



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - EE 184801**  
**RANCANG BANGUN KANDANG *POWER DIVIDER***  
**1 TO 4 DENGAN MEMPERHITUNGGAN EFEK**  
**KOMPATIBILITAS ELEKTROMAGNETIK UNTUK**  
**SISTEM *COASTAL RADAR***

Ryanza Rizadira Rudiananda  
NRP 0711154000005

Dosen Pembimbing  
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

*Lembar ini sengaja dikosongkan*



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - EE 184801  
DESIGN OF POWER DIVIDER 1 TO 4 ENCLOSURE  
WITH ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY EFFECT  
FOR COASTAL RADAR SYSTEM**

Ryanza Rizadira Rudiananda  
NRP 0711154000005

Supervisor  
Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

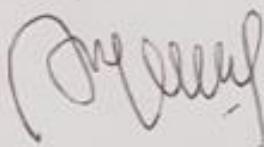
*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan tugas akhir saya dengan judul "**Rancang Bangun Kandang *Power Divider 1 to 4* dengan Memperhitungkan Efek Kompatibilitas Elektromagnetik untuk Sistem *Coastal Radar***" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 15 Januari 2019



**Rvanza Rizadira Rudiananda**  
NRP. 0711154000005

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

**RANCANG BANGUN KANDANG *POWER DIVIDER* 1 TO 4  
DENGAN MEMPERHITUNGKAN EFEK KOMPATIBILITAS  
ELEKTROMAGNETIK UNTUK SISTEM *COASTAL RADAR***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro

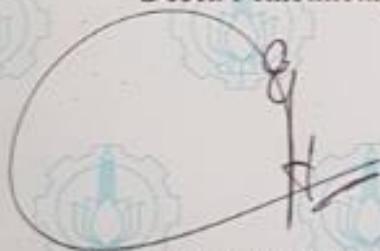
Pada

Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia

Jurusan Teknik Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing,



**Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP.197210012003121002**



*Lembar ini sengaja dikosongkan*

# RANCANG BANGUN KANDANG *POWER DIVIDER 1 TO 4* DENGAN MEMPERHITUNGGAN EFEK KOMPATIBILITAS ELEKTROMAGNETIK UNTUK SISTEM *COASTAL RADAR*

Nama : Ryanza Rizadira Rudiananda  
NRP : 0711154000005  
Pembimbing I : Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

## ABSTRAK

Desain kandang/*enclosure* idealnya tidak memiliki lubang dimana dapat menyebabkan radiasi elektromagnetik dan gangguan pada sirkuit di dalam kandang. Namun, sebuah kandang/*enclosure* tanpa lubang sangat tidak dapat dilakukan karena pada kenyataannya, sebuah kandang/*enclosure* membutuhkan ventilasi, kabel atau penetrasi kawat, dan lain-lain. Oleh karena itu, efek kompatibilitas elektromagnetik harus diperhitungkan untuk memastikan perlindungan yang cukup.

Dalam penelitian ini, akan direalisasikan kandang/*enclosure* untuk *power combiner/divider* yang bekerja pada frekuensi *S-band* yang akan dimanfaatkan untuk sistem *coastal radar*. *Power combiner/divider* ini dirancang menggunakan metode SIW (*Substrate Integrated Waveguide*) dan HMSIW (*Half Mode Substrate Integrated Waveguide*). *Power combiner/divider* tersebut akan memiliki 1 *port input* dan 4 *port output*. Kandang/*enclosure* ini dirancang dengan memperhitungkan efek kompatibilitas elektromagnetik. Tujuan rancangan tersebut adalah untuk memastikan perlindungan yang cukup untuk mencapai kompatibilitas elektromagnetik.

Pada hasil simulasi *enclosure power divider* yang dirancang telah dianalisis persebaran dan intensitas *surface current*-nya dan dapat mencapai efek kompatibilitas elektromagnetik. Pada hasil pengukuran *Enclosure* yang dirancang sedikit mengubah performa dari *power divider* yang telah dianalisis melalui *s parameter*, akan tetapi perubahan nilai pada *s parameter* yang terjadi tidaklah besar.

**Kata Kunci:** *Coastal Radar, Enclosure, Kompatibilitas Elektromagnetik, Power Divider.*

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

# DESIGN OF POWER DIVIDER 1 TO 4 ENCLOSURE WITH ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY EFFECT FOR COASTAL RADAR SYSTEM

**Nama** : Ryanza Rizadira Rudiananda  
**NRP** : 0711154000005  
**1<sup>st</sup> Supervisor** : Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.

## ABSTRACT

The ideal enclosure design has no holes which can cause electromagnetic radiation and interference with the circuit inside the enclosure. However, a cage / enclosure without holes is very difficult because in reality, an enclosure requires ventilation, wiring or wire penetration, and so on. Therefore, the electromagnetic compatibility effect must be taken into calculation to ensure adequate protection.

In this study, the enclosure for power combiner / divider will be realized which works on the S-band frequency which will be used for coastal radar systems. This power combiner / divider is designed using the SIW (Substrate Integrated Waveguide) and HMSIW (Half Mode Substrate Integrated Waveguide) method. The power combiner / divider will have 1 input port and 4 output ports. This enclosure is designed by calculate the effects of electromagnetic compatibility. The design goal is to ensure adequate protection to achieve electromagnetic compatibility.

The simulation results of the enclosure power divider have been analyzed by the distribution and intensity of surface current and can achieve electromagnetic compatibility effects. In the measurement results the enclosure that is designed slightly changes the performance of the power divider that has been analyzed through s parameters, but the change in the value of the s parameter that occurs is not large.

**Keywords:** Coastal Radar, Electromagnetic Compatibility, Enclosure, Power Divider.

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul:

“RANCANG BANGUN KANDANG *POWER DIVIDER* 1 TO 4  
DENGAN MEMPERHITUNGGAN EFEK KOMPATIBILITAS  
ELEKTROMAGNETIK UNTUK SISTEM *COASTAL RADAR*”

Penulis juga berterima kasih atas bantuan, bimbingan, dan kerjasama kepada:

1. Ayah dan Ibu, Rudi Johar dan Diana Ristyanti, yang telah senantiasa membimbing penulis sejak kecil untuk menjadi orang bermanfaat.
2. Daniar Amarassaphira, yang tidak pernah lelah untuk selalu memberikan dukungan selama masa perkuliahan.
3. Dosen pembimbing, Bapak Eko Setijadi, yang telah membimbing saya sejak awal pengagasan judul tugas akhir sampai tugas akhir ini dirampungkan.
4. Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi, Prof. Gamantyo Hendranto, yang telah mengawasi perkembangan dari tugas akhir penulis.
5. Rekan – rekan e-55 serta LJ TMM atas segala wawasan dan dukungan yang telah diberikan.

Penyusunan buku ini masih terdapat banyak kekurangan, namun penulis berharap buku ini dapat memenuhi fungsinya sebagaimana mestinya, serta dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Surabaya, 15 Januari 2019

Penulis

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Metodologi .....	2
1.6 Sistematika Laporan.....	3
1.7 Relevansi .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Sistem Radar .....	5
2.2 <i>Coastal Radar</i> .....	6
2.3 Frekuensi <i>S Band</i> .....	7
2.4 <i>Enclosure</i> .....	9
2.5 <i>Power Divider / Power Combiner</i> .....	9
2.6 <i>Electromagnetic Compatibility</i> .....	10
2.7 <i>Electromagnetic Interference</i> .....	11
2.8 <i>Electromagnetic Shielding</i> .....	12
2.9 <i>Shielding Effectiveness</i> .....	13
2.10 Parameter Kinerja <i>Enclosure</i> .....	14
2.11 Parameter Kinerja <i>Power Divider</i> .....	15
2.12 Instrumen Perancangan dan Pengukuran .....	17
2.12.1 SolidWorks.....	18
2.12.2 <i>CST Studio Suite</i> .....	19
2.12.3 <i>Network Analyzer</i> .....	19
2.12.4 Kabel dan Konektor .....	20
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Diagram Alir Perancangan ( <i>Flowchart</i> ).....	23

3.2	Spesifikasi Rancangan .....	24
3.3	Perancangan Secara Teoritis .....	24
3.4	Desain Rancangan Enclosure <i>Power Divider</i> .....	27
3.5	Simulasi Rancangan <i>Enclosure Power Divider</i> .....	32
3.5.1	Simulasi <i>Enclosure</i> Tanpa Menggunakan <i>Power Divider</i> .....	32
3.5.2	Simulasi Enclosure Menggunakan <i>Power Divider</i> ....	33
3.6	Fabrikasi Perancangan dan Metode Pengukuran .....	36
<b>BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>39</b>
4.1	Hasil Simulasi <i>Enclosure</i> .....	39
4.1.1	Hasil Simulasi <i>Enclosure</i> Tanpa Menggunakan <i>Power Divider</i> .....	39
4.1.2	Hasil Simulasi <i>Enclosure</i> Menggunakan <i>Power Divider</i> .....	47
4.2	Hasil Fabrikasi <i>Enclosure</i> .....	58
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>		<b>67</b>
5.1	Kesimpulan .....	67
5.2	Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>69</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>71</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>		<b>73</b>

# TABLE OF CONTENT

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>FOREWORD.....</b>	<b>v</b>
<b>TABLE OF CONTENT .....</b>	<b>vii</b>
<b>LIST OF FIGURE .....</b>	<b>xi</b>
<b>LIST OF TABLE .....</b>	<b>xv</b>
<b>CHAPTER 1 PREFACE .....</b>	<b>1</b>
1.1 Background .....	1
1.2 State of Problem .....	2
1.3 Scope of Problem .....	2
1.4 Purpose.....	2
1.5 Methodology .....	2
1.6 Systematic Report .....	3
1.7 Relevance .....	4
<b>CHAPTER 2 LITERATURE REVIEW .....</b>	<b>5</b>
2.1 Radar System .....	5
2.2 Coastal Radar .....	6
2.3 S Band Frequency .....	7
2.4 Enclosure .....	9
2.5 Power Divider / Power Combiner .....	9
2.6 Electromagnetic Compatibility .....	10
2.7 Electromagnetic Interference .....	11
2.8 Electromagnetic Shielding .....	12
2.9 Shielding Effectiveness .....	13
2.10 Performance Parameter of Enclosure .....	14
2.11 Performance Parameter of Power Divider .....	15
2.12 Design and Measurement Instruments .....	17
2.12.1 SolidWorks.....	18
2.12.2 CST Studio Suite .....	19
2.12.3 Network Analyzer .....	19
2.12.4 Cable and Connector .....	20
<b>CHAPTER 3 RESEARCH MEHODOLOGY.....</b>	<b>23</b>
3.1 Flowchart Design .....	23

3.2	Design Specification .....	24
3.3	Theoretical Design.....	24
3.4	Design of Enclosure Power Divider.....	27
3.5	Simulation of Enclosure Power Divider .....	32
3.5.1	Simulation of Enclosure Without Power Divider .....	32
3.5.2	Simulation of Enclosure With Power Divider.....	33
3.6	Design and Measurement Fabrication.....	36
<b>CHAPTER 4 DATA ANALYSIS AND DISCUSSION.....</b>		<b>39</b>
4.1	Simulation Results of Enclosure .....	39
4.1.1	Simulation Results of Enclosure Without Power Divider .....	39
4.1.2	Simulation Results of Enclosure With Power Divider .....	47
4.2	Measurement Results Enclosure .....	58
<b>CHAPTER 5 CLOSURE .....</b>		<b>67</b>
5.1	Conclusion .....	67
5.2	Suggestion.....	67
<b>BIBLIOGRAPHY .....</b>		<b>69</b>
<b>ATTACHMENT .....</b>		<b>71</b>
<b>WRITER BIOGRAPHY .....</b>		<b>73</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Prinsip Kerja Radar.....	5
<b>Gambar 2. 2</b> Menara <i>radar</i> Lampung Selatan .....	6
<b>Gambar 2.4</b> <i>Shielding Enclosure</i> .....	9
<b>Gambar 2.5</b> Skema <i>Power Divider</i> .....	10
<b>Gambar 2.6</b> Ilustrasi Energi Elektromagnetik .....	11
<b>Gambar 2.7</b> Gangguan dari <i>Electromagnetic Interference</i> .....	12
<b>Gambar 2.8</b> Ilustrasi mekanisme <i>shielding</i> .....	13
<b>Gambar 2.9</b> <i>Shielding Effectiveness</i> .....	14
<b>Gambar 2.10</b> Tampilan <i>Interface SolidWorks</i> .....	18
<b>Gambar 2.11</b> Agilent <i>N9923A Fieldfox RF Vector Network Analyzer</i> .....	20
<b>Gambar 2.12</b> Kabel <i>Jumper</i> RG8 .....	20
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir metode penelitian.....	23
<b>Gambar 3.2</b> SMA female connector 4 holes <i>dengan</i> panel mount .....	26
<b>Gambar 3. 3</b> Dimensi konektor.....	26
<b>Gambar 3.4</b> Ukuran desain body <i>enclosure</i> tampak bawah.....	28
<b>Gambar 3.5</b> Ukuran desain body <i>enclosure</i> .....	28
<b>Gambar 3.6</b> <i>Body enclosure</i> perspektif 3D.....	29
<b>Gambar 3.7</b> Sisi depan <i>body enclosure</i> 3D.....	29
<b>Gambar 3.8</b> Sisi belakang <i>body enclosure</i> 3D .....	29
<b>Gambar 3.9</b> Sisi kanan dan kiri <i>body enclosure</i> 3D .....	29
<b>Gambar 3.10</b> Sisi atas dan bawah <i>body enclosure</i> 3D.....	30
<b>Gambar 3.11</b> Ukuran desain <i>enclosure</i> bagian bawah.....	30
<b>Gambar 3. 12</b> Bagian bawah <i>enclosure</i> perspektif 3D .....	30
<b>Gambar 3.13</b> Sisi atas dan bawah bagian bawah <i>enclosure</i> .....	31
<b>Gambar 3.14</b> Ukuran desain <i>enclosure</i> bagian atas .....	31
<b>Gambar 3.15</b> Simulasi <i>body enclosure</i> .....	33
<b>Gambar 3.16</b> Simulasi bagian atas dan bawah <i>enclosure</i> .....	33
<b>Gambar 3.17</b> Simulasi <i>enclosure power divider</i> .....	34
<b>Gambar 3.18</b> Transparan <i>enclosure</i> perspektif .....	34
<b>Gambar 3.19</b> Transparan <i>enclosure</i> tampak samping.....	35
<b>Gambar 3.20</b> Bagian atas <i>enclosure power divider</i> .....	35
<b>Gambar 3.21</b> Bagian <i>body enclosure power divider</i> .....	35
<b>Gambar 3.22</b> Bagian bawah <i>enclosure power divider</i> .....	35
<b>Gambar 4.1</b> Skala <i>surface current</i> .....	39

<b>Gambar 4.2</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> pertama pada frekuensi 2 GHz .....	40
<b>Gambar 4.3</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> pertama pada frekuensi 3 GHz .....	40
<b>Gambar 4.4</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> pertama pada frekuensi 4 GHz .....	41
<b>Gambar 4.5</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> kedua pada frekuensi 2 GHz .....	41
<b>Gambar 4.6</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> kedua pada frekuensi 3 GHz .....	42
<b>Gambar 4.7</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> kedua pada frekuensi 4 GHz .....	42
<b>Gambar 4.8</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> ketiga pada frekuensi 2 GHz .....	43
<b>Gambar 4.9</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> ketiga pada frekuensi 3 GHz .....	43
<b>Gambar 4.10</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> ketiga pada frekuensi 2 GHz .....	44
<b>Gambar 4.11</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> keempat pada frekuensi 2 GHz .....	44
<b>Gambar 4.12</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> keempat pada frekuensi 3 GHz .....	45
<b>Gambar 4.13</b> Hasil simulasi <i>waveguide port</i> keempat pada frekuensi 4 GHz .....	45
<b>Gambar 4.14</b> Hasil simulasi bagian atas dan bawah <i>enclosure</i> pada frekuensi 2 GHz .....	46
<b>Gambar 4.15</b> Hasil simulasi bagian atas dan bawah <i>enclosure</i> pada frekuensi 3 GHz .....	46
<b>Gambar 4.16</b> Hasil simulasi bagian atas dan bawah <i>enclosure</i> pada frekuensi 4 GHz .....	46
<b>Gambar 4.17</b> <i>Surface current</i> pada frekuensi 2 GHz .....	47
<b>Gambar 4.18</b> <i>Surface current</i> tampak samping pada frekuensi 2 GHz .....	47
<b>Gambar 4.19</b> <i>Surface Current</i> non-vektor pada frekuensi 2 GHz .....	48
<b>Gambar 4.20</b> <i>Surface current</i> pada frekuensi 3 GHz .....	48
<b>Gambar 4.21</b> <i>Surface current</i> tampak samping pada frekuensi 3 GHz .....	49
<b>Gambar 4.22</b> <i>Surface current</i> non-vektor pada frekuensi 3 GHz .....	49
<b>Gambar 4.23</b> <i>Surface current</i> pada frekuensi 4 GHz .....	50

<b>Gambar 4.24</b>	<i>Surface current</i> tampak samping pada frekuensi 4 GHz.....	50
<b>Gambar 4.25</b>	<i>Surface current</i> non-vektor pada frekuensi 4 GHz .....	51
<b>Gambar 4.26</b>	<i>S-parameter</i> pada <i>power divider</i> tanpa menggunakan <i>enclosure</i> .....	52
<b>Gambar 4.27</b>	<i>S-parameter</i> pada <i>power divider</i> menggunakan <i>enclosure</i> .....	52
<b>Gambar 4.28</b>	Perbandingan <i>s-parameter</i> .....	53
<b>Gambar 4.29</b>	<i>S-parameter</i> menggunakan <i>enclosure</i> pada frekuensi 2.6 GHz.....	54
<b>Gambar 4.30</b>	<i>S-parameter</i> tanpa <i>enclosure</i> pada frekuensi 2.6 GHz... ..	54
<b>Gambar 4.31</b>	Rentang <i>bandwidth power divider</i> tanpa <i>enclosure</i> .....	55
<b>Gambar 4.32</b>	Rentang <i>bandwidth power divider</i> dengan <i>enclosure</i> ....	56
<b>Gambar 4.33</b>	Respon fasa dari <i>power divider</i> tanpa menggunakan <i>enclosure</i> .....	57
<b>Gambar 4.34</b>	Respon fasa dari <i>power divider</i> ketika menggunakan <i>enclosure</i> .....	57
<b>Gambar 4.35</b>	Hasil fabrikasi <i>enclosure</i> tampak depan dan belakang ..	58
<b>Gambar 4.36</b>	Hasil fabrikasi <i>enclosure</i> tampak samping .....	59
<b>Gambar 4.37</b>	Pengukuran performa <i>power divider</i> .....	59
<b>Gambar 4.38</b>	Hasil pengukuran pada <i>return loss</i> .....	60
<b>Gambar 4.39</b>	Hasil pengukuran <i>insertion loss</i> $S_{21}$ .....	60
<b>Gambar 4.40</b>	Hasil pengukuran <i>insertion loss</i> $S_{31}$ .....	61
<b>Gambar 4.41</b>	Hasil pengukuran <i>insertion loss</i> $S_{41}$ .....	61
<b>Gambar 4.42</b>	Hasil pengukuran <i>insertion loss</i> $S_{51}$ .....	62
<b>Gambar 4.43</b>	Grafik <i>s-parameter</i> .....	63
<b>Gambar 4.44</b>	Respon fasa gabungan .....	64

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Pembagian frekuensi radio .....	8
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Rancangan Power Combiner/Divider.....	24
<b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi Aluminium 6061 .....	24
<b>Tabel 3.3</b> Dimensi <i>power divider</i> .....	27
<b>Tabel 4.1</b> Tabel perbandingan pada hasil simulasi <i>s-parameter</i> .....	56
<b>Tabel 4.2</b> Dimensi <i>enclosure</i> .....	58
<b>Tabel 4.3</b> Perbandingan <i>s-parameter</i> .....	63
<b>Tabel 4.4</b> Perbandingan spesifikasi hasil simulasi dan pengukuran .....	65
<b>Tabel 4.5</b> Output <i>power divider</i> dengan daya pancar 5W.....	65

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Milenium baru menandai era nirkabel di mana dunia diubah menjadi terasa sangat dekat dan transfer informasi dapat dilakukan dalam hitungan detik. Semua ini dimungkinkan oleh penggunaan antena. Sayangnya penciptaan dunia nirkabel meningkatkan interferensi elektromagnetik [1].

