

RANCANG BANGUN POWER DIVIDER MIKROSTRIP UNTUK ANTENA SUSUN 4 x 1 DENGAN 4 AXIS PADA APLIKASI UP LINK EVOLVED SEASPARROW MISSILE (ESSM) FREKUENSI S-BAND

Design of Microstrip Power Divider For 4 x 1 Antena Row With 4 Axis in Up Link Evolved Seasparrow Missile (ESSM) Application S-Band Frequency

Harry Dirgantara Yudha¹, Tri Nopiani Damayanti², Yussi Perdana Saputera³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

harrydirgantrayudha@student.telkomuniversity.ac.id¹, damayanti@tass.telkomuniversity.ac.id²,
yussips@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Peluru kendali adalah senjata roket militer yang bisa dikendalikan atau memiliki sistem pengendali otomatis untuk mencari target atau menyesuaikan arah. Rudal atau peluru kendali ini dihantarkan menuju sasaran melalui proses penerbangan.

Dalam Proyek Akhir ini telah dirancang dan direalisasikan sebuah *power divider* 4 way untuk integrasi antena yang akan ditempatkan di sebuah roket sebagai penerima signal kontrol dari kontrol stasiu dengan frekuensi kerja 3.1 Ghz dengan menggunakan frekuensi S-Band. yang dapat digunakan untuk aplikasi *uplink evolved seasparrow missile* (essm) roket MK104. Power divider ini memiliki 4 port keluaran dan 1 port masukan. Alat tersebut dirancang menggunakan CST Studio Suite 2019 yang hasilnya akan direalisasikan dalam bentuk fisik. Hasil pengukuran pada *power divider* mikrostrip ini diharapkan dapat menunjukkan *bandwith* yang lebar dan dapat bekerja pada frekuensi 3.1 GHz dengan nilai $VSWR \leq 2$, $return\ loss \leq -10\ dB$, $Insertion\ Loss < -6\ dB$ dan selisih phase -10°

Adapun hasil pengukuran dari *power divider* yaitu didapatkan nilai parameter S11 yaitu -13.584 dB. Nilai parameter S22 yaitu -30.840 dB. Nilai parameter S33 yaitu -31.250 dB. Nilai parameter S44 yaitu -31.086 dB. Nilai parameter S55 yaitu -30.086 dB. Nilai *insertion loss* terlihat stabil di setiap *port*-nya, dengan nilai maksimum di S13 pada frekuensi 3.1 Ghz yaitu -7.299 dB. Nilai hasil parameter *phase* yang tidak jauh berbeda dan sesuai spesifikasi yaitu selisih antar port tidak lebih dari -10° . Hasil pengukuran telah sesuai dengan spesifikasi untuk aplikasi *uplink evolved seasparrow missile* (essm) roket MK104.

Kata kunci : ESSM, Power, Divider, Rudal Kendali, Return Loss, Insertion Loss

Abstract

A guided missile is a military rocket weapon that can be controlled or has an automatic control system to locate a target or adjust direction. This missile or missile is delivered to the target through the flight process.

In this final project, a 4 way power divider has been designed and realized for antenna integration to be placed on a rocket as a control signal receiver from a control station with a working frequency of 3.1 Ghz using the S-Band frequency. which can be used for uplink evolved seasparrow missile (ESSM) MK104 rocket applications. This power divider has 4 output ports and 1 input port. The tool is designed using CST Studio Suite 2019 whose results will be realized in physical form. The measurement results on the microstrip power divider are expected to show a wide bandwidth and can work at a frequency of 3.1 GHz with a VSWR value of 2, return loss - 10 dB, Insertion Loss < -6 dB and phase difference -10°

As for the measurement results from the power divider, the value of the S11 parameter is -13,584 dB. The parameter value of S22 is -30,840 dB. The parameter value of S33 is -31,250 dB. The parameter value of S44 is -31,086 dB. The parameter value of S55 is -30,086 dB. The insertion loss value looks stable on each port, with the maximum value at S13 at a frequency of 3.1 Ghz, which is -7.299 dB. The result value of the phase parameter is not much different and according to the specifications, namely the difference between ports is not more than -10° . The measurement results are in accordance with the specifications for the uplink evolved seasparrow missile (ESSM) MK104 rocket application.

