari spesifikasi, namun masih dalam tahap wajar. Hal tersebut dikarenakan pada saat fabrikasi PCB yang kurang persisi dan pengaruh gelombang elektromagnetik yang berada disekitar

Daftar Pustaka

- [1] Wahyu, Yuyu. Penelitian ESM Ristek.ppt, PPET LIPI, 2016.
- [2] Karami, Ashab.” Perancangan dan Realisasi Wide Band Wilkinson Power Divider Pada Frekuensi 1,27 GHz dan 2,3 GHz” Telkom university 2016.
- [3] Prabawati, Anisa Fitri “Perancangan Dan Implementasi Power Combiner 4:1 Untuk Komunikasi Radar S-Band” Telkom University 2016.
- [4] David Maurin and Ke Wu “A Compac 1.7-2.1GHz Three-Way Power Combiner Using Microstrip Technology with Better Than 93.8 Combining Efficiency”
- [5] Pozar, David M. 2005. Microwave Engineering 3rd Ed. New York: Wiley.
- [6] Bowick, Chris. 2007. RF Circuit Design, second edition, Newnes