Lingkungan elektromagnetik adalah bagian dari dunia di mana kita hidup saat ini. Berbagai peralatan seperti stasiun penyiaran radio atau televisi, pemancar komunikasi, radar serta alat bantu navigasi lainnya memancarkan energi elektromagnetik selama peralatan tersebut bekerja. Pancaran energi elektromagnetik yang terpancar dari peralatan tersebut adalah pancaran energi elektromagnetik yang pada dasarnya pasti terpancar. Banyak peralatan, seperti sistem pengapian mobil dan peralatan kontrol industri yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari juga memancarkan energi elektromagnetik meskipun pancaran energi elektromagnetik ini bukan merupakan bagian dari operasi normal [1].

*Electromagnetic shielding* adalah teknik yang mengurangi atau mencegah energi elektromagnetik terpancar yang tidak dikehendaki ke dalam peralatan, sehingga memungkinkan peralatan untuk beroperasi dalam lingkungan elektromagnetiknya masing-masing. *Electromagnetic shielding* efektif dalam sebagian besar spektrum elektromagnetik mulai dari DC sampai frekuensi gelombang mikro. Permasalahan *shielding* sulit ditangani karena merancang *shielding* yang sempurna tidak dimungkinkan hal tersebut disebabkan oleh adanya diskontinuitas pada dinding pelindung, seperti sambungan panel pelindung, lubang ventilasi, sampai dengan saklar [1].

Dalam penelitian ini, akan direalisasikan kandang/*enclosure* untuk *power combiner/divider* yang bekerja pada frekuensi S-band yang akan dimanfaatkan untuk sistem *coastal radar*. *Power combiner/divider* ini dirancang menggunakan metode SIW (*Substrate Integrated Waveguide*) dan HMSIW (*Half Mode Substrate Integrated Waveguide*). *Power combiner/divider* tersebut akan memiliki 1 *port input* dan 4 *port output*. Kandang/*enclosure* ini dirancang dengan memperhitungkan efek kompatibilitas elektromagnetik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang mendasari tugas akhir ini:

1. Bagaimana desain *enclosure* untuk *power divider* 1 to 4 dengan mempertimbangkan efek kompatibilitas elektromagnetik.
2. Bagaimana kinerja desain *enclosure* yang telah didesain secara simulasi.
3. Bagaimana fabrikasi *enclosure* dan pengukuran kinerja *enclosure* yang telah difabrikasi.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari permasalahan maka penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. *Power divider* yang akan digunakan untuk desain *enclosure* adalah *power divider* 1 to 4.
2. Frekuensi kerja *power divider* yang digunakan bekerja pada frekuensi 2 – 4 GHz.
3. Proses desain *enclosure* menggunakan *software* SolidWorks.
4. Proses simulasi *enclosure* menggunakan *software* CST *Studio Suite*.
5. Bahan implemmentasi *enclosure* adalah *aluminium alloy*.
6. Pengujian kinerja *power divider* hasil desain pada *software* meliputi: *surface current* dan performa *power divider* ketika menggunakan *enclosure*.
7. Pengujian kinerja *power divider* hasil desain pada fabrikasi meliputi: performa *power divider* ketika menggunakan *enclosure*.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Membuat desain *enclosure* untuk *power divider* 1 to 4 dengan mempertimbangkan efek kompatibilitas elektromagnetik.
2. Melakukan pengujian dan analisis kinerja dari *enclosure power divider* 1 to 4 dari hasil simulasi *software* dan hasil fabrikasi

## 1.5 Metodologi

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut:

### 1. Studi Literatur

Mempelajari teori dasar yang dibutuhkan dalam tugas akhir.

2. **Desain Rancangan *Enclosure Power Divider***  
Melakukan perhitungan dimensi dengan pemahaman dari studi literatur dan disesuaikan dengan dimensi *power divider*.
3. **Simulasi Rancangan *Enclosure Power Divider***  
Hasil desain rancangan *enclosure power divider* disimulasikan dengan *software*.
4. **Analisis Rancangan *Enclosure Power Divider***  
Menganalisis *surface current* pada *enclosure* dan performa *power divider* ketika menggunakan *enclosure* pada simulasi rancangan *enclosure power divider*.
5. **Fabrikasi Rancangan *Enclosure Power Divider***  
Melakukan fabrikasi terhadap rancangan *enclosure power divider* dengan menggunakan *aluminium alloy*.
6. **Pengukuran Hasil Fabrikasi**  
Melakukan pengukuran hasil fabrikasi.
7. **Analisis Hasil Fabrikasi**  
Melakukan analisis performa *power divider* ketika menggunakan *enclosure* hasil fabrikasi perancangan *enclosure power divider* yang kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi rancangan *enclosure power divider* pada *software*.
8. **Penulisan Laporan Tugas Akhir**  
Proses pengumpulan data hasil simulasi dan hasil pengukuran yang kemudian diolah untuk disusun menjadi sebuah buku laporan sebagai hasil dari pengerjaan tugas akhir.

## 1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB 1      PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, sistematika laporan, dan relevansi.

### **BAB 2      TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tinjauan pustaka yang akan membahas tentang *Enclosure*, *Sistem Radar*, *Power Divider*, *EMC*, *Shielding Effectiveness*,

frekuensi S Band, parameter pengukuran, dan instrumen perancangan dan pengukuran.

### **BAB 3 PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam membuat desain enclosure power divider, simulasi enclosure power divider, dan realisasi desain menjadi alat yang siap dianalisis.

### **BAB 4 PENGUKURAN KINERJA DAN ANALISIS DATA**

Pada bab ini ditampilkan hasil pengukuran simulasi dan fabrikasi, kemudian dilakukan analisis dari data yang telah diperoleh berdasarkan rumusan masalah.

### **BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dan langkah-langkah yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

#### **1.7 Relevansi**

Hasil yang didapat dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

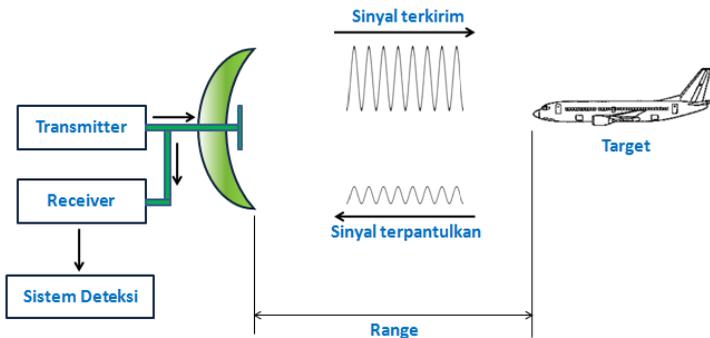
1. Dapat terealisasinya *enclosure* yang dapat menjadikan *power divider* memenuhi kompatibilitas elektromagnetik.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Radar

Radar adalah kependekan dari *Radio Detection and Ranging*. Radar merupakan sebuah sistem gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak, dan membuat peta benda-benda seperti pesawat, kendaraan bermotor, dan informasi cuaca. Panjang gelombang yang dipancarkan radar adalah beberapa millimeter hingga satu meter. Gelombang radio/sinyal yang dipancarkan dari suatu benda dapat ditangkap oleh radar kemudian dianalisis untuk mengetahui lokasi dan bahkan jenis benda tersebut. Meskipun sinyal yang diterima relative lemah, namun sinyal radio tersebut dapat dengan mudah dideteksi dan diperkuat oleh radar [2][3].

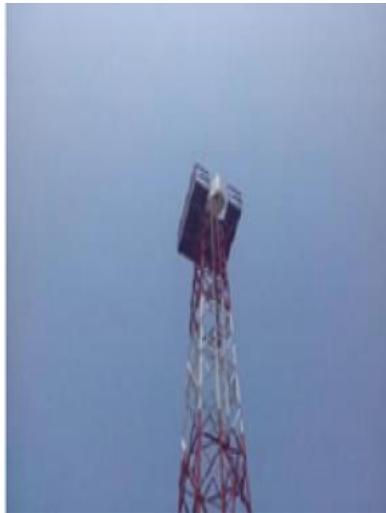


**Gambar 2.1** Prinsip Kerja Radar [3]

Sistem radar memiliki tiga komponen utama yaitu, antenna, *transmitter* (pemancar sinyal), dan *receiver* (penerima sinyal). Radar pada umumnya beroperasi dengan cara memancarkan gelombang elektromagnetik terbatas di dalam piringan yang bertujuan untuk menangkap sinyal dari benda yang melintas pada daerah tangkapan dengan sudut tertentu. Ketika suatu benda masuk ke dalam daerah tangkapan antenna, maka sinyal yang ditangkap akan diteruskan menuju pusat sistem radar, yang kemudian akan diproses hingga benda tersebut tampak pada layar *display* atau *monitor* [2][3].

## 2.2 Coastal Radar

*Coastal radar* adalah salah satu contoh pemanfaatan sistem radar pada dunia militer. Kemampuan mendeteksi suatu objek dari suatu sistem radar dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan peran Tentara Nasional Indonesia (TNI) dan Kepolisian Negara Republik Indonesia (Polri) dalam menjalankan tugasnya menjaga wilayah perairan Indonesia dari ancaman kegiatan perikanan yang tidak sah (*illegal fishing*), pelanggaran wilayah oleh kapal asing dan pembajakan kapal laut. *Coastal radar* secara umum digunakan untuk mengawasi pergerakan kapal-kapal laut sehingga dapat mencegah tindakan-tindakan yang dapat merugikan Negara dan juga tabrakan antar kapal [3][4].



**Gambar 2.2** Menara *coastal radar* Lampung Selatan [3]

Penerapan *coastal radar* untuk menjaga wilayah perairan NKRI baru terpasang kurang dari 30 buah radar dan seluruhnya menggunakan radar buatan asing. Dengan keterbatasan teknologi radar tentunya akan sangat sulit untuk memastikan bahwa seluruh wilayah perairan NKRI sudah mendapatkan pengawasan. Melihat realita tersebut, maka perlu diadakan pengembangan kemampuan dalam negeri untuk penyediaan radar secara mandiri [3][4].

Sistem *coastal radar* yang sebaiknya digunakan memiliki sifat *portable*. Sistem *coastal radar* yang *portable* akan memiliki kemudahan dalam melakukan *monitoring* pada wilayah perairan dengan lokasi yang berbeda-beda hanya tergantung pada data yang ingin diperoleh yang menjadikan penempatan sistem *coastal radar* menjadi lebih fleksibel. Apabila ingin mendapatkan jangkauan wilayah *monitoring* yang jauh atau luas maka radar diletakkan pada tempat yang tinggi terhadap permukaan air laut sedangkan apabila hanya ingin mendapatkan wilayah *monitoring* yang sedikit atau kecil jangkauannya maka radar hanya perlu diletakkan pada posisi hanya beberapa meter dari permukaan air laut [3][4].

Sistem *coastal radar* menggunakan teknologi FMCW (*Frequency Modulated Continuous Wave*) pada penerapannya karena dapat menghasilkan daya yang rendah, biaya operasional yang murah, masa penggunaan lebih lama dan keandalan yang tinggi. Radar ini juga menggunakan antena mikrostip *array* yang disusun secara horizontal untuk mempersempit *beamwidth* dan dapat meningkatkan *gain* pada radar. Fitur penting lainnya dari penerapan radar berdaya rendah adalah kemampuan LPI (*Low Probability of Intercept*) dimana sinyal transmisi dari radar tidak dapat dengan mudah dideteksi oleh radar detektor sehingga radar ini dapat digunakan untuk kegiatan yang tersembunyi [3][4].

### **2.3 Frekuensi S Band**

*S Band* merupakan salah satu bagian dari pita gelombang mikro dari spektrum elektromagnetik yang berasal dari kata *short wave*. Hal ini telah didefinisikan di dalam standar IEEE untuk gelombang radio dengan frekuensi berkisar dari 2 GHz sampai dengan 4 GHz, melintasi batas konvensional antara UHF (*Ultra High Frequency*) dan SHF (*Super High Frequency*) di 3 GHz. Pembagian dari frekuensi radio dapat dilihat pada tabel 2.1 [5].

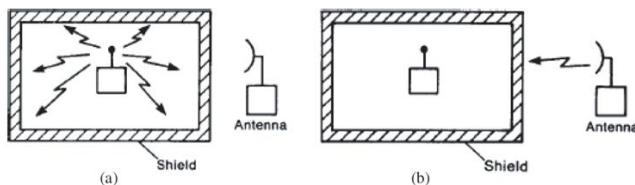
**Tabel 2.1** Pembagian frekuensi radio

Frekuensi	Panjang Gelombang	Nama Band
30-300 Hz	10 – 1 Mm	ELF (extremely low frequency)
300-3000 Hz	1 Mm – 100 km	
3-30 kHz	100 – 10 km	VLF (very low frequency)
30-300 kHz	10 – 1 km	LF (low frequency)
300-3000 kHz	1 km – 100 m	MF (medium frequency)
3-30 MHz	100 – 10 m	HF (high frequency)
30-300 MHz	10 – 1 m	VHF (very high frequency)
300-3000 MHz	1 m – 10 cm	UHF (ultra high frequency)
3-30 GHz	10 – 1 cm	SHF (super high frequency)
30-300 GHz	1 cm – 1 mm	EHF (extremely high frequency)
300-3000 GHz	1 mm – 100 $\mu$ m	
Frekuensi	Panjang Gelombang	Nama Band menurut IEEE
1-2 GHz	30 – 15 cm	L
2-4 GHz	15 – 7,5 cm	S
4-8 GHz	7,5 – 3,75 cm	C
8-12 GHz	3,75 – 2,5 cm	X
12-18 GHz	2,5 – 1,67 cm	Ku
18-27 GHz	1,67 – 1,11 cm	K
27-40 GHz	1,11 cm – 7,5 mm	Ka
40-300 GHz	7,5 – 1 mm	mm

S Band digunakan pada berbagai macam teknologi, yakni pada radar pengawas bandara untuk mengontrol lalu lintas udara, radar cuaca, radar kapal permukaan, dan beberapa satelit komunikasi yang digunakan untuk komunikasi antara *space shuttle* dan Stasiun Luar Angkasa Internasional. Di dalam *S Band* terdapat pita ISM (2.4GHz-2.483GHz), yang banyak digunakan untuk perangkat *microwave* daya rendah seperti telepon *unlicensed microwave* seperti telepon tanpa kabel, headphone nirkabel (*Bluetooth*), jaringan nirkabel (*WiFi*), pembuka pintu garasi, dan kunci kendaraan tanpa kunci [5].

## 2.4 Enclosure

*Enclosure* memiliki arti yaitu kandang atau tempat. *Enclosure* yang dirancang pada penelitian ini adalah sebuah *shielding enclosure* untuk *power divider* 1 to 4.

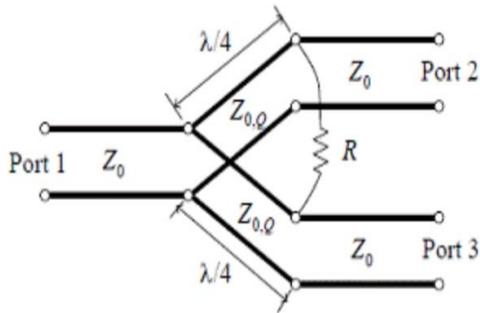


**Gambar 2.3** *Shielding Enclosure* [6]

*Shielding enclosure* memiliki fungsi untuk mengurangi atau mencegah energi elektromagnetik yang tidak diinginkan terpancarkan ke peralatan lain, hal ini dilakukan agar peralatan dapat beroperasi secara serempak dalam lingkungan elektromagnetiknya masing-masing. *Enclosure* yang dirancang akan difokuskan untuk membuat *power divider* 1 to 4 yang memenuhi kompatibilitas elektromagnetik [6].

## 2.5 Power Divider / Power Combiner

*Power divider/combiner* adalah perangkat yang sangat penting dalam pengiriman sinyal. Hal ini dikarenakan *power divider/combiner* merupakan komponen pasif *microwave* yang digunakan untuk menggabungkan daya (*power combiner*) dan membagi daya (*power divider*) karena baik *port input* maupun *port output*-nya match. Dengan kata lain perangkat ini berperan sebagai *reciprocal passive device*. Pada gambar 2.5 akan ditampilkan skema dari *power divider* [5].