Keyword : ESSM, Power, Divider, Rudal Kendali, Return Loss, Insertion Loss

1. PENDAHULUAN

Rudal atau peluru kendali adalah senjata yang dihantarkan menuju sasaran melalui proses penerbangan. Salah satu contoh teknologi telekomunikasi yang saat ini sedang berkembang pesat pada bidang militer yaitu teknologi kendali *rocket*, baik di luar maupun dalam negeri sedang berlomba melakukan kegiatan penelitian di dalam bidang *rocket*. Di dalam negeri sendiri sedang dikembangkan beberapa proyek penelitian [1][20], salah satunya telah dikembangkan yaitu “pengembangan teknologi roket sonda menuju roket peluncur satelit” oleh lembaga penerbangan dan antariksa nasional – LAPAN [1]. Dalam hal ini LAPAN belum melakukan penelitian kearah kendali roket tersebut, sehingga perlu adanya penelitian pendukung untuk kebutuhan roket nasional tersebut. Dalam hal ini penulis bermaksud mengembangkan *Power divider 4 way* untuk integrasi antena yang dapat di tempat kan di roket MK104 sebagai media pengendali roket tersebut.

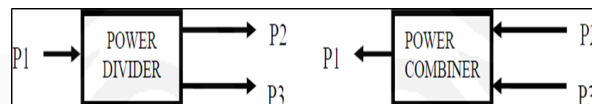
Pada proyek akhir ini dibuat antena *power divider 4 Way* untuk mengatasi integrasi antena ke empat sisi tersebut hingga membentuk area deteksi 360°. Pada Penelitian untuk mendapatkan rancangan yang sesuai dan optimum dilakukan perancangan dengan proses simulasi. Perancangan *Power divider* ini menggunakan bahan substrat FR4, karena bahan material ini mudah didapatkan dan difabrikasi secara massal, murah dan mudah dalam pengintegrasian.

2. Dasar Teori

2.1. Rudal Kendali

Peluru kendali (rudal) atau misil adalah senjata roket militer yang bisa dikendalikan atau memiliki sistem pengendali otomatis untuk mencari target atau menyesuaikan arah[1].

2.2. Power Divider

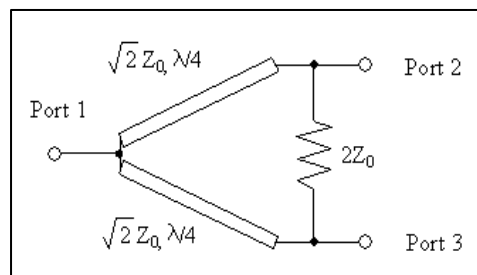


Gambar 2. 1 Power Difider Dan Combiner[4]

Power divider/combiner merupakan salah satu komponen pasif *microwave* yang berfungsi sebagai pembagi atau penggabung daya. Dalam membagi daya, sebuah sinyal masukan dibagi oleh *power divider* menjadi dua atau lebih sinyal keluaran dengan fasa dan amplituda tertentu dengan daya yang lebih kecil dari daya masukannya. Dalam menggabungkan daya, *power combiner* menggabungkan beberapa daya *input* menjadi satu daya *output* [4].

2.2. Power Divider Wilkinson

Wilkinson *power divider* ditemukan sekitar tahun 1960 oleh seorang insinyur yang bernama Ernest Wilkinson. Wilkinson *power divider* berfungsi membagi sinyal masukan menjadi beberapa sinyal keluaran dengan fasa yang sama [5]. 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 (Gambar 2.2) pada frekuensi tengah(f_c). Keuntungannya adalah resistor tidak menimbulkan resistive loss pada *power divider/combiner*, sehingga idealnya Wilkinson *divider* memiliki efisiensi 100% [5].