**Gambar 2.4** Skema *Power Divider* [5]

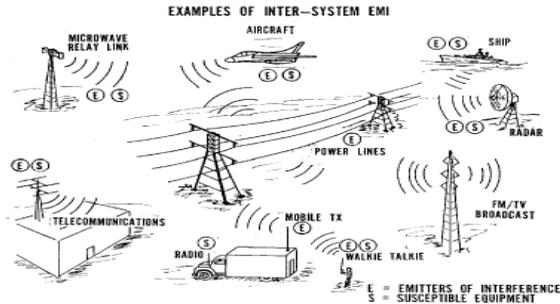
Perangkat ini sering digunakan untuk sinyal-sinyal yang berdaya tinggi. Pada umumnya, perangkat ini menghasilkan amplitudo dan pembagian fase yang besarnya sama. Dalam aplikasi pada frekuensi gelombang mikro, akan ada sebuah keadaan dimana daya yang ditransfer ke *port output* akan dipantulkan kembali. Untuk menghindarinya, *port output* harus dibuat saling *match* satu sama lain. Jika kondisi *match* tidak dapat diperoleh, maka akan terjadi pengurangan daya yang diakibatkan oleh pantulan. Hal yang bisa dilakukan untuk mengatasinya adalah dengan meminimalisasi pantulan tersebut dengan mengupayakan semua *port output* saling *match* satu sama lain [5].

## 2.6 *Electromagnetic Compatibility*

*Electromagnetic Compatibility* (EMC) didefinisikan sebagai kemampuan sebuah perangkat atau sebuah sistem untuk beroperasi dalam lingkungan elektromagnetiknya masing-masing tanpa merusak fungsi perangkat tersebut maupun perangkat lain, dalam Bahasa Indonesia dapat disebut kompatibilitas elektromagnetik. Tujuan dari penggunaan *Electromagnetic Compatibility* adalah untuk memastikan bahwa berbagai peralatan elektronik yang berbeda dapat beroperasi dalam jarak dekat tanpa menyebabkan gangguan yang tidak semestinya dan juga tidak merusak fungsinya [1].

Interferensi yang menimbulkan gangguan kinerja dari sebuah perangkat dikenal sebagai *Electromagnetic Interference* atau Interferensi Elektromagnetik (EMI). Interferensi inilah yang perlu dikurangi untuk

memastikan bahwa berbagai peralatan listrik dapat beroperasi di hadapan satu sama lain [1][7].

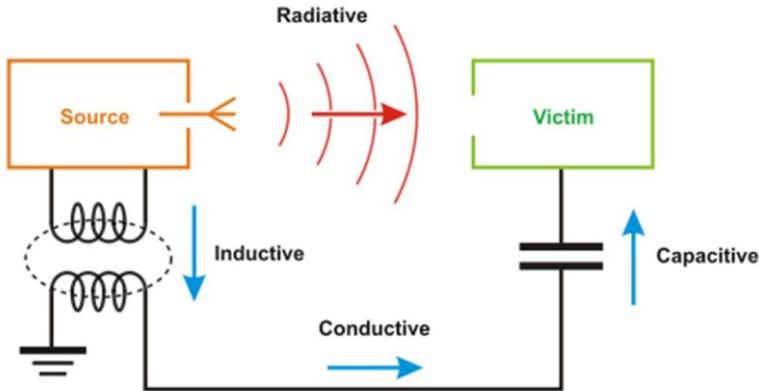


**Gambar 2.5** Ilustrasi Energi Elektromagnetik [7]

Ada dua elemen utama untuk *Electromagnetic Compatibility*, yang pertama adalah emisi (*emissions*). Emisi dari EMI mengacu pada hasil dari energi elektromagnetik yang tidak diinginkan. Emisi ini harus dikurangi dibawah batas tertentu yang dapat diterima untuk memastikan gelombang elektromagnetik tersebut tidak menyebabkan gangguan pada peralatan lain. Kemudian yang kedua adalah kerentanan (*susceptibility*) dan kekebalan/imunitas (*immunity*). Perangkat elektronik yang rentan terhadap EMI adalah sebuah reaksi terhadap energi elektromagnetik yang sangat tidak diinginkan. Tujuan dari desain *enclosure* adalah salah satu cara untuk memastikan tingkat imunitas yang cukup tinggi terhadap sinyal-sinyal yang tidak diinginkan ini [1].

## 2.7 *Electromagnetic Interference*

*Electromagnetic interference* atau Interferensi elektromagnetik (EMI) atau juga dapat disebut interferensi frekuensi radio (RFI) apabila gelombang elektromagnetik berasal dari spektrum frekuensi radio. *Electromagnetic Interference* adalah gangguan yang dihasilkan oleh sumber eksternal yang mempengaruhi sirkuit listrik yang dapat disebabkan oleh induksi elektromagnetik, elektrostatik, atau konduksi. Interferensi ini dapat menurunkan kinerja sirkuit atau bahkan menghentikannya berfungsi. Ilustrasi dari EMI akan ditampilkan pada gambar 2.7 [1][7].



**Gambar 2.6** Gangguan dari *Electromagnetic Interference* [7]

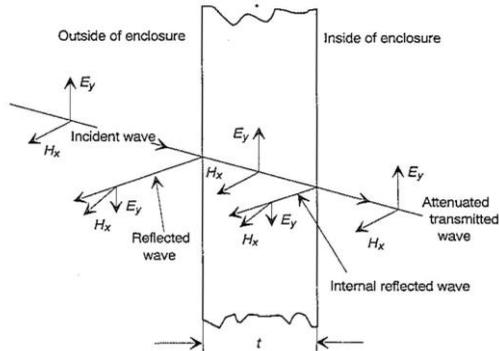
*Electromagnetic Interference* dapat dihasilkan baik dari sumber buatan maupun alami, contohnya adalah sistem pengapian, jaringan seluler telepon seluler, petir, jilatan api matahari, dan aurora. *Electromagnetic Interference* sering mempengaruhi radio AM dan juga dapat mempengaruhi ponsel, radio FM, televisi, serta observasi untuk astronomi radio. *Electromagnetic Interference* dapat digunakan secara sengaja untuk *radio jamming*, seperti dalam peperangan [1][7].

## 2.8 *Electromagnetic Shielding*

*Electromagnetic shielding* adalah sebuah teknik untuk mengurangi atau mencegah energi elektromagnetik yang tidak diinginkan terpancarkan ke peralatan, hal ini dilakukan agar peralatan dapat beroperasi secara serempak dalam lingkungan elektromagnetiknya masing-masing. *Electromagnetic shielding* efektif dalam sebagian besar spektrum elektromagnetik mulai dari DC sampai frekuensi gelombang mikro. Permasalahan *shielding* sulit ditangani karena merancang *shielding* yang sempurna tidak dimungkinkan hal tersebut disebabkan oleh adanya diskontinuitas pada dinding pelindung, seperti sambungan panel pelindung, lubang ventilasi, sampai dengan saklar [1].

*Shielding* diciptakan dengan menempatkan penghalang logam di jalur gelombang elektromagnetik antara pemancar dan penerimanya. Saat menembus penghalang logam, gelombang elektromagnetik akan mengalami impedansi intrinsik. Mekanisme dasar dari *shielding* adalah *reflection loss* and *absorption loss*. Oleh karena itu, teori *shielding*

didasarkan pada transmisi yang tembus terhadap logam dan yang terpantul dari logam [1].

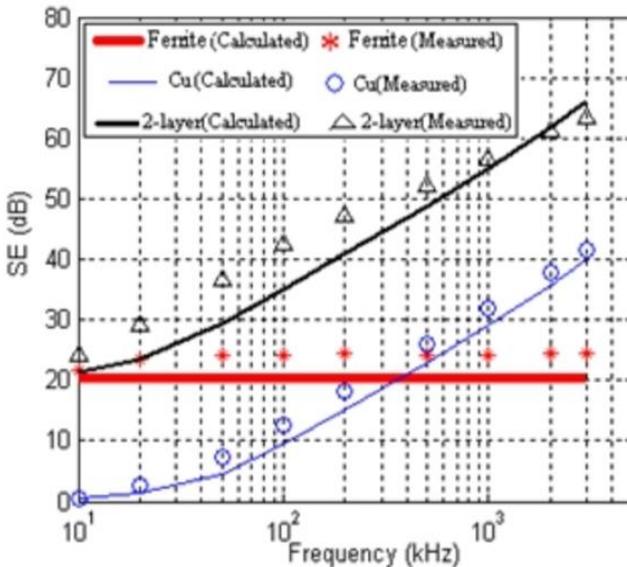


**Gambar 2.7** Ilustrasi mekanisme *shielding* [1]

Pada gambar 2.8 menunjukkan ilustrasi mekanisme *shielding*. Gelombang elektromagnetik dari pemancar sebagian terpantulkan dari permukaan *shielding* yang berimpedansi rendah, karena impedansi yang tidak sama antara gelombang dan logam/*shield*-nya. Sisanya ditransmisikan melewati logam/*shield* yang kemudian akan di serap juga sebagian oleh logam/*shield*-nya [1].

## 2.9 *Shielding Effectiveness*

*Shielding effectiveness* adalah sebuah parameter yang digunakan untuk untuk mengevaluasi *shielding* itu sendiri, dimana dapat diukur dengan kekuatan medan pada jarak tertentu dari sumber tanpa menggunakan *shielding* dan kekuatan medan pada jarak tertentu dengan *shielding*. Untuk mendapatkan *shielding effectiveness* yang berbeda maka material yang digunakan juga harus berbeda [1][8]. Pada gambar 2.9 akan ditampilkan hasil pengukuran *shielding effectiveness* pada beberapa material yang berbeda.



Gambar 2.8 Shielding Effectiveness [7]

*Shielding* akan memiliki perbedaan antara teori *shielding* dan realisasinya. Maka dari itu untuk mendapatkan *shielding* dengan performa yang baik harus memperhitungkan beberapa parameter seperti frekuensi yang digunakan, jarak antara pemancar gelombang elektromagnetik dengan dinding *shielding*, ketebalan dinding *shielding*, material yang digunakan oleh *shielding*, kemungkinan adanya diskontinuitas dari *shielding*, dan lain-lain[1][8].

## 2.10 Parameter Kinerja Enclosure

Terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan dan dianalisis untuk mengetahui apakah *Enclosure* yang dirancang bekerja dengan baik atau tidak. Parameter yang diperhatikan untuk menganalisis kinerja *enclosure* adalah dengan melihat kinerja *power divider* ketika dipasangkan *enclosure* dan *surface current* yang timbul pada *enclosure*.

*Surface current* adalah arus listrik yang diinduksi oleh paparan gelombang elektromagnetik. Hampir semua *software* simulasi yang menangani logam akan dapat memvisualisasikan *surface current*, salah satunya adalah CST *Studio Suite*. Agar *enclosure* dapat memenuhi

kompatibilitas elektromagnetik maka *surface current* yang timbul akibat gelombang elektromagnetik tidak boleh menembus sampai ke bagian luar *enclosure* dalam intensitas yang besar. Agar *surface current* yang timbul pada *enclosure* sesuai dengan yang diharapkan, maka dibutuhkan perhitungan untuk menentukan berapa ketebalan *enclosure*, yaitu dengan memperhitungkan *skin depth* [1].

*Skin depth* adalah sebuah pengukuran untuk mengukur seberapa jauh konduksi listrik dapat merambat pada material konduktor. Pada frekuensi radio, efek ketebalan pada konduktansi adalah eksponensial negatif. Hasil dari perhitungan *skin depth/skin effect* akan dijadikan tebal minimum pada *enclosure* [1].

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f_0 \mu_r \mu_0}} \quad (2.1)$$

Parameter yang menyebabkan besar atau kecilnya *skin depth* adalah frekuensi dari paparan gelombang elektromagnetik itu sendiri, resistivitas atau konduktivitas dari material *enclosure*, dan media perambatan dari gelombang elektromagnetik.

### 2.11 Parameter Kinerja *Power Divider*

Terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan dan dianalisis untuk mengetahui apakah *power divider* bekerja dengan baik atau tidak. Salah satu parameter yang dapat diperhatikan untuk menganalisis kinerja perangkat adalah dengan melihat nilai dari *scattering parameter* atau *s parameter*.

*Scattering Parameter* adalah karakteristik dari suatu network dengan kondisi *port* yang *match* sehingga perubahan pada terminasi atau eksitasi tidak akan mengubah nilai dari  $[S]$  tetapi yang berubah adalah koefisien refleksi dan koefisien transmisinya. *Scattering Parameter* berhubungan dengan tegangan gelombang datang dari suatu *port* dengan gelombang yang terpantulkan dari suatu *port*. *Scattering Parameter*  $[S]$  dapat didefinisikan menjadi persamaan relasi antara tegangan gelombang datang dan tegangan gelombang pantul untuk *N-port network* sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} V_1^- \\ V_2^- \\ \vdots \\ V_N^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1N} \\ S_{21} & & & \vdots \\ S_{N1} & \cdots & & S_{NN} \\ \vdots & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^+ \\ V_2^+ \\ \vdots \\ V_N^+ \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Karakteristik dasar dari perangkat *power divider* adalah kemampuannya yang bersifat *reciprocal*. Perangkat *reciprocal* adalah daya yang ditransmisikan antara dua *port* di dalam perangkat adalah sama. Berdasarkan pada hubungan antara elemen  $[S]$  dari perangkat *reciprocal*, perangkat *reciprocal* memiliki  $[S]$  yang simetris atau sama dengan matriks transposenya itu sendiri  $[S]^t$  [6][8].

Sifat lainnya adalah seberapa banyak *loss* yang dapat ditunjukkan ke perangkat. Idealnya, sebuah *power divider* yang akan digunakan dalam sistem adalah yang bersifat *lossless*, akan tetapi hanya *low loss power divider* yang dapat direalisasikan. Jika *network* bersifat *lossless* maka *scattering parameter* tersebut akan ditunjukkan pada persamaan (2.25) pada *N-port network* ( $N = 1,2,3, \dots$ ) untuk  $i = j$ .

$$\sum_{k=1}^N S_{ki} S_{kj}^* = 1 \quad (2.3a)$$

Dan untuk  $i \neq j$

$$\sum_{k=1}^N S_{ki} S_{kj}^* = 0 \quad (2.4b)$$

Pada *port output* yang diterminasi oleh beban yang *match*, koefisien refleksi pada *port input*  $\Gamma_{in}$  bernilai sama dengan  $S_{11}$ . Sehingga nilai *return loss* dapat diperoleh dari [9]

$$RL (dB) = -20 \log |S_{11}| \quad (2.6)$$

Tiap koefisien refleksi yang dilihat dari *port n* tidak sama dengan  $S_{nn}$  kecuali seluruh *port output* dalam kondisi yang *match*. Hal ini juga berlaku pada koefisien transmisi  $T$ . Pada saat mentransmisikan daya dari *port 1* ke *port 2* akan menghasilkan *loss* yang disebut dengan *insertion loss* yang dapat diperoleh dari

$$IL (dB) = -20 \log |S_{21}| \quad (2.7)$$

Nilai dari *insertion loss* akan digunakan untuk menentukan jumlah daya output yang dihasilkan oleh *power divider* apakah menjadi setengah atau seperempatnya dan lain-lain [6][8].

Isolasi pada tiap *port output power divider* memberikan pengaruh terhadap kinerja *power divider*. Isolasi adalah karakteristik yang berperan sebagai kemampuan sinyal dalam satu *port* untuk tidak mempengaruhi atau menjadi terisolasi oleh sinyal di *port* lain. Nilai isolasi dapat diperoleh dari

$$IL (dB) = -20\log|S_{23}| \quad (2.8)$$

Apabila impedansi pada saluran transmisi tidak *match* maka akan muncul daya refleksi pada saluran yang berinterferensi dengan daya dari transmisi. Hal ini mengakibatkan adanya gelombang berdiri yang besarnya tergantung dari daya refleksi. *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri maksimum dan minimum. Besarnya nilai VSWR bervariasi antara 1 sampai tak hingga. Nilai VSWR dapat diperoleh dari

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.9)$$

Kondisi terbaik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi daya pada saluran dikarenakan saluran berada dalam keadaan *match* sempurna. Namun pada realisasinya kondisi tersebut sulit untuk diterapkan. Semakin tinggi nilai VSWR maka semakin besar ketidaksesuaian saluran transmisi [6][8].

*Power divider* memiliki rentang frekuensi kerja yang disebut dengan parameter *bandwidth*. Salah satu cara untuk menentukan *bandwidth* adalah dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik *return loss*. Persamaan bandwidth dapat ditulis oleh persamaan berikut

$$BW = f_1 - f_2 \quad (2.10)$$

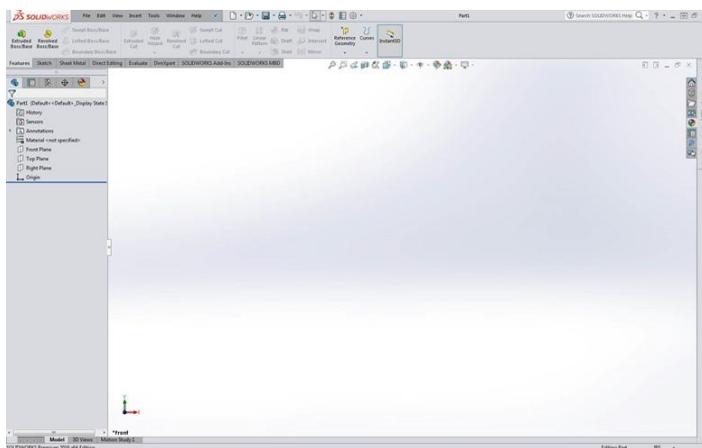
Dimana  $f_1$  adalah frekuensi atas dan  $f_2$  adalah frekuensi bawah [6][8].

## 2.12 Instrumen Perancangan dan Pengukuran

Pada perancangan *enclosure power divider* akan digunakan *software* yang dapat merancang desain *enclosure* dan *software* yang dapat mensimulasikan hasil desain *enclosure* yang telah dibuat hingga siap untuk difabrikasi. Rancangan desain tersebut akan dibuat dan diuji kinerjanya dengan menggunakan beberapa *software* dan perangkat.

### 2.12.1 SolidWorks

SolidWorks adalah sebuah program *computer-aided design* (CAD) and *computer-aided engineering* (CAE) yang dijalankan pada *Microsoft Windows*. SolidWorks adalah *software* pemodelan solid yang menggunakan pendekatan berbasis fitur parametrik untuk membuat model dan rakitan. Terdapat banyak parameter yang dapat menentukan bentuk atau geometri model atau perakitan. Parameter dapat berupa parameter numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau parameter geometris seperti tangen, paralel, konsentris, horizontal atau vertikal, dll. Parameter numerik dapat dikaitkan satu sama lain, yang memungkinkan parameter parameter tersebut dibuat untuk mencapai maksud desain.