Gambar 2. 2 Wilkinson Power Divider/Combiner[3]

2.3. Transmission Feed line

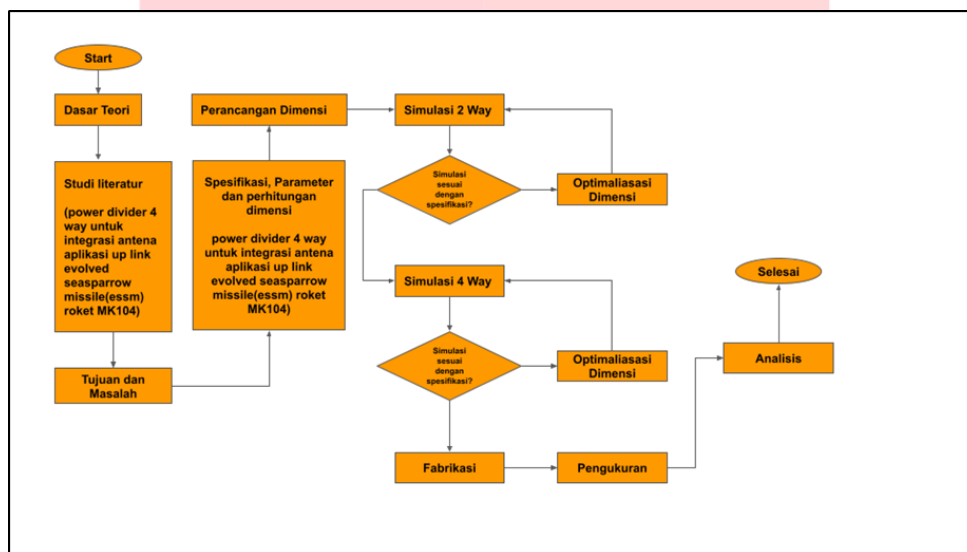
Pada jenis saluran ini, sebuah garis langsung terhubung ke tepi dari patch mikrostrip. Saluran mikrostrip tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan saluran patch dan dalam hal ini saluran dapat dibuat satu sket dengan substrat yang sama dan teknik ini disebut struktur planar. Tujuan dari penyisipan cut in dalam patch ini adalah untuk menyesuaikan impedansi dari saluran terhadap patch tanpa memerlukan penambahan elemen penyesuaian lainnya [7].

2.4. Scattering Paramater (Parameter Hamburan)

Scattering parameter merupakan sebuah parameter yang digunakan pada perangkat N-port network yang bekerja pada frekuensi RF dan gelombang mikro. S-parameter biasanya ditampilkan dalam format matriks, dengan jumlah baris dan kolom sama dengan jumlah port [13].

3. Perancangan Sistem

Pada proyek akhir ini dilakukan perancangan dan realisasi *power divider* 4 way untuk integrasi antenna aplikasi *up link evolved seasparrow missile (essm)* roket MK104 yang dapat bekerja pada frekuensi 3.1 GHz dengan 4 port keluaran dan 1 port masukan, yang disimulasikan *Software CST Studio Suite 2019*. *Power divider* ini didesain untuk digunakan dalam integrasi antenna yang dibutuhkan untuk aplikasi *up link evolved seasparrow missile (essm)* roket MK104. Flowchart pengerjaan proyek akhir ini terdapat pada gambar 3.1 :



Gambar 3.2 Flowchart Pengerjaan Proyek Akhir

3.1. Spesifikasi

Power divider yang akan direalisasikan ini memiliki 1 input dan 4 output atau kebalikannya, memiliki spesifikasi perancangan sebagai berikut:

Frekuensi kerja	: 3,1 GHz.
Bandwidth	: 60 MHz
VSWR	: ≤ 2
Return Loss	: ≤ -10 dB
Insertion Loss	: ≤ -6 dB.
Impedansi Terminal	: 50Ω
Selisih Phase	: $\pm 10^\circ$
Impedansi Paralel	: $50 \times \sqrt{2} = 70,71 \Omega$

Bahan yang digunakan pada perancangan power divider ini yaitu PCB

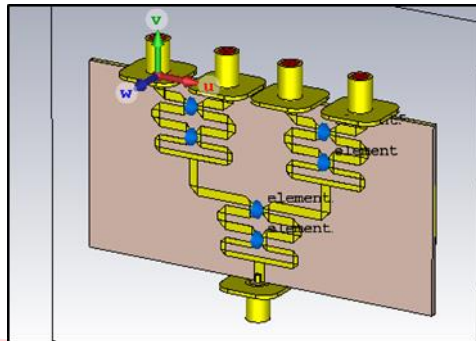
(Printed Circuit Board) jenis FR4 fiber, dan memakai konektor SMA (SubMiniature version A) female, dimana memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Permittivitas (ϵ_r)	: 4,4
Ketebalan (h)	: 1,6 mm
Ketebalan Tembaga	: 0,035 mm

3.2. Simulasi

Setelah melakukan perhitungan dimensi *power divider*, langkah selanjutnya adalah menyimulasikan perancangan yang dibuat menggunakan software CST Studio Suite 2019. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui apakah *power divider* yang dibuat sesuai dengan spesifikasi awal

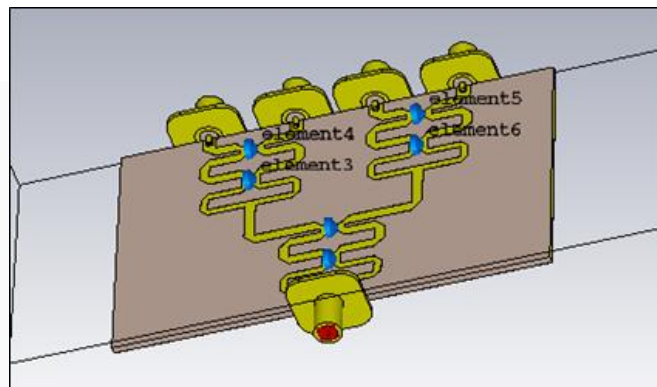
perancangan atau belum. Berikut merupakan hasil desain simulasi *power divider*. Gambar 3.3 Hasil Simulasi di CST Studio Suite 2019 sebagai berikut :



Gambar 3.3 Hasil Simulasi Power Divider 4 away

3.3. Optimasi

Optimasi dilakukan untuk memperbaiki nilai parameter *power divider* yang belum sesuai dengan spesifikasi awal perancangan. Optimasi pada proyek akhir ini dilakukan dengan cara trial and error yaitu mengubah nilai panjang maupun lebar dimensi dari saluran mikrostrip bertujuan agar meningkatkan nilai parameter sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan pada port masukan dengan beberapa perubahan ukuran dimensi sekitar port masukan/keluaran dan nilai resistor. Berikut merupakan hasil optimasi power divider. Gambar 3.4 Desain Hasil Simulasi di CST Studio Suite 2019 sebagai berikut :