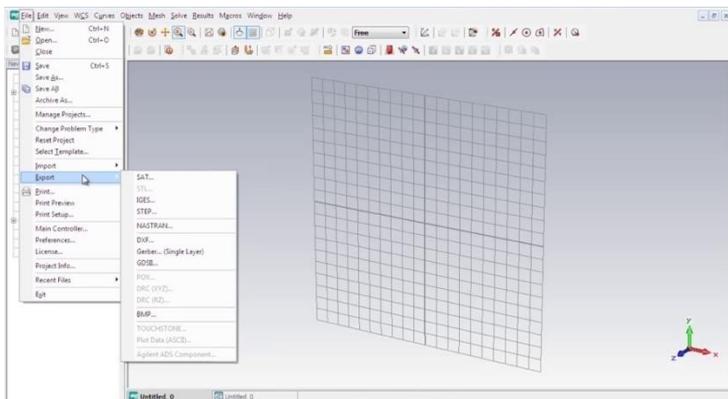
**Gambar 2.9** Tampilan *Interface* SolidWorks

Penggunaan *software* SolidWorks dapat memungkinkan pengguna untuk merancang desain suatu benda dengan sangat mudah, *software* ini memiliki fitur dan *interface* yang sangat mudah dimengerti pengguna baik bagi pemula maupun yang sudah berpengalaman.

### 2.12.2 CST Studio Suite

CST *Studio Suite* merupakan *software* tiga dimensi gelombang elektromagnetik untuk perancangan, analisis dan optimasi pada sistem dan komponen elektromagnetik. Aplikasi dari elektromagnetik yang sering dirancang dan disimulasikan menggunakan *software* tersebut adalah kinerja dari antenna dan filter, kompatibilitas elektromagnetik dan interferensinya (EMC/EMI), radiasi medan ke tubuh manusia dan efek elektromekanik pada motor dan generator.

Kelebihan dari penggunaan *software* CST *Studio Suite* adalah dapat mensimulasikan baik dari satu buah komponen maupun gabungan beberapa komponen yang menjadi suatu sistem dengan mudah dan juga memiliki hasil perhitungan yang tidak lama dan akurat. Tampilan *interface* pada CST *Studio Suite* juga mudah dimengerti sehingga dapat digunakan sebagai pembelajaran baik untuk pemula maupun yang sudah berpengalaman, dapat disimpulkan bahwa CST *Studio Suite* adalah *software* yang *user friendly*.



Gambar 2.19 Tampilan *Interface* CST *Studio Suite*

### 2.12.3 Network Analyzer

*Network Analyzer* (NA) merupakan perangkat *hardware* yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja dari *power divider*. Parameter-parameter yang dapat diukur oleh perangkat ini adalah *scattering parameter*, *VSWR*, *bandwidth* dan impedansi pada *smith chart*. NA yang digunakan pada pengukuran adalah Agilent N9923A *Fieldfox* RF Vector

*Network Analyzer* yang mampu mengukur dalam rentang frekuensi 2 MHz - 6 GHz.



**Gambar 2.10** Agilent N9923A Fieldfox RF Vector Network Analyzer

#### 2.12.4 Kabel dan Konektor

Kabel dan konektor termasuk perangkat yang digunakan dalam pengukuran dari kinerja *power divider*. Dikarenakan *power divider* memiliki beberapa *port* maka kabel yang digunakan untuk menghubungkan *port* ke NA adalah kabel jenis RG8 .



**Gambar 2.11** Kabel Jumper RG8

Konektor digunakan sebagai *port* pada *power divider* yang nantinya akan terpasang juga pada *enclosure*. Konektor yang digunakan adalah konektor SMA *Female* yang nantinya akan berperan sebagai saluran transmisi dan kemudian dihubungkan ke NA pada saat pengukuran. Kemudian konektor yang digunakan sebagai penghubung antara NA dengan konektor SMA *Female* yang melekat pada *power divider* adalah konektor N-*male*.



(a)

(b)

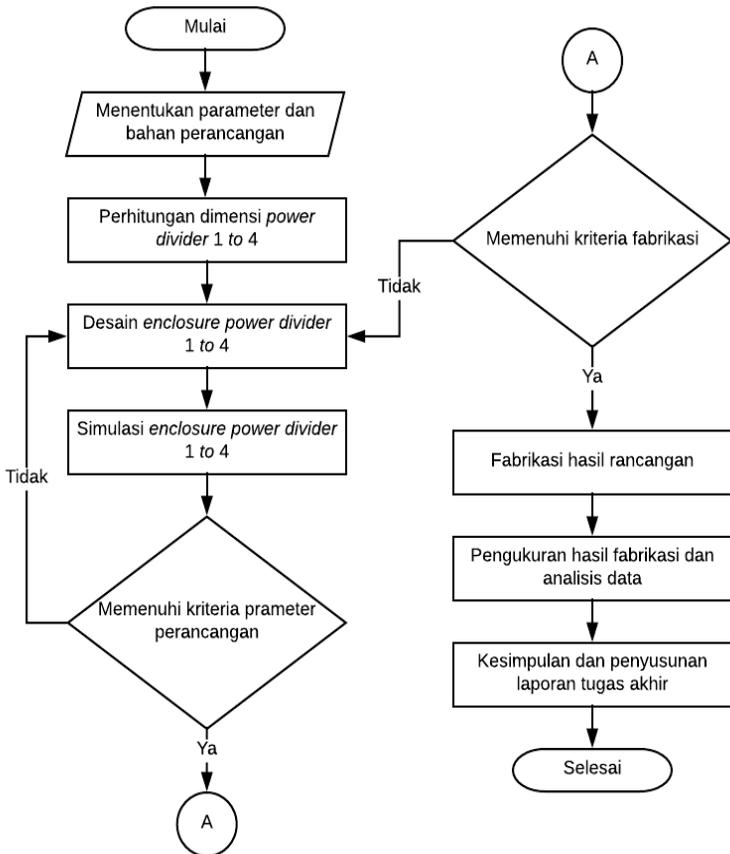
**Gambar 2.22** (a) Konektor SMA Female dan (b) Konektor N-male

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Perancangan (*Flowchart*)

Pada gambar 3.1 akan ditampilkan diagram alir perancangan dan realisasi alat dari awal proses sampai dengan selesai.



**Gambar 3.1** Diagram alir metode penelitian

### 3.2 Spesifikasi Rancangan

*Enclosure* yang akan direalisasikan pada tugas akhir ini mengacu pada *power divider* 1 to 4 direalisasikan oleh rekan saya. *Enclosure* yang diimplementasikan pada *power divider* 1 to 4 ini bertujuan untuk membuat *power divider* yang dapat digunakan dengan memenuhi efek kompatibilitas elektromagnetik. Spesifikasi pada perancangan *power divider* ditampilkan pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Spesifikasi Rancangan Power Combiner/Divider

Parameter	<i>Power combiner/divider</i> 1 to 4
Frekuensi kerja	2-4 GHz
Frekuensi Kerja Optimum	2.6 GHz
<i>Return loss</i>	$\leq -10$ dB
<i>Insertion loss</i>	$\geq -10$ dB (toleransi $\leq 1$ dB)

Bahan yang digunakan pada perancangan *enclosure power divider* adalah aluminium jenis Al 6061. Aluminium jenis ini telah menjadi objek dari banyak riset dikarenakan aluminium jenis ini terhitung ringan, murah, mudah didapat, dan mudah untuk difabrikasi. Spesifikasi bahan yang digunakan pada perancangan ditampilkan pada tabel 3.2[10].

**Tabel 3.2** Spesifikasi Aluminium 6061

Spesifikasi	Nilai
Konduktivitas bahan ( $\sigma$ )	2.633E+07
Resistivitas bahan ( $\rho$ )	3.798E-08
Massa Jenis	2.70 g/cm <sup>3</sup>

### 3.3 Perancangan Secara Teoritis

Perancangan *enclosure power combiner/divider* memerlukan perhitungan teoritis untuk mendapatkan ukuran ketebalan dari dinding *enclosure power combiner/divider*. Ukuran ketebalan dinding *enclosure* berpengaruh terhadap seberapa banyak *surface current* yang dapat menembus dinding *enclosure* itu sendiri. Untuk menentukan ketebalan minimum agar *surface current* yang timbul tidak menembus ke bagian luar *enclosure* adalah dengan menghitung *skin depth/skin effect* pada persamaan 2.1.

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f_0 \mu_r \mu_0}}$$

Bahan yang akan digunakan pada enclosure ini adalah Aluminium 6061 dengan resistivitas bahan  $\rho = 3.798\text{E-}08$ . Frekuensi kerja yang digunakan pada power divider yaitu pada rentang 2-4 GHz. Berikut ini adalah perhitungan dari *skin depth* pada frekuensi 2 GHz.

$$\delta = \sqrt{\frac{3.798 \times 10^{-8}}{\pi \times 2 \times 10^9 \times 1 \times 4\pi \times 10^{-7}}}$$

$$\delta = 2.19 \times 10^{-6}$$

$$\delta = 2.19 \mu\text{m}$$

Berikut adalah perhitungan *skin depth* pada frekuensi 4 GHz.

$$\delta = \sqrt{\frac{3.798 \times 10^{-8}}{\pi \times 4 \times 10^9 \times 1 \times 4\pi \times 10^{-7}}}$$

$$\delta = 1.55 \times 10^{-6}$$

$$\delta = 1.55 \mu\text{m}$$

Ketebalan minimum pada frekuensi 2 GHz adalah  $2.19 \mu\text{m}$  dan ketebalan minimum pada frekuensi 4 GHz adalah  $1.55 \mu\text{m}$ . Frekuensi kerja dari power divider adalah 2-4 GHz maka dari itu ketebalan minimum yang dipakai agar dapat tetap bekerja direntang frekuensi tersebut adalah ketebalan minimum pada 2 GHz, yakni  $2.19 \mu\text{m}$ . Akan tetapi perancangan enclosure dengan ketebalan tersebut tidak memungkinkan, maka dari itu ukuran ketebalan dari dinding enclosure memakai acuan dari sekrup yang akan dipasangkan pada enclosure. Sekrup terkecil yang mudah didapat dipasaran adalah berukuran 2mm. Agar ukuran ketebalan dinding dapat menopang baut dengan baik maka ukuran ketebalan dinding diberikan dengan nilai dua kali dari ukuran

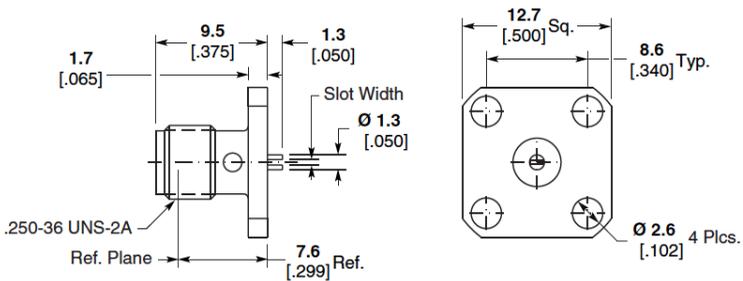
sekrup itu sendiri, maka ketebalan dinding yang akan digunakan adalah 4mm.

Perhitungan dimensi dari konektor yang akan dipakai juga dibutuhkan. Konektor yang dipakai adalah konektor SMA *female* jenis 4 holes dengan *panel mount* yang ditunjukkan pada gambar 3.2 [11].



**Gambar 3.2** SMA female connector 4 holes dengan panel mount

Dimensi dari konektor tersebut ditunjukkan pada gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Dimensi konektor

Perhitungan terakhir adalah perhitungan dari dimensi power divider itu sendiri. Pada tabel 3.3 akan menunjukkan spesifikasi dimensi dari power divider 1 to 4 yang akan diberikan enclosure.

**Tabel 3.3** Dimensi *power divider*

Parameter	Ukuran (mm)
$W_{fm}$	2,6
$L_{fm}$	7,5
$W_{tm}$	7,5
$L_{tm}$	13,9
$L$	109,25
$W$	73,6
$L_{SIW}$	46
$W_{SIW}$	35,65
$d$	1,15
$h$	1,6
$p$	2,3
$W_{edge}$	1,15
$d_t$	2,88
$p_t$	1,73

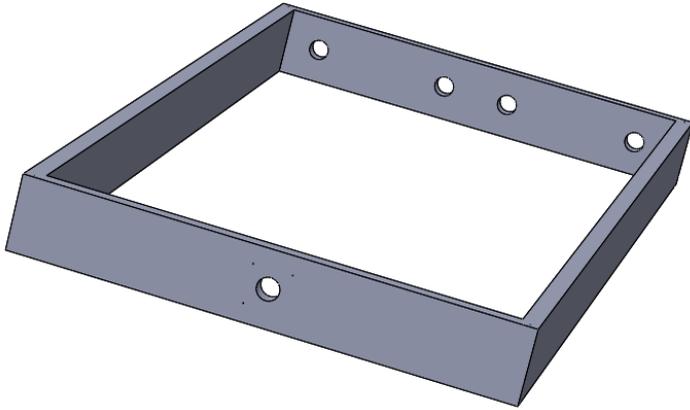
### 3.4 Desain Rancangan Enclosure *Power Divider*

Setelah mengukur seluruh dimensi dari parameter-parameter yang dibutuhkan, pada tahap ini akan dirancang *enclosure power divider* sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Desain *enclosure* dibuat pada *software SolidWorks*.

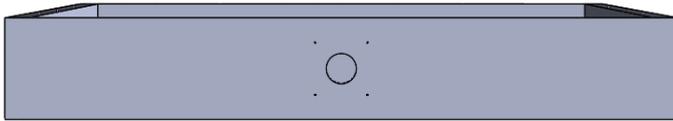
Desain *enclosure* dibagi menjadi 3 bagian, yaitu atas, tengah/*body*, dan bawah. Pembagian bagian tersebut didasari agar ketika *power divider* dimasukkan ke dalam *enclosure* kemudian *power divider* tersebut ingin dikeluarkan kembali, maka pekerjaannya akan menjadi lebih mudah. Alasan lain yang juga mendasari pembagian bagian tersebut adalah untuk memudahkan proses fabrikasi *enclosure* itu sendiri.

Bagian pertama yang didesain adalah bagian tengah/*body* dari *enclosure*. Pada gambar 3.4 dan gambar 3.5 akan ditampilkan desain dua dimensi (2D) bagian tengah/*body* enclosure beserta detail ukuran.

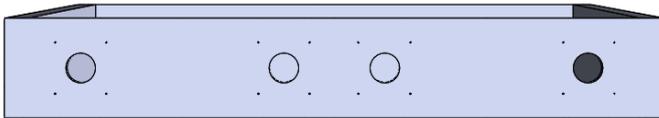




**Gambar 3.6** *Body enclosure* perspektif 3D



**Gambar 3.7** Sisi depan *body enclosure* 3D



**Gambar 3.8** Sisi belakang *body enclosure* 3D

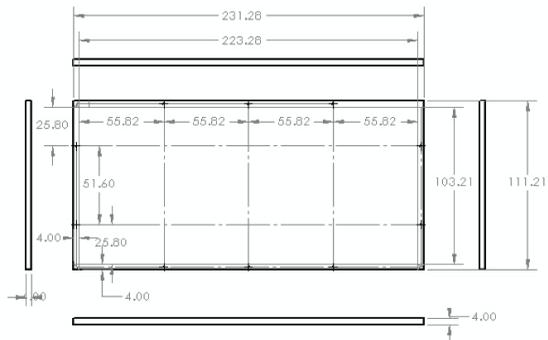


**Gambar 3.9** Sisi kanan dan kiri *body enclosure* 3D



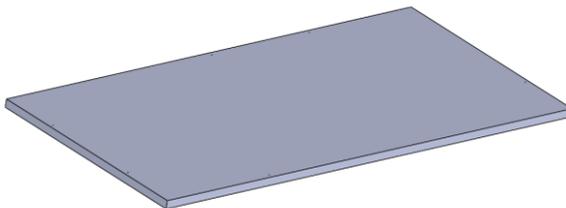
**Gambar 3.10** Sisi atas dan bawah *body enclosure* 3D

Bagian kedua yang didesain adalah bagian bawah dari *enclosure*. Pada gambar 3.11 akan ditampilkan desain dua dimensi (2D) bagian bawah *enclosure* beserta detail ukuran.

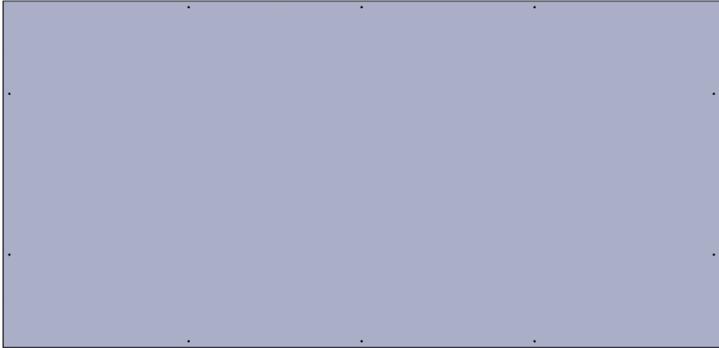


**Gambar 3.11** Ukuran desain *enclosure* bagian bawah

Pada gambar 3.12 akan ditampilkan desain tiga dimensi (3D) dari bagian bawah *enclosure* dari tiap sisinya.

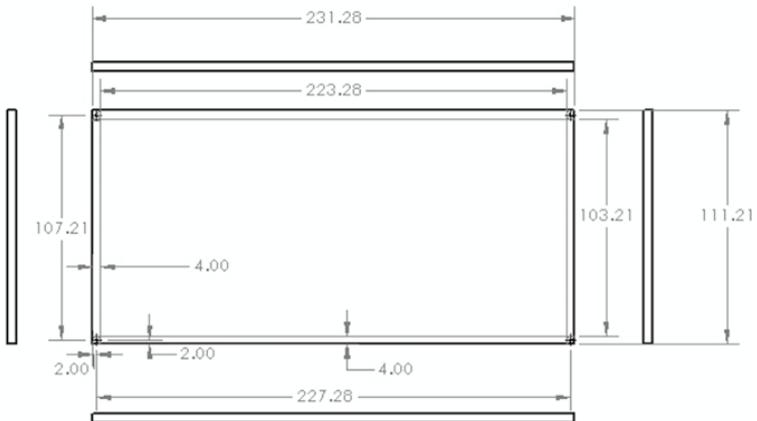


**Gambar 3. 12** Bagian bawah *enclosure* perspektif 3D



**Gambar 3.13** Sisi atas dan bawah bagian bawah *enclosure*

Bagian terakhir yang didesain adalah bagian atas dari *enclosure*. Pada gambar 3.14 akan ditampilkan desain dua dimensi (2D) bagian atas *enclosure* beserta detail ukuran.



**Gambar 3.14** Ukuran desain *enclosure* bagian atas

Tampilan tiga dimensi (3D) dari desain *enclosure* bagian atas memiliki tampilan yang sama dengan tampilan tiga dimensi (3D) dari desain *enclosure* bagian bawah, yang berbeda dari kedua desain tersebut hanyalah tata letak dari lubang sekrupnya saja. Di bagian atas terdapat

empat lubang sekrup sedangkan di bagian bawah terdapat sepuluh lubang sekrup. Hal ini direncanakan karena bagian bawah akan menopang beban lebih besar oleh karena itu di bagian bawah terdapat sepuluh lubang sekrup. Di bagian atasnya dirancang memakai empat lubang sekrup agar kegiatan bongkar pasang menjadi lebih mudah dan cepat.