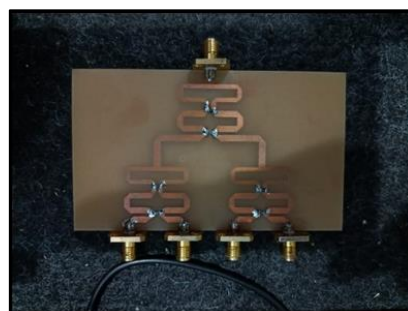


Gambar 3.4 Hasil Optimasi *Power Divider* 4 away

Tabel 3.1. Hasil Perbandingan Nilai Simulasi dan Pengukuran

3.4. Realisasi

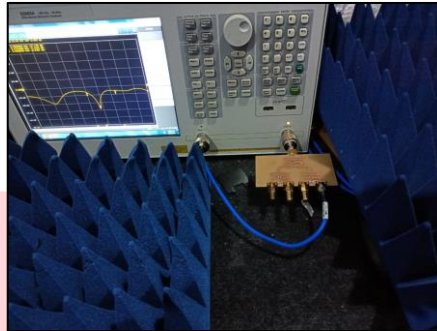
Setelah dilakukan perancangan dan simulasi serta proses optimasi secara keseluruhan pada simulator CST Studio Suite 2019, maka tahap selanjutnya adalah merealisasikan *power divider* yang kemudian dilanjutkan dengan perbandingan antara simulasi menggunakan software dengan pengukuran *power divider* secara langsung. Berikut merupakan tampilan *power divider* yang sudah direalisasikan.



Gambar 3.5 Realisasi *Power Divider* Microstrip Tampak Depan

3. Pengukuran Dan Analisis

Berikut merupakan tampilan proses dan hasil pengukuran *divider* yang dapat bekerja pada frekuensi 3.1 GHz.

Gambar 4. 1 Proses Pengukuran *Power Divider* Menggunakan *Vector Network Analyzer*

Tabel 4.1. Hasil Perbandingan Nilai Simulasi dan Pengukuran

Parameter		Frekuensi Kerja (3,1 Ghz)	
		Simulasi	Pengukuran
S11	Return Loss	-19,278 dB	-13.584 dB
S22		-39,244 dB	-30.840 dB
S33		-27,693 dB	-31.250 dB
S44		-28,155 dB	-31.086 dB
S55		-41,299 dB	-30.086 dB
S12	Insertion Loss	-7.299 dB	-8.054 dB
S13		-7.590 dB	-8.422 dB
S14		-7.583 dB	-8.051 dB
S15		-7.583 dB	-7.920 dB
S21	Phase	117,1°	154.89°
S31		117,4°	154.34°
S41		117,6°	159.99°
S51		117,4°	159.55°
S11	Impedansi	51,3 Ω	73,3 Ω
S22		51,3 Ω	50,9 Ω
S33		51,3 Ω	46,9 Ω
S44		51,3 Ω	52,5 Ω
S55		51,3 Ω	50,1 Ω

4. Penutup

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Perancangan dan pengukuran serta analisis terhadap power divider 4 away pada 3,1 GHz dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa:

1. Pada proyek akhir ini telah berhasil merancang, dan merealisasikan power divider 4 way pada aplikasi *up link evolved seasparrow missile* (ESSM) frekuensi *S-band*.
2. Hasil simulasi dan pengukuran *Return loss port input* maupun *output* pada 3,1 GHz berkisar antara -13.584 dB sampai -41,299 dB. dihasilkan cukup baik karena sudah sesuai spesifikasi yaitu < -10 dB.

3. Hasil simulasi dan pengukuran Insertion loss s_{12} - s_{13} s_{14} s_{15} pada frekuensi 3,1 GHz berkisar antara -7,299 dB sampai -8,422 dB dimana yang dihasilkan masih dalam batas aman dan sesuai spesifikasi yaitu < -6 dB.
4. Hasil simulasi dan pengukuran phase sangat baik karena phase yang dihasilkan pada port 2, 3, 4 ,dan 5 menghasilkan nilai *phase* yang tidak jauh berbeda dan sesuai spesifikasi yaitu selisih antar port tidak lebih dari $\pm 10^\circ$.

5.2. Saran

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut terkait penyempurnaan dari proyek akhir ini, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dalam proses menentukan nilai parameter *power divider*, proses kalkulasi harus dilakukan dengan teliti. Sebab selisih nilai akan mempengaruhi nilai yang akan dihasilkan dari perancangan *power divider*.
2. Dalam proses pensolderan dan pemasangan konektor perlu diperhatikan ketelitiannya.
3. Untuk kedepan *power divider* dapat direalisasikan dengan metode yang lain.
4. Proses fabrikasi dan pemilihan bahan substrat harus diperhatikan dengan baik, karena tiap ukuran akan mempengaruhi perubahan nilai, dianjurkan memilih bahan yang berkualitas baik dan hati-hati terhadap barang tiruan.