### **3.5 Simulasi Rancangan *Enclosure Power Divider***

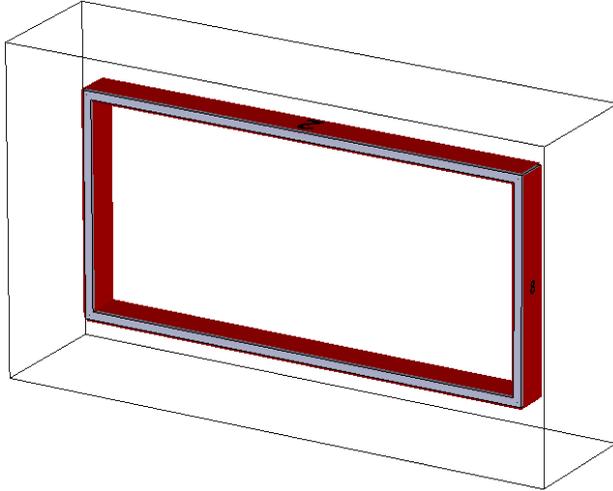
Setelah melakukan desain rancangan *enclosure power divider* pada SolidWorks, maka tahap selanjutnya adalah mensimulasikan desain tersebut. Simulasi dilakukan menggunakan software CST *Studio Suite*. Parameter yang dilihat pada simulasi adalah *surface current* yang timbul dan performa dari *power divider* ketika menggunakan *enclosure*. Simulasi yang akan dilakukan akan dibagi menjadi dua tahap, yang pertama adalah simulasi *enclosure* tanpa menggunakan *power divider* dan yang kedua adalah simulasi *enclosure* dengan menggunakan *power divider*.

#### **3.5.1 Simulasi *Enclosure* Tanpa Menggunakan *Power Divider***

Pada tahap ini akan dilakukan simulasi *enclosure* tanpa menggunakan *power divider*. Simulasi dilakukan dengan cara memaparkan gelombang mikro dengan rentang frekuensi 2-4 GHz di dalam *enclosure*. Simulasi ini dilakukan agar mengetahui apakah *enclosure* mampu untuk dipaparkan gelombang dengan rentang frekuensi 2-4GHz. Hal ini juga dilakukan sebagai pengumpulan yang nantinya akan dipancarkan oleh *power divider*. Pada tahap ini, parameter yang dilihat hanyalah parameter *surface current* yang timbul. Simulasi pada tahap ini juga terbagi menjadi tiga bagian, mengingat bahwa *power divider* yang dibuat terdiri dari 3 bagian.

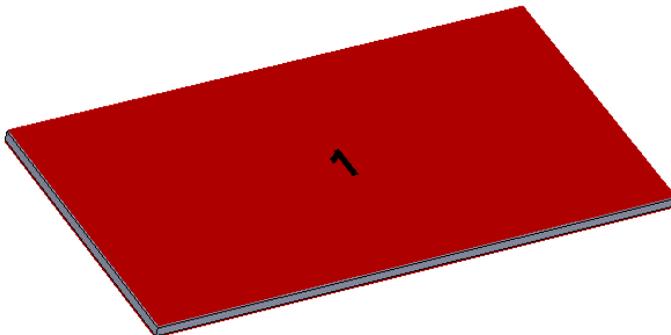
Metode pemaparan gelombang mikro yang dilakukan adalah dengan cara memasang satu *waveguide port* pada bagian dalam *enclosure* dan satu *waveguide port* bagian luar *enclosure*. Setelah menjalankan simulasi, akan terlihat seberapa banyak *surface current* yang timbul.

Pada bagian *body enclosure* akan dipasangkan empat *waveguide port* di bagian dalam *enclosure* dan empat *waveguide port* di luar *enclosure*. Pada gambar 3.15 akan ditampilkan bagian *body enclosure* yang akan disimulasikan.



**Gambar 3.15** Simulasi *body enclosure*

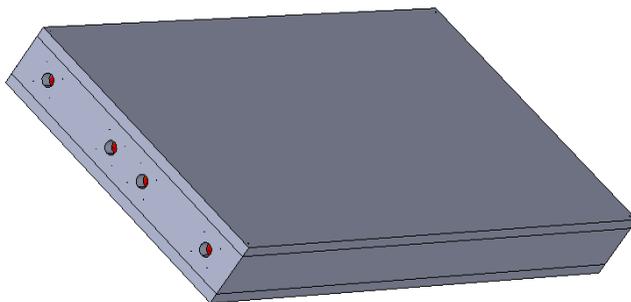
Pada bagian atas dan bawah *enclosure* akan dipasangkan dua *waveguide port*, satu di bagian dalam dan satu di bagian luar. Pada gambar 3.16 akan ditampilkan bagian atas dan bawah *enclosure* yang akan disimulasikan, dikarenakan bagian atas dan bawah memiliki bentuk yang hampir sama, maka gambar simulasi antara bagian atas dan bawah *enclosure* dibuat sama.



**Gambar 3.16** Simulasi bagian atas dan bawah *enclosure*

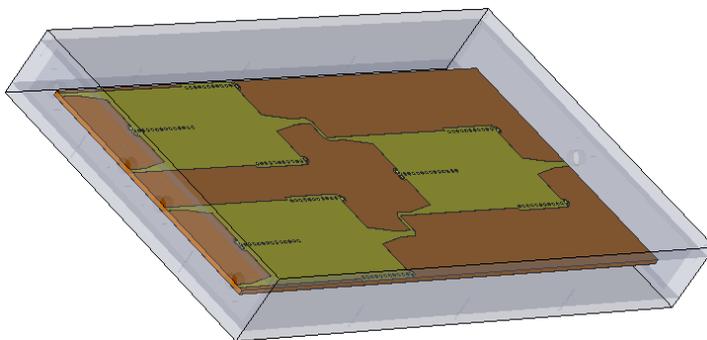
### 3.5.2 Simulasi Enclosure Menggunakan Power Divider

Pada tahap ini akan dilakukan simulasi *enclosure* menggunakan *power divider*. Parameter yang akan dilihat pada simulasi ini adalah *surface current* dan performa dari *power divider* itu sendiri. Simulasi dilakukan dengan cara memasukan *power divider 1 to 4* ke dalam *enclosure* dan mencocokkan tata letak antara *enclosure* dan *power divider 1 to 4*. *Enclosure* juga disimulasikan secara tergabung dengan bagian-bagiannya. Pada gambar 3.17 akan ditampilkan simulasi *enclosure* dengan *power divider*.

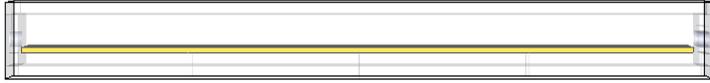


**Gambar 3.17** Simulasi *enclosure power divider*

Pada gambar 3.18 dan gambar 3.19 akan ditampilkan gambar dari simulasi *enclosure* menggunakan *power divider* apabila *enclosure* dibuat tembus pandang.

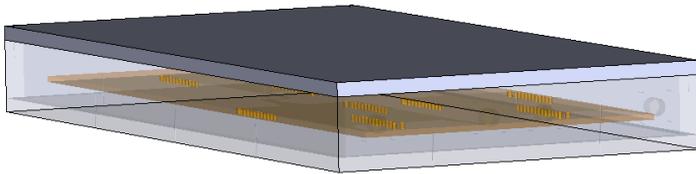


**Gambar 3.18** Transparan *enclosure* perspektif

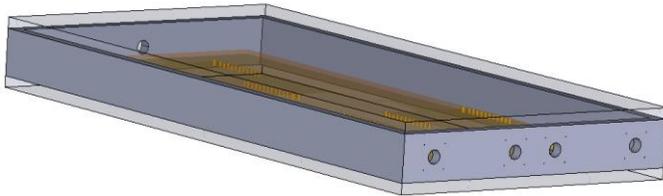


**Gambar 3.19** Transparan *enclosure* tampak samping

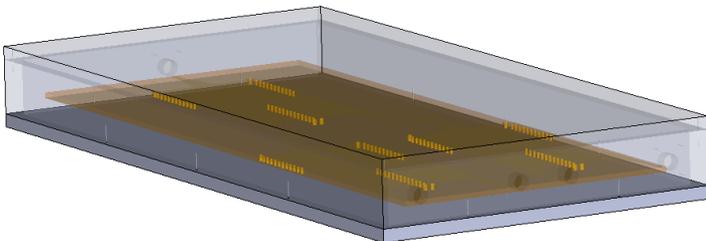
Dapat dilihat bahwa *enclosure* sudah tergabung, dimana sebelumnya *enclosure* terpisah menjadi tiga bagian. Pada gambar 3.20 sampai gambar 3.22 akan ditampilkan gambar dari bagian-bagian *enclosure* yang sudah tergabung.



**Gambar 3.20** Bagian atas *enclosure power divider*



**Gambar 3.21** Bagian *body enclosure power divider*



**Gambar 3.22** Bagian bawah *enclosure power divider*

### 3.6 Fabrikasi Perancangan dan Metode Pengukuran

Pada tahap ini akan dilakukan fabrikasi dari perancangan enclosure yang sudah dibuat. Fabrikasi dilakukan di Kampus PPNS. Fabrikasi dilakukan dengan menggunakan CNC *Machining*. CNC merupakan singkatan dari *Computer Numerical Control*. CNC *Machining* adalah sebuah proses yang digunakan di sektor manufaktur yang melibatkan penggunaan komputer untuk mengontrol peralatan mesin. Alat yang dapat dikontrol dengan CNC *Machining* ini termasuk mesin bubut, *router*, dan penggiling.

Setelah fabrikasi dilakukan, *power divider* akan dipasangkan konektor SMA *female* pada tiap *port* untuk kemudian dilakukan pengukuran. Pengukuran dilakukan untuk melihat performa dari *power divider* 1 to 4 apabila dipasangkan dengan *enclosure*.

Pengukuran *power divider* menggunakan instrumen *network analyzer* (NA) Agilent N9923A *fieldfox* untuk mengetahui karakteristik dari performa *power divider* yang dipasangkan dengan *enclosure* kemudian dianalisis berdasarkan *s-parameter* dan respon fase *power divider*. Pengukuran akan dilakukan di Laboratorium Antena dan Propagasi Teknik Elektro ITS.

Teknik pengukuran lima port *power divider* pada dua port *network analyzer* dengan melakukan terminasi tiap port output yang tidak terpakai dengan beban 50  $\Omega$ . Hal ini dilakukan agar tidak terjadi sinyal pantulan pada *port* tersebut akibat kondisi *mismatch* yang dapat memberikan pengaruh pada port lainnya.

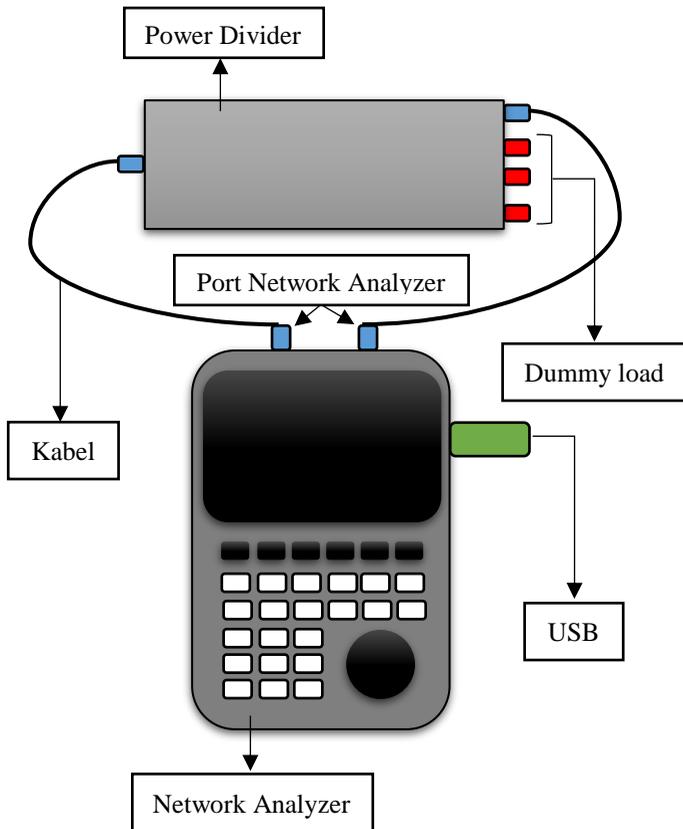
Untuk pengukuran *return loss*, *dummy load* dihubungkan dengan seluruh *port output* pada *power divider*. Setelah memasang *dummy load*, *port network analyzer* di hubungkan pada *port input* pada *power divider*. Setelah terhubung, atur frekuensi pada pengaturan *network analyzer* kemudian jalankan pengukuran.

Untuk pengukuran *insertion loss*, *dummy load* hanya dihubungkan dengan *port output* yang tidak terpakai pada *power divider*. Setelah memasang *dummy load*, *port network analyzer* di hubungkan pada *port input* pada *power divider* dan *port power divider* yang akan diukur. Setelah terhubung, atur frekuensi pada pengaturan *network analyzer* kemudian jalankan pengukuran.

Hasil dari pengukuran yang didapatkan belum dikurangi dengan *loss* yang ditimbulkan oleh kabel. Untuk mengukur *loss* pada kabel dapat dilakukan dengan cara menghubungkan kedua kabel yang terpasang pada

*network analyzer*. Setelah terhubung, atur frekuensi pada pengaturan *network analyzer* kemudian jalankan pengukuran.

Pada *network analyzer* dapat ditambahkan beberapa *marker* untuk menandakan di titik mana saja hasil pengukuran akan ditampilkan pada layar *network analyzer*. Format data hasil pengukuran dapat diubah-ubah antara *magnitude* dan fasa. Setelah hasil pengukuran yang diinginkan tampil pada layar *network analyzer*, hasil tersebut dapat dipindahkan pada *flashdisk*, baik dalam bentuk gambar maupun dalam bentuk *.csv* yang nantinya dapat digunakan untuk menggabungkan seluruh grafik pada pengukuran. Pada gambar 3.23 akan ditampilkan konfigurasi pengukuran dari *power divider*.



**Gambar 3.23** Konfigurasi pengukuran pada *power divider*

Hasil pengukuran *power divider* yang telah dipasangkan dengan *enclosure* akan dikurangi dengan *loss* pada kabel, kemudian akan dibandingkan dengan hasil pengukuran *power divider* tanpa *enclosure*.

## BAB 4

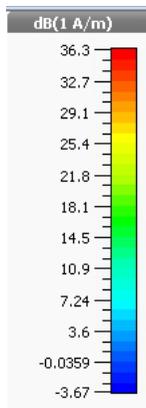
### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Simulasi *Enclosure*

Simulasi yang telah dilakukan pada software *CST Studio Suite* akan ditampilkan pada bagian ini. Parameter yang akan dianalisis terdiri atas *surface current* dan performa dari *power divider*. Terdapat dua bagian simulasi yang akan dianalisis yaitu simulasi *enclosure* ketika tidak menggunakan *power divider* dan simulasi *enclosure* ketika menggunakan *power divider*.

##### 4.1.1 Hasil Simulasi *Enclosure* Tanpa Menggunakan *Power Divider*

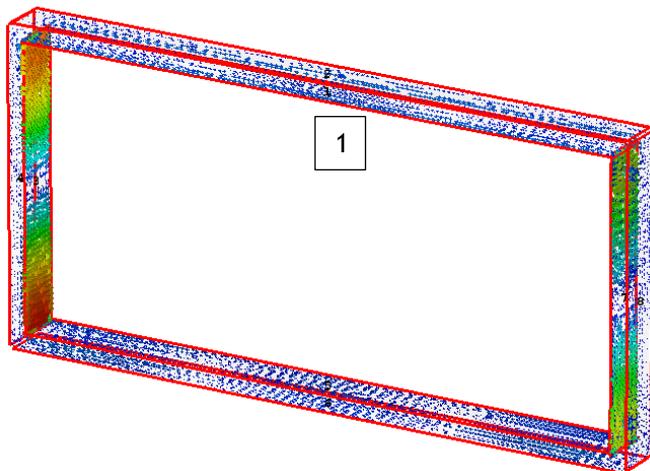
Pada bagian ini akan ditampilkan hasil simulasi *enclosure* tanpa menggunakan *power divider*. Parameter yang akan di analisis pada bagian ini adalah intensitas dan persebaran dari *surface current* yang timbul pada *enclosure*. Intensitas *surface current* ditandai oleh daerah yang berwarna merah, kuning, hijau dan biru. menandakan intersitas *surface current* dari yang tertinggi menuju ke yang terkecil. Pada gambar 4.1 akan ditampilkan skala warna dari *surface current*.



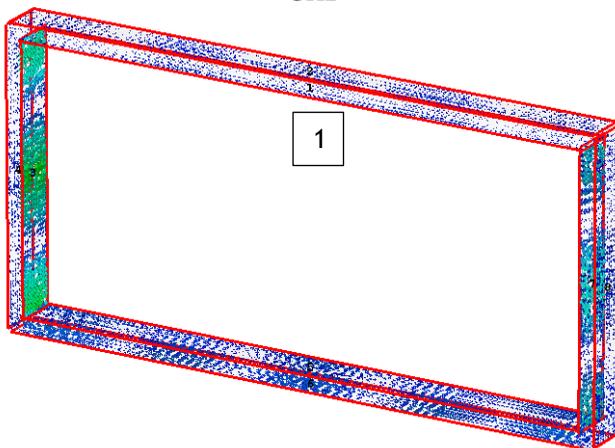
**Gambar 4.1** Skala *surface current*

Akan tetapi bila intensitas *surface current* yang tinggi (daerah warna merah) yang ada hanyalah sebatas di dalam *enclosure* itu sendiri, maka *enclosure* itu telah memenuhi kompatibilitas elektromagnetik.

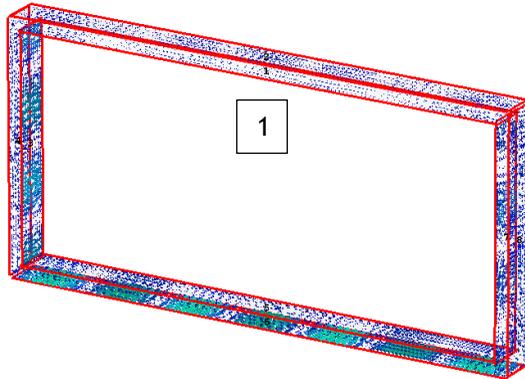
Pada gambar 4.2 sampai gambar 4.4 akan ditampilkan hasil simulasi yang pertama yaitu hasil yang diberikan oleh *waveguide port* pertama dari *body enclosure* pada rentang frekuensi 2-4 GHz.



**Gambar 4.2** Hasil simulasi *waveguide port* pertama pada frekuensi 2 GHz



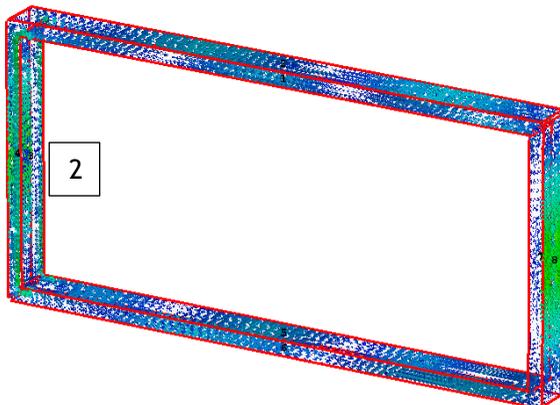
**Gambar 4.3** Hasil simulasi *waveguide port* pertama pada frekuensi 3 GHz



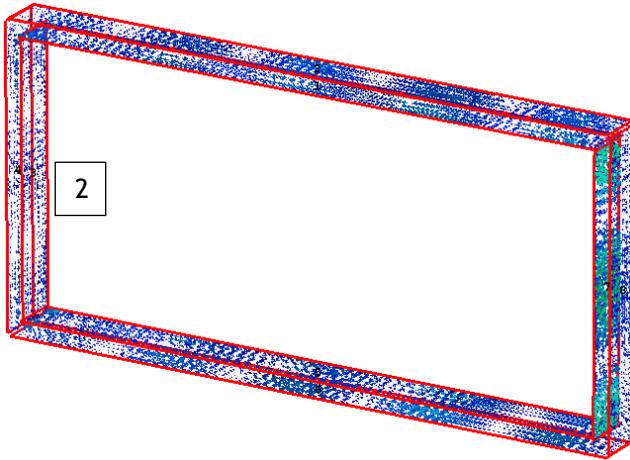
**Gambar 4.4** Hasil simulasi *waveguide port* pertama pada frekuensi 4 GHz

Pada hasil simulasi *waveguide port* pertama dapat dilihat bahwa intensitas *surface current* besar ketika berada di frekuensi 2 GHz ditandai dengan daerah yang berwarna merah, akan tetapi yang terjadi pada *waveguide port* pertama di frekuensi 2 GHz, *surface current* dengan daerah yang berwarna merah terdapat di bagian dalam *enclosure*.

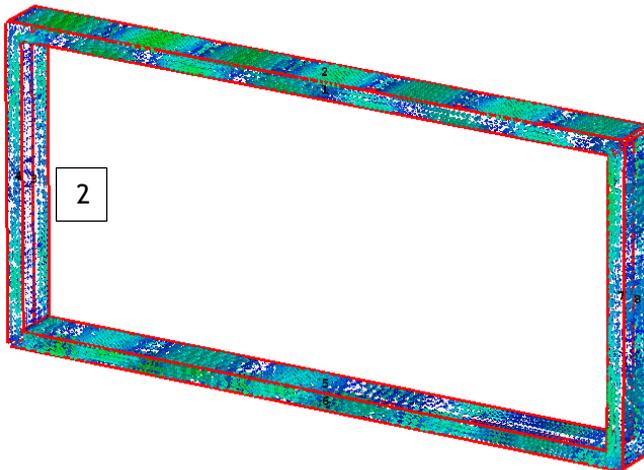
Selanjutnya akan ditampilkan hasil simulasi *waveguide port* kedua *body enclosure* pada gambar 4.5 sampai gambar 4.7 dengan rentang frekuensi 2-4 GHz.



**Gambar 4.5** Hasil simulasi *waveguide port* kedua pada frekuensi 2 GHz



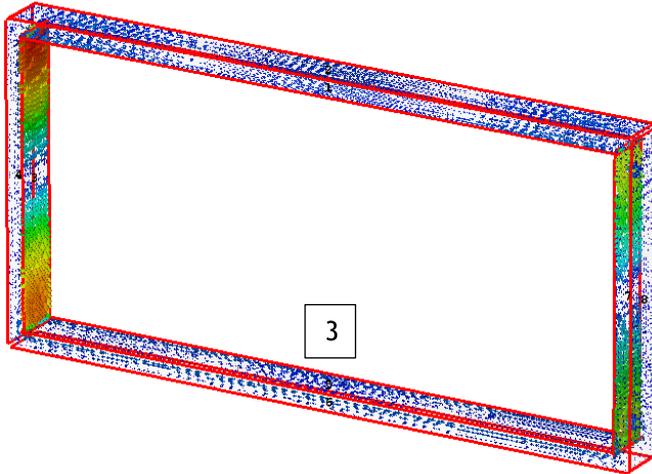
**Gambar 4.6** Hasil simulasi *waveguide port* kedua pada frekuensi 3 GHz



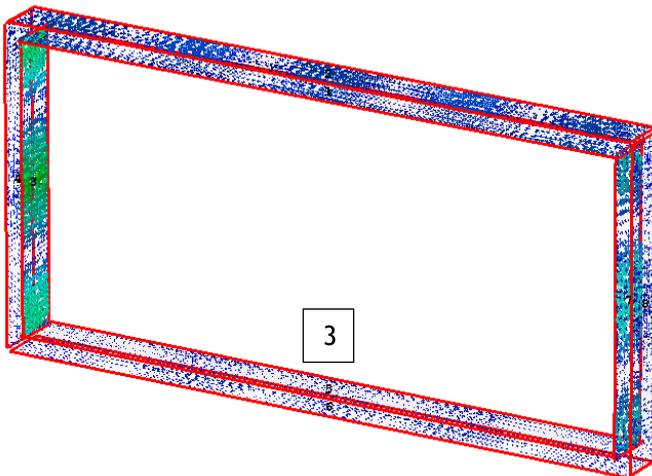
**Gambar 4.7** Hasil simulasi *waveguide port* kedua pada frekuensi 4 GHz

Hasil simulasi dari *waveguide port* kedua body *enclosure* tidak menunjukkan adanya intensitas *surface current* yang tinggi atau tidak adanya daerah yang direpresentasikan oleh daerah berwarna merah pada rentang frekuensi 2-4 GHz.

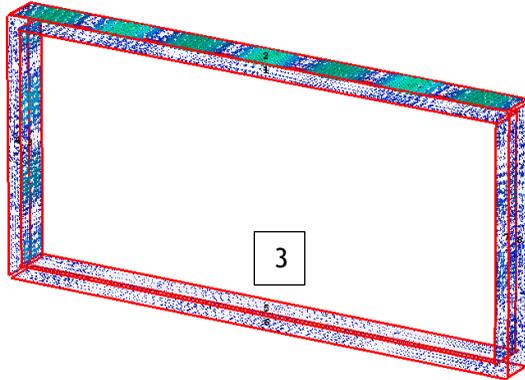
Selanjutnya akan ditampilkan hasil simulasi *waveguide port* ketiga pada *body enclosure* pada gambar 4.8 sampai gambar 4.10 dengan rentang frekuensi 2-4 GHz.



**Gambar 4.8** Hasil simulasi *waveguide port* ketiga pada frekuensi 2 GHz



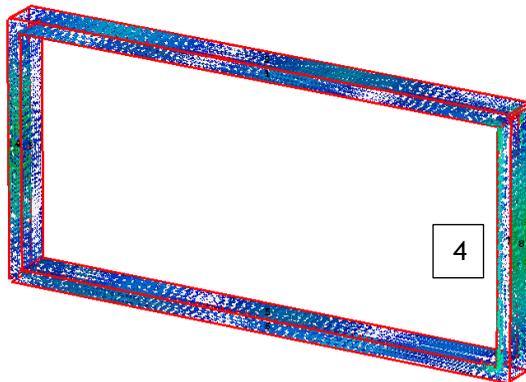
**Gambar 4.9** Hasil simulasi *waveguide port* ketiga pada frekuensi 3 GHz



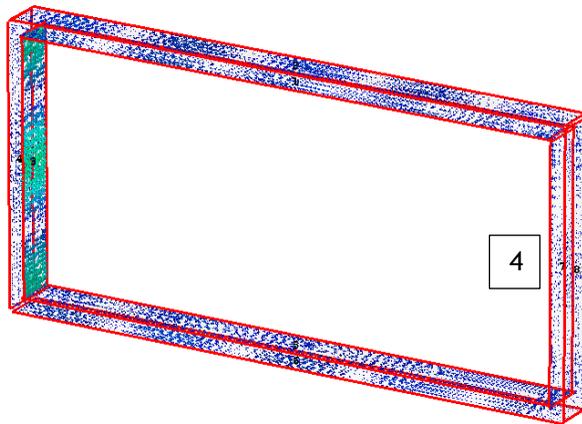
**Gambar 4.10** Hasil simulasi *waveguide port* ketiga pada frekuensi 2 GHz

Pada hasil simulasi dari *waveguide port* ketiga dapat dilihat bahwa intensitas *surface current* besar ketika berada di frekuensi 2 GHz ditandai dengan daerah yang berwarna merah, akan tetapi yang terjadi pada *waveguide port* ketiga di frekuensi 2 GHz, *surface current* dengan daerah yang berwarna merah terdapat di bagian dalam enclosure.

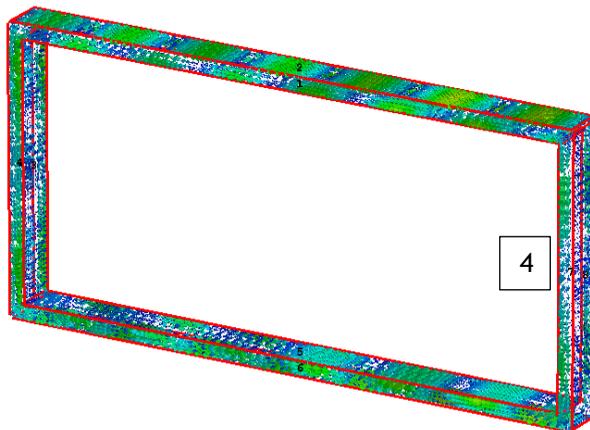
Selanjutnya akan ditampilkan hasil simulasi *waveguide port* keempat *body enclosure* pada gambar 4.11 sampai gambar 4.13 dengan rentang frekuensi 2-4 GHz.



**Gambar 4.11** Hasil simulasi *waveguide port* keempat pada frekuensi 2 GHz



**Gambar 4.12** Hasil simulasi *waveguide port* keempat pada frekuensi 3 GHz

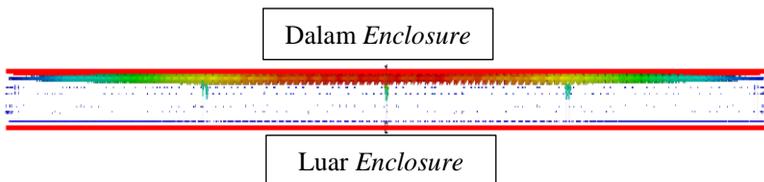


**Gambar 4.13** Hasil simulasi *waveguide port* keempat pada frekuensi 4 GHz

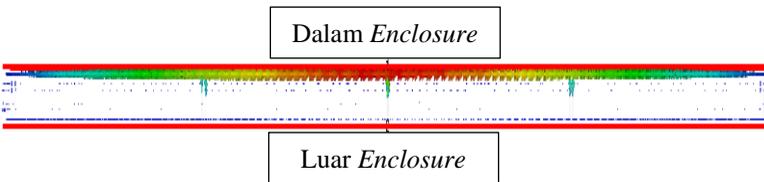
Hasil simulasi dari *waveguide port* keempat *body enclosure* tidak menunjukkan adanya intensitas *surface current* yang tinggi atau tidak adanya daerah yang direpresentasikan oleh daerah berwarna merah pada rentang frekuensi 2-4 GHz.

Dari seluruh hasil simulasi yang telah dilakukan pada *body enclosure*, dapat dianalisis bahwa tidak ada *surface current* dengan intensitas yang tinggi merambat sampai ke bagian luar dari bagian *body enclosure* pada rentang frekuensi 2-4 GHz.

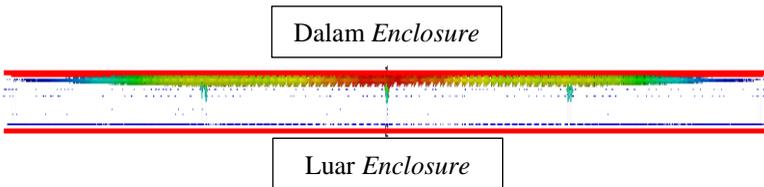
Hasil simulasi yang akan ditampilkan pada gambar 4.14 sampai gambar 4.16 adalah hasil simulasi bagian atas dan bawah dari *enclosure*. Bagian atas dan bawah memiliki bentuk yang identik, oleh karena itu hasil simulasinya akan menghasilkan data yang sama. Hasil simulasi akan ditampilkan dengan sudut pandang dari samping dan juga dengan rentang frekuensi 2-4 GHz.



**Gambar 4.14** Hasil simulasi bagian atas dan bawah *enclosure* pada frekuensi 2 GHz



**Gambar 4.15** Hasil simulasi bagian atas dan bawah *enclosure* pada frekuensi 3 GHz



**Gambar 4. 16** Hasil simulasi bagian atas dan bawah *enclosure* pada frekuensi 4 GHz

Dari hasil simulasi yang didapatkan dari bagian atas dan bawah *enclosure*, dapat dianalisis bahwa persebaran dari intensitas *surface*

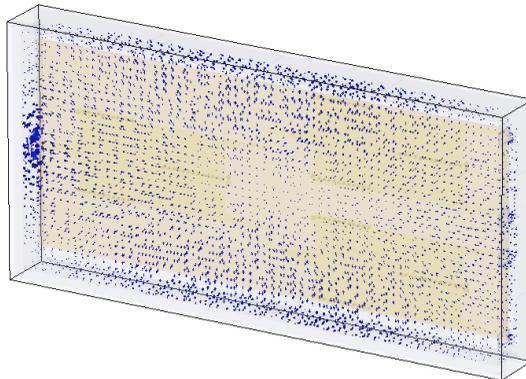
*current* yang tinggi hanya terbatas di bagian dalam *enclosure*, tidak ada *surface current* berintensitas tinggi merambat sampai ke bagian luar dari bagian atas dan bawah *enclosure* ini.

Dari seluruh hasil simulasi yang dilakukan di tahap ini, dapat disimpulkan bahwa *enclosure* yang dirancang sudah mampu untuk menahan *surface current* yang akan timbul akibat gelombang mikro dengan rentang frekuensi 2-4 GHz.

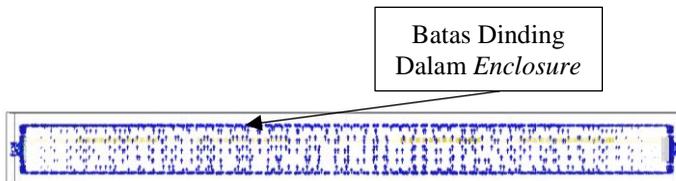
#### 4.1.2 Hasil Simulasi *Enclosure* Menggunakan *Power Divider*

Pada bagian ini akan ditampilkan hasil simulasi *enclosure* menggunakan *power divider*. Parameter yang akan di analisis pada bagian ini adalah intensitas dan persebaran dari *surface current* yang timbul pada *enclosure* dan performa dari *power divider*.

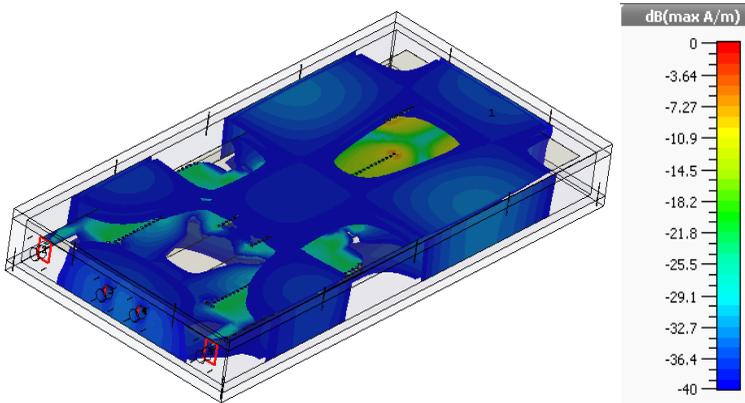
Analisis pada *surface current* pada tahap ini, sama seperti tahap sebelumnya. Simulasi yang dilakukan dalam rentang frekuensi 2-4 GHz. Hasil simulasi akan dibagi sesuai dengan besaran frekuensinya. Pada gambar 4.17 sampai 4.19 akan ditampilkan hasil simulasi *enclosure power divider* yang dilakukan pada frekuensi 2 GHz.



**Gambar 4.17** *Surface current* pada frekuensi 2 GHz



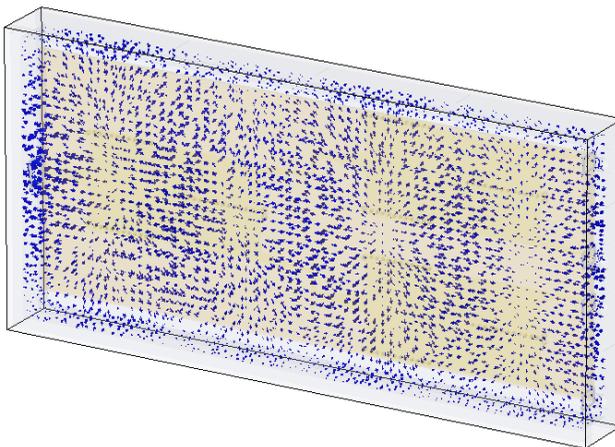
**Gambar 4.18** *Surface current* tampak samping pada frekuensi 2 GHz



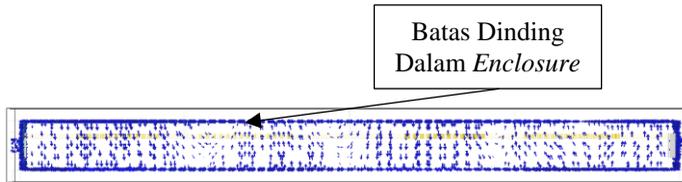
**Gambar 4.19** *Surface Current non-vektor* pada frekuensi 2 GHz

Pada frekuensi 2 GHz dapat dilihat bahwa tidak ada *surface current* dengan intensitas tinggi yang timbul. Persebaran dari *surface current* yang timbul pun tidak ada yang menembus keluar dari *enclosure*.