REFERENSI

- [1] Triharjo R. H., Sofyan E., Rlyadl.A, “Rancangan Awal dan Strategi Pengembangan Rudal Jelajah Lapan”, Peneliti Pusat Teknologi Wahanan Dirgantara, LAPAN.
- [2] Matthew Montoya, “Standard Missile: A Cornerstone of Navy Theater Air Missile Defense”, johns hopkins apl technical digest, volume 22, number 3 (2001).
- [3] Clifton E. Cole Jr., “Missile Communication Links”, johns hopkins apl technical digest, volume 28, number 4 (2010)
- [4] Yussi Perdana Saputera, dkk, [Compact power combiner integrated with coupler and microstrip cavity filter for x-band surveillance radar](#)”, Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control) vol. 15, March 2017.
- [5] Ari Purwanto, “Rancang Bangun Power Splitter 1:2 Frekuensi 935-960 MHz Menggunakan Stripline”, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2009.
- [6] J. D. Krauss, Antennas., united states: Wiley Inter Science, 1998.
- [7] Yussi Perdana Saputera, dkk, [Small antenna using transmission line uniform for X-band navigation radar](#)”, 2015 International Workshop on Antenna Technology, iWAT 2015 vol. , 23 December 2015.
- [8] Yussi Perdana Saputera, dkk, Proceedings of 2014 8th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applicati vol. , 23 March 2015.
- [9] Magdy F. Iskander, “Electromagnetic Fields and Waves”, 1992.
- [10] D.M. Pozar. 2005. Microwave Engineering. New York : John Wiley & Sons Inc
- [11] Y.P. Saputera, Dkk, Beat Frequency Filter for Removing Harmonic Signals on Linear FM-CW Radar, 2015 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile.
- [12] Deni Maulana, "antena mikrostrip array 4 x 1 dengan bentuk trisula untuk aplikasi airport surveillance radar", Universitas Telkom, 2018.
- [13] Pozar, David M. 2012. Microwave Engineering 4th Ed. New York: Wiley.
- [14] Hong,Jia-Seng, Lancaster,M.J. “Microstrip Filters For RF/Microwave Applications”. New York : Wiley and Sons, 2001.
- [15] Marbun, Adi Jexon. 2008. “Rancang Bangun Chebychev Power Combiner 2:1 Frekuensi 2400 MHz Menggunakan PCB”. Depok: Universitas Indonesia.
- [16] Rudal Kendali, https://id.wikipedia.org/wiki/Peluru_kendali , Tanggal akses 12 juli 2021 jam 09.49
- [17] M561 Application note v2.00, Power Dividers/Combiners, AMP Company. <http://www.macom.com/Application%20Notes/pdf/m561.pdf>, Tanggal akses 4 Juli 2021 jam 19.00
- [18] Eight-way Wilkinson example, http://www.microwaves101.com/encyclopedia/wilkinson_8way.cfm#compactwilk, Tanggal akses akses 3 Juli 2021 jam 19.30
- [19] Wilkinson power splitters, http://www.microwaves101.com/encyclopedia/Wilkinson_splitters.cfm#compactwilk, Tanggal akses 4 juli 2021 jam 20.00.
- [20] Fuji Dwiastuty, Romie Oktovianus Bura, Robertus Heru Triharjanto, “Optimasi Karakteristik Aerodinamika Pada Desain Peluru Kendali Anti Kapal Permukaan Untuk Kapal Cepat-Rudal Indonesia”, Pusat Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa, LAPAN.

- [21] Rika Andiarty, Edi Sofyan, “Sistem Kendali Roket Untuk Gerak Unpitching”, Peneliti Bidang Kendali, Pustekwagan, LAPAN.