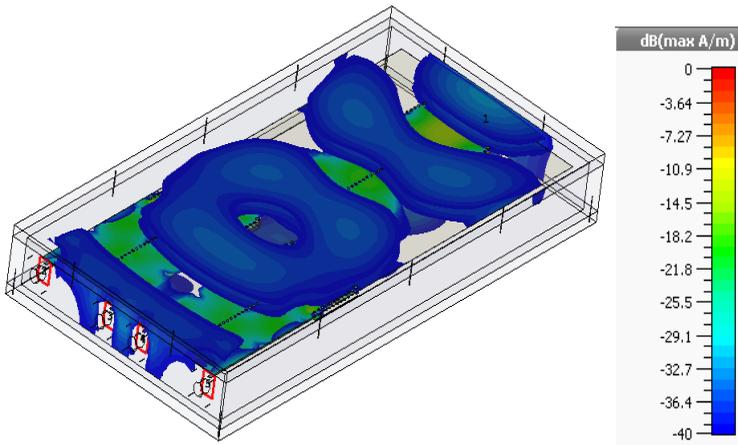
Selanjutnya akan ditampilkan pada gambar 4.20 sampai 4.22 hasil simulasi *enclosure power divider* pada frekuensi 3 GHz.



**Gambar 4.20** *Surface current* pada frekuensi 3 GHz



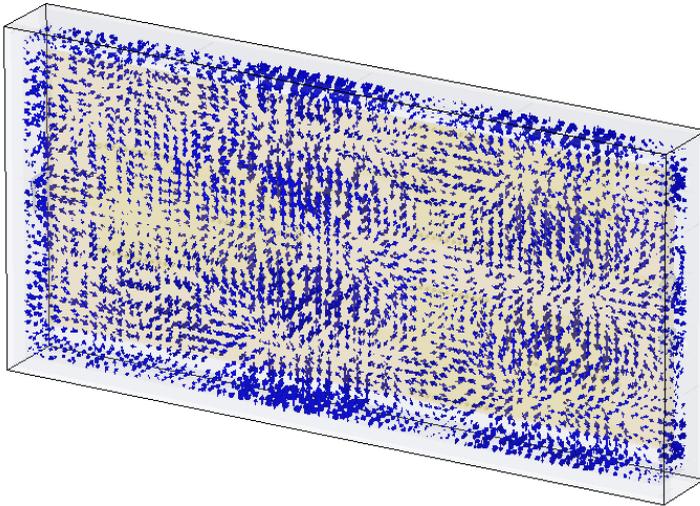
**Gambar 4.21** *Surface current* tampak samping pada frekuensi 3 GHz



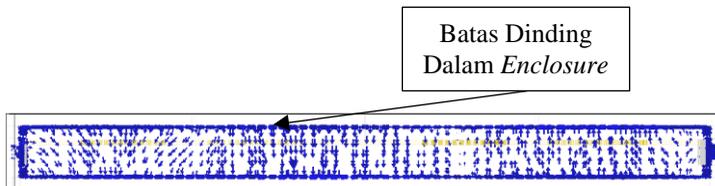
**Gambar 4.22** *Surface current* non-vektor pada frekuensi 3 GHz

Pada frekuensi 3 GHz dapat dilihat bahwa tidak ada *surface current* dengan intensitas tinggi yang timbul. Persebaran dari *surface current* yang timbul pun tidak ada yang menembus keluar dari *enclosure*.

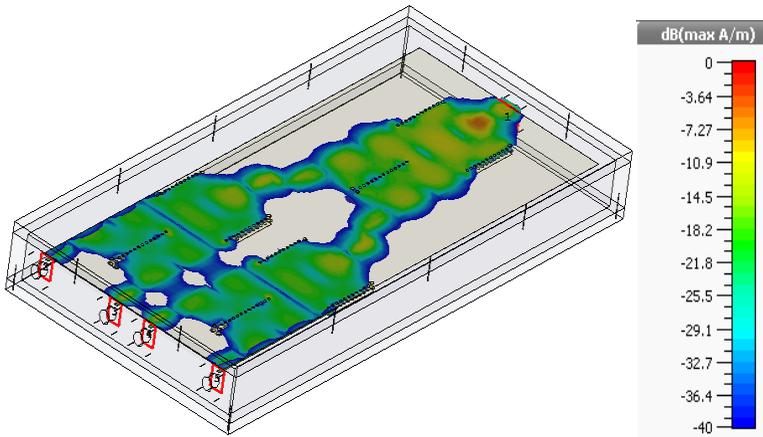
Selanjutnya akan ditampilkan pada gambar 4.23 sampai 4.25 hasil simulasi *enclosure power divider* pada frekuensi 4 GHz.



**Gambar 4.23** *Surface current* pada frekuensi 4 GHz



**Gambar 4. 24** *Surface current* tampak samping pada frekuensi 4 GHz

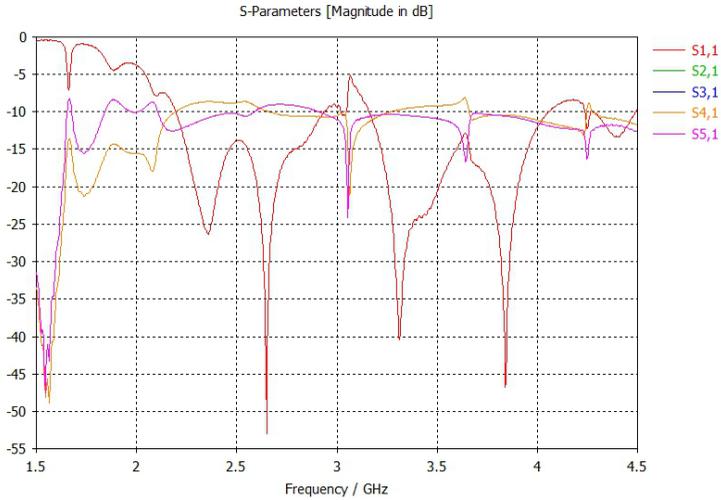


**Gambar 4.25** *Surface current non-vektor pada frekuensi 4 GHz*

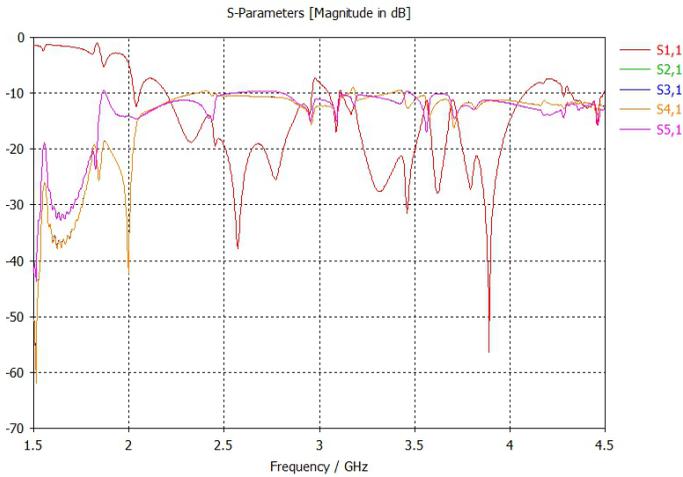
Pada frekuensi 4 GHz dapat dilihat bahwa tidak ada *surface current* dengan intensitas tinggi yang timbul. Persebaran dari *surface current* yang timbul pun tidak ada yang menembus keluar dari *enclosure*.

Dari seluruh simulasi tersebut dapat dianalisis bahwa semakin tinggi frekuensi yang dibangkitkan maka intensitas *surface current* yang timbul akan semakin tinggi. *Power divider 1 to 4* yang dirancang memiliki frekuensi kerja 2-4 GHz. Pada gambar 4.25 dapat dilihat bahwa *enclosure* dapat menahan seluruh *surface current* yang ditimbulkan oleh *power divider* di dalam *enclosure* pada rentang 2-4 GHz. Dapat disimpulkan bahwa *enclosure power divider* yang dirancang mencapai kompatibilitas elektromagnetik.

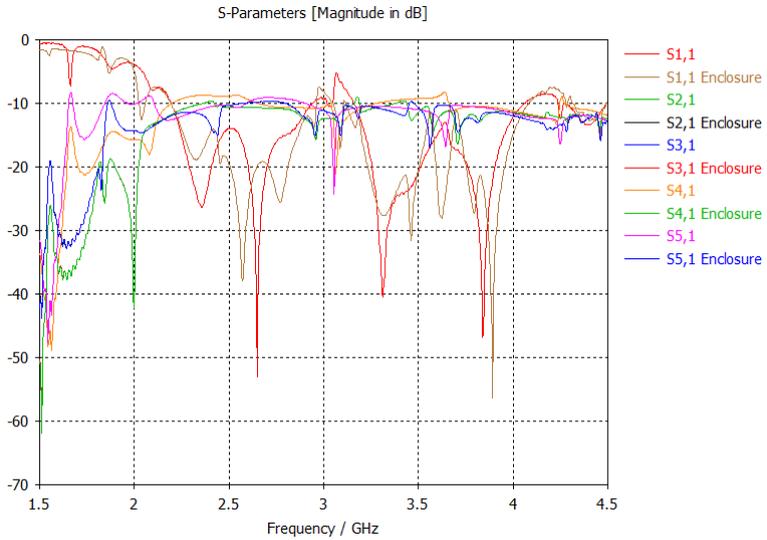
Parameter yang diukur selanjutnya adalah performa dari *power divider 1 to 4* ketika sudah dipasangkan dengan *enclosure*. Performa *power divider* dianalisis berdasarkan *s-parameter* dan respon fase *power divider*. Hasil pertama yang akan dibandingkan adalah *s-parameternya*, pada gambar 4.26 sampai 4.28 akan ditampilkan hasil dari *s-parameter* yang dihasilkan *power divider* ketika tanpa menggunakan *enclosure* dan ketika menggunakan *enclosure*.



**Gambar 4.26** *S-parameter pada power divider tanpa menggunakan enclosure*

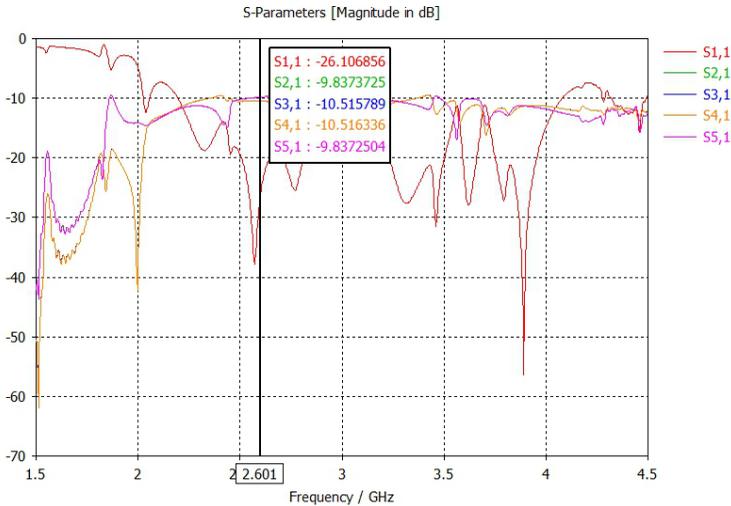


**Gambar 4.27** *S-parameter pada power divider menggunakan enclosure*

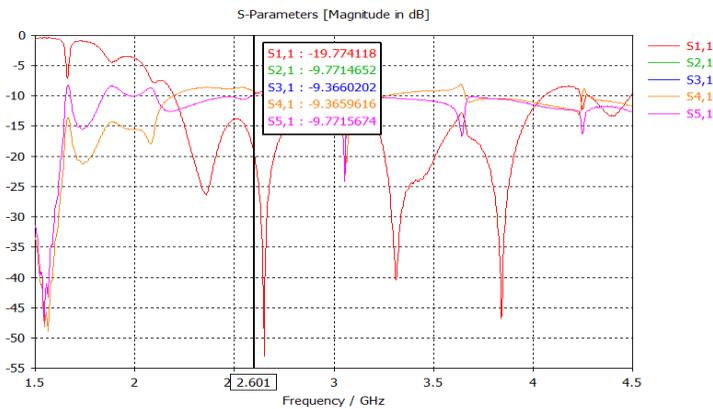


**Gambar 4.28** Perbandingan *s-parameter*

Pada gambar 4.28, hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa *s-parameter* yang di hasilkan oleh *power divider* yang telah digabungkan dengan *enclosure* mengalami perbedaan. Di satu titik akan ada nilai dari *s-parameter power divider* yang menjadi lebih baik dan di titik lain juga ada *s-parameter power divider* yang menjadi lebih buruk.



**Gambar 4.29** *S-parameter* menggunakan *enclosure* pada frekuensi 2.6 GHz

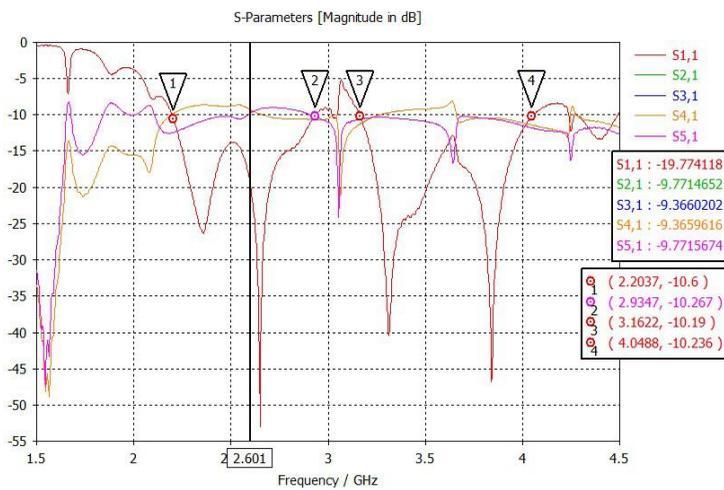


**Gambar 4.30** *S-parameter* tanpa *enclosure* pada frekuensi 2.6 GHz

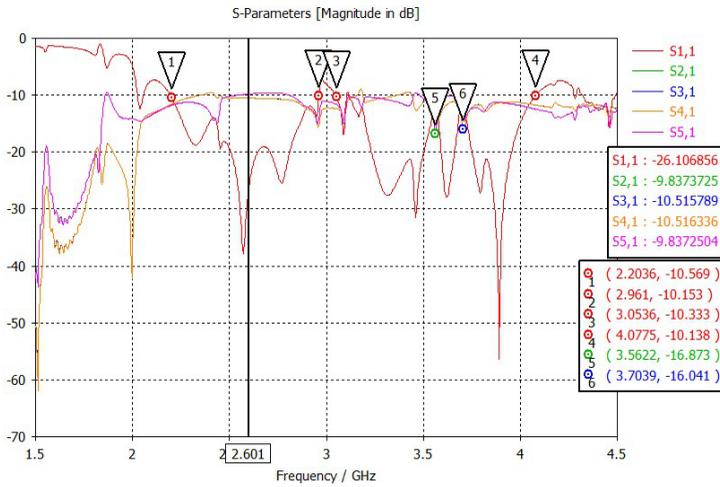
Frekuensi *power divider* yang dibuat bekerja optimal pada frekuensi 2.6 GHz. Dapat dilihat pada gambar 4.29 dan 4.30 bahwa, *return loss* pada *power divider* pada frekuensi 2.6 GHz ketika menggunakan *enclosure* lebih baik apabila dibandingkan dengan ketika tidak menggunakan *enclosure*, nilai dari *return loss* ketika menggunakan

*enclosure* adalah -26.1 dB, sedangkan ketika tanpa menggunakan *enclosure* adalah -19.77 dB. Pada *insertion loss* nya, *power divider* yang menggunakan *enclosure* mengalami sedikit penurunan performa kinerja. Ketika tanpa menggunakan *enclosure insertion loss* bernilai -9.77 dB dan -9.36 dB, sedangkan ketika menggunakan *enclosure insertion loss* bernilai -9.83 dB dan -10.51 dB.

Dari *s-parameter* juga dapat mengetahui berapa frekuensi kerja dari *power divider* tersebut. Pada gambar 4.31 dan 4.32 akan ditampilkan perbandingan gambar rentang *bandwidth* yang dihasilkan pada *power divider* ketika tanpa menggunakan *power divider* dan ketika menggunakan *power divider*.



**Gambar 4.31** Rentang *bandwidth* *power divider* tanpa *enclosure*



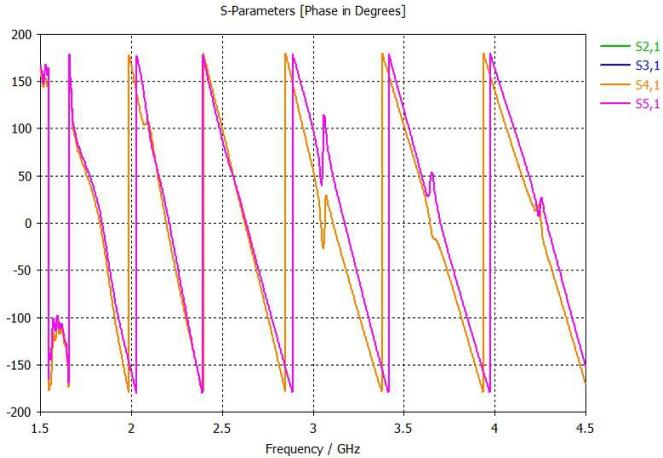
**Gambar 4.32** Rentang *bandwidth power divider* dengan *enclosure*

Frekuensi kerja pada *power divider* ketika tanpa menggunakan *enclosure* terbagi menjadi dua bagian yaitu 2.2-2.9 GHz dan 3.1-4 GHz. Ketika menggunakan *enclosure* frekuensi kerja menjadi 2.2-2.9 GHz dan 3-4 GHz. Namun pada frekuensi 3.5 GHz dan 3.7GHz, performa *power divider* pada *insertion loss* berada di bawah nilai *return loss* sehingga daya yang di transmisikan pada *power divider* tidak sampai pada *port output* atau *output* yang diterima akan sangat kecil. Pada tabel 4.1 akan ditampilkan perbandingan yang dapat dianalisis dari hasil simulasi *s-parameter*.

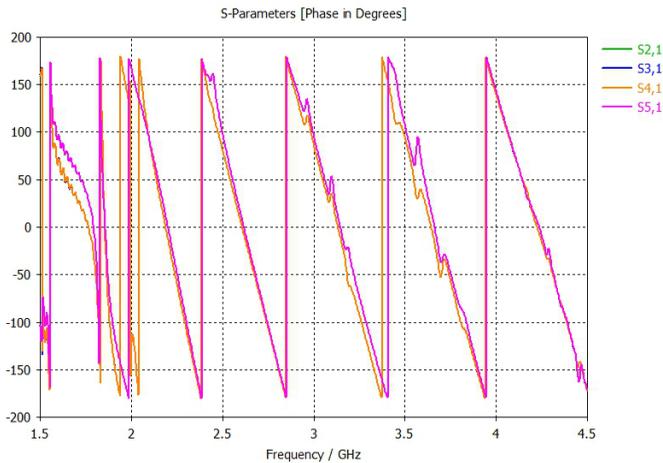
**Tabel 4.1** Tabel perbandingan pada hasil simulasi *s-parameter*

Parameter	Tanpa <i>Enclosure</i>	Dengan <i>Enclosure</i>
<i>Return Loss</i>	-19.77 dB	-26.1 dB
<i>Insertion Loss</i> (S <sub>21</sub> dan S <sub>51</sub> )	-9.77 dB	-9.83 dB
<i>Insertion Loss</i> (S <sub>31</sub> dan S <sub>41</sub> )	-9.36 dB	-10.51 dB
Frekuensi Kerja	2.2-2.9 GHz dan 3.1-4 GHz	2.2-2.9 GHz dan 3-4 GHz (Kecuali 3.5 GHz dan 3.7 GHz)

Parameter yang selanjutnya akan ditinjau adalah respon fasa. Pada gambar 4.33 dan 4.34 akan ditampilkan respon fasa yang dihasilkan pada *power divider* ketika tanpa menggunakan *enclosure* dan ketika menggunakan *enclosure*.



**Gambar 4.33** Respon fasa dari *power divider* tanpa menggunakan *enclosure*



**Gambar 4.34** Respon fasa dari *power divider* ketika menggunakan *enclosure*

Respon fasa yang di hasilkan pada power divider ketika menggunakan enclosure lebih seragam apabila dibandingkan dengan ketika tanpa menggunakan enclosure. Dapat dilihat perbedaannya yang cukup signifikan pada rentang frekuensi 2.5-3 GHz.

Dari seluruh hasil simulasi yang dianalisis pada bagian ini dapat disimpulkan bahwa enclosure yang dirancang akan mempengaruhi power divider 1 to 4, namun pengaruh yang diberikan tidaklah besar. Pengaruh yang diberikan juga ada yang baik dan ada yang buruk.

#### 4.2 Hasil Fabrikasi *Enclosure*

Fabrikasi yang telah dilakukan menghasilkan *enclosure* sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Pada tabel 4.2 akan ditampilkan dimensi dan berat *enclosure power divider* yang telah fabrikasi.

**Tabel 4.2** Dimensi *enclosure*

Dimensi	Ukuran
Panjang	231.28 mm
Lebar	111.21 mm
Tinggi	26.70 mm
Berat	1000 g

Pada gambar 4.35 dan 4.36 akan ditampilkan hasil dari fabrikasi *enclosure*.



**Gambar 4.35** Hasil fabrikasi *enclosure* tampak depan dan belakang



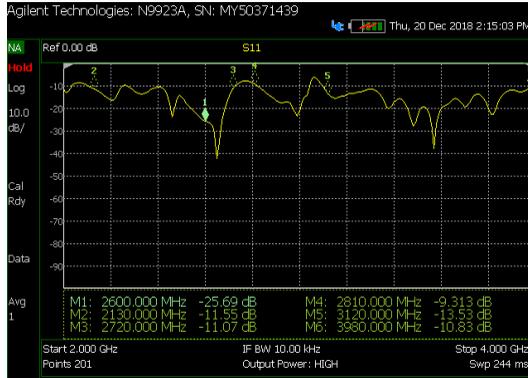
**Gambar 4.36** Hasil fabrikasi *enclosure* tampak samping

Hasil dari fabrikasi *enclosure* akan diukur memperhatikan performa dari *power divider* yang terpasang pada *enclosure*. Pada gambar 4.37 akan ditampilkan dokumentasi dari pengukuran yang telah dilakukan.



**Gambar 4.37** Pengukuran performa *power divider*

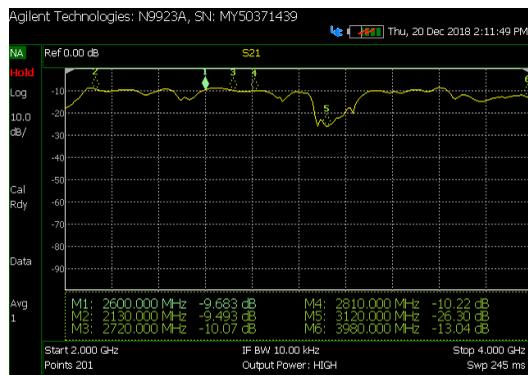
Performa dari *power divider* yang akan diukur meliputi *s-parameter* dan respon fasa. Parameter yang pertama akan diukur adalah *s-parameter*. *S-parameter* yang akan ditampilkan pada gambar 4.38 adalah *return loss*.



**Gambar 4.38** Hasil pengukuran pada *return loss*

Hasil pengukuran yang akan difokuskan adalah hasil pengukuran pada frekuensi 2.6 GHz, karena *power divider* tersebut bekerja optimal pada frekuensi tersebut. Dari gambar 4.38 dapat dilihat bahwa *return loss* yang muncul pada frekuensi 2.6 GHz adalah sebesar -25.69 dB, sedangkan besarnya *return loss* ketika simulasi adalah -26.1 dB. Dari grafik *return loss* pada gambar 4.38 dapat diketahui berapakah frekuensi kerja alat tersebut. Frekuensi kerjanya adalah 2.1 GHz – 2.72 Ghz, 2.8 GHz – 3.04GHz, dan 3.12 GHz – 3.98 Ghz.

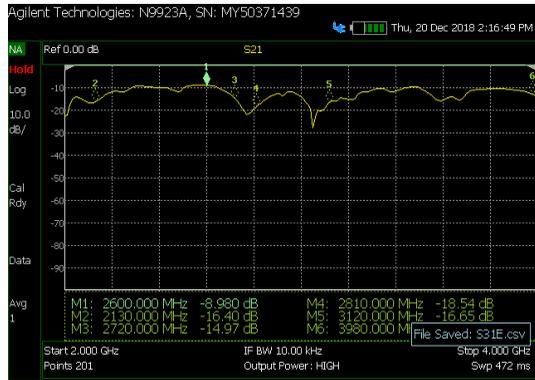
Selanjutnya parameter yang akan ditampilkan pada gambar 4.39 adalah *insertion loss* dari  $S_{21}$ .



**Gambar 4.39** Hasil pengukuran *insertion loss*  $S_{21}$

Dari gambar 4.39 dapat dilihat bahwa *insertion loss*  $S_{21}$  yang muncul pada frekuensi 2.6 GHz adalah sebesar -9.68 dB sedangkan besarnya *insertion loss* ketika simulasi adalah -9.83 dB.

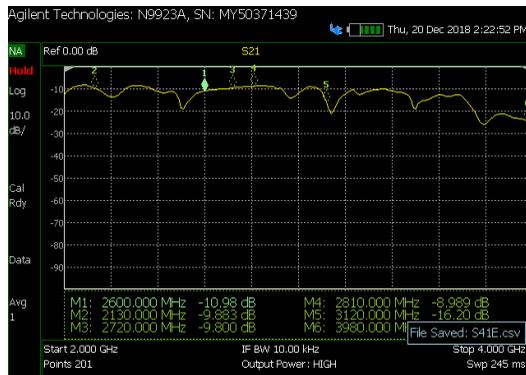
Selanjutnya parameter yang akan ditampilkan pada gambar 4.40 adalah *insertion loss* dari  $S_{31}$ .



**Gambar 4.40** Hasil pengukuran *insertion loss*  $S_{31}$

Dari gambar 4.40 dapat dilihat bahwa *insertion loss*  $S_{31}$  yang muncul pada frekuensi 2.6 GHz adalah sebesar -8.98 dBm sedangkan besarnya *insertion loss* ketika simulasi adalah -10.51 dB.

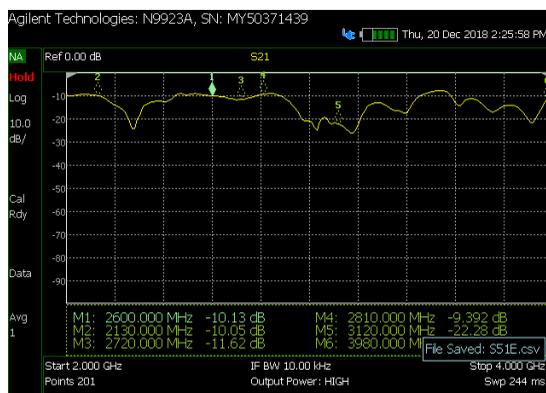
Selanjutnya parameter yang akan ditampilkan pada gambar 4.41 adalah *insertion loss* dari  $S_{41}$ .



**Gambar 4.41** Hasil pengukuran *insertion loss*  $S_{41}$

Dari gambar 4.41 dapat dilihat bahwa *insertion loss*  $S_{41}$  yang muncul pada frekuensi 2.6 GHz adalah sebesar -10.98 dB sedangkan besarnya *insertion loss* ketika simulasi adalah -10.51 dB.

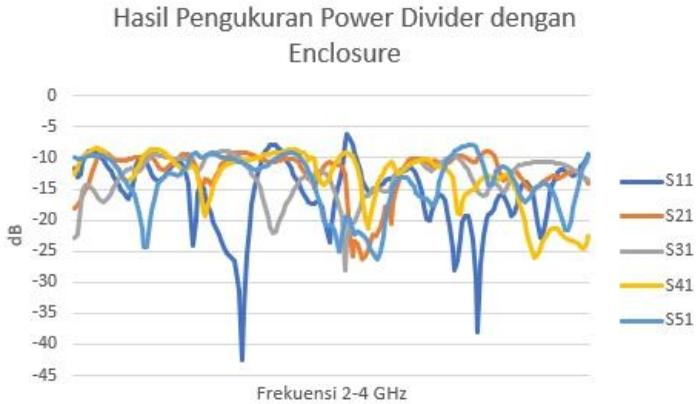
Selanjutnya parameter yang akan ditampilkan pada gambar 4.42 adalah *insertion loss* dari  $S_{51}$ .



**Gambar 4.42** Hasil pengukuran *insertion loss*  $S_{51}$

Dari gambar 4.42 dapat dilihat bahwa *insertion loss*  $S_{51}$  yang muncul pada frekuensi 2.6 GHz adalah sebesar -10.13 dB sedangkan besarnya *insertion loss* ketika simulasi adalah -9.83 dB.

Dari seluruh data *s-parameter* yang didapat dari pengukuran, dibuatlah grafik *s-parameter* di mana data-data yang didapatkan merupakan data berformat .csv, yang kemudian dibuat pada *microsoft excel*. Grafik gabungan dari hasil pengukuran *s-parameter* akan ditampilkan pada gambar 4.43.



**Gambar 4.43** Grafik *s-parameter*

Hasil pengukuran yang telah didapatkan belum dikurangi dengan *loss* pada kabel yang timbul pada proses pengukuran. *Loss* pada kabel yang terukur adalah sebesar 1 dB. Oleh karena itu hasil pengukuran dari *s-parameter* yang terukur akan dikurangi dengan *loss* pada kabel.

Nilai dari *s-parameter* yang muncul pada frekuensi 2.6 GHz akan dibandingkan juga dengan hasil pengukuran dari *s-parameter power divider* ketika tidak menggunakan *enclosure*. Pada tabel 4.3 akan ditampilkan perbandingannya setelah dikurangi dengan *loss* pada kabel.

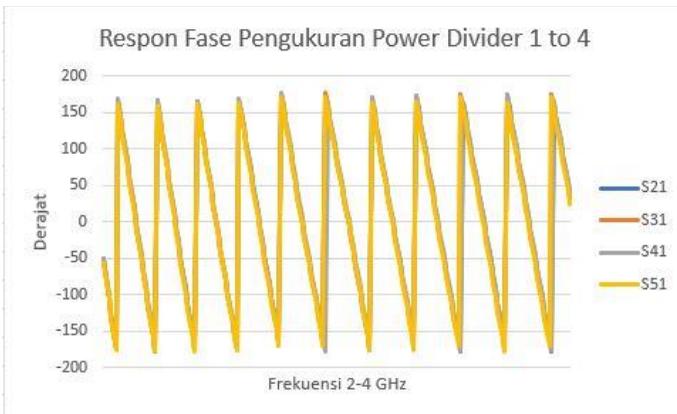
Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran	Pengukuran tanpa <i>Enclosure</i>
$S_{11}$ pada 2.6 GHz	-26.1 dB	-24.69 dB	-21.16 dB
$S_{21}$ pada 2.6 GHz	-9.83 dB	-8.68 dB	-8.89 dB
$S_{31}$ pada 2.6 GHz	-10.51 dB	-7.98 dB	-8.88 dB
$S_{41}$ pada 2.6 GHz	-10.51 dB	-9.98 dB	-8.89 dB
$S_{51}$ pada 2.6 GHz	-9.83 dB	-9.13 dB	-8.42 dB

**Tabel 4.3** Perbandingan *s-parameter*

Dapat dilihat dari tabel 4.3 bahwa nilai dari *s-parameter* yang terukur mengalami perbedaan dengan hasil yang terdapat pada simulasi dan juga dari hasil nilai pada pengukuran ketika tidak menggunakan

*enclosure*. Namun perbedaan nilai yang dihasilkan tidak lah besar. Hal ini disebabkan oleh diskontinuitas yang terdapat pada *power divider* nya itu sendiri dan juga pada *enclosure*. Kemudian kerapihan solder antara konektor dan *power divider* juga menjadikan faktor perbedaan nilai dari *s-parameter* yang terukur.

Parameter yang selanjutnya diukur adalah respon fasa. Dari data berformat .csv yang didapatkan ketika pengukuran, dapat dibuat grafik respon fasa yang tergabung menjadi satu grafik, dari grafik respon fasa tersebut dapat dilihat bahwa respon fasa yang terukur sudah seragam, yang memiliki arti bahwa *output* dari *power divider* yang sudah diberikan *enclosure* sudah se fasa. Pada gambar 4.44 akan ditampilkan grafik respon fasa gabungan.



**Gambar 4.44** Respon fasa gabungan

Nilai *s-parameter* yang didapatkan pada pengukuran telah memenuhi spesifikasi pada perancangan. Selanjutnya akan dibandingkan spesifikasi rancangan dengan hasil pengukuran alat. Pada tabel 4.4 akan ditampilkan perbandingan spesifikasi, simulasi, dan pengukurannya.

**Tabel 4.4** Perbandingan spesifikasi hasil simulasi dan pengukuran

Parameter	Spesifikasi <i>Power divider</i> 1 to 4	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Frekuensi kerja	2-4 GHz	2.2-2.9 GHz dan 3-4 GHz	2.1 GHz – 2.72 Ghz, 2.8 GHz – 3.04GHz, dan 3.12 GHz – 3.98 Ghz
Frekuensi Kerja Optimum	2.6 GHz	2.6 GHz	2.6 GHz
<i>Return loss</i>	$\leq -10$ dB	$\leq -10$ dB	$\leq -10$ dB
<i>Insertion loss</i>	$\geq -10$ dB (toleransi $\leq 1$ dB)	$\geq -10.51$ dB	$\geq -9.98$ dB

Daya pancar yang akan diberikan pada sebuah antenna *coastal radar* adalah berkisar  $\leq -10$  W. Mengacu pada paper [12] bahwa daya pancar pada radar *s-band* tersebut adalah 5W, maka dalam penelitian ini akan dianalisis berapakah *output* dari *power divider* yang telah diberikan *enclosure* apabila diberikan input daya pancar sebesar 5W. Pada tabel 4.5 akan ditampilkan daya *output* pada *power divider* tersebut.

**Tabel 4.5** Output *power divider* dengan daya pancar 5W

Port Output	Daya Pancar	Insertion Loss	Daya Output	Jumlah Daya Output
1	5W	-8.68 dB	0.675 W	2.58 W
2		-7.98 dB	0.795 W	
3		-9.98 dB	0.5 W	
4		-9.13 dB	0.61 W	

Dari tabel 4.5 dapat dianalisis bahwa jumlah daya *output* yang tersalurkan masih lebih kecil dari pada daya pancar yang dibutuhkan. Untuk menanggulangi hal tersebut, dapat dilakukan dengan cara menggunakan *power amplifier* yang lebih besar dayanya. Agar daya

*output* pada *power divider* berjumlah 5W maka *power amplifier* yang dibutuhkan adalah *power amplifier* dengan output daya  $\pm - 10 W$ .

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

Setelah melakukan pengambilan data dan melakukan analisis data dari hasil simulasi dan fabrikasi, maka dapat ditarik kesimpulan terkait desain dari penelitian ini dan saran yang dapat digunakan untuk pengembangan dan penelitian diwaktu yang akan datang.

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perancangan *enclosure power divider* ini adalah:

1. *Enclosure* yang telah dirancang sudah mencapai kompatibilitas gelombang elektromagnetik dikarenakan, *surface current* yang timbul akibat gelombang elektromagnetik yang dipancarkan *power divider* dapat ditahan oleh *enclosure* tanpa adanya *surface current* yang merambat keluar dari dalam *enclosure*.
2. *Enclosure* yang telah difabrikasi memiliki dimensi 231.28 x 111.21 x 26.70 mm dengan berat sebesar 1000 g.
3. *Enclosure* yang telah dirancang tidak mengubah spesifikasi rancangan pada *power divider*, dimana nilai return loss ( $S_{11}$ ) dibawah -10 dB, nilai insertion loss ( $S_{21}$ ,  $S_{31}$ ,  $S_{41}$  dan  $S_{51}$ ) diatas -10 dB dengan toleransi 1 dB. Namun *enclosure* yang telah dirancang sedikit mempengaruhi performa dari *power divider*, terlihat pada hasil pengukuran simulasi dan pengukuran alat fabrikasi di mana ada sedikit perbedaan nilai pada *s-parameter* dan respon fasanya, namun perbedaan yang ditimbulkan tidaklah besar.
4. *Power divider* yang telah diberikan *enclosure* bekerja paling optimum pada frekuensi 2,6 GHz dengan nilai *return loss* -26,1 dB dan nilai *insertion loss* -8,68 dB, -7.98 dB, -9.98 dB, dan -9.13 dB.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk perancangan *enclosure power divider* selanjutnya:

1. Memperhatikan dimensi dari setiap perangkat yang akan mempengaruhi dimensi dari *enclosure*, agar *enclosure* yang diciptakan lebih efektif dalam parameter tata ruang.
2. Memperhatikan tempat untuk fabrikasi, karena pembuatan *enclosure* harus sepresisi mungkin, agar tidak adanya rongga yang tidak diinginkan pada *enclosure*.

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kodali V. Prasad ,” Engineering Electromagnetic Compatibility”, 1996.
- [2] Skolnik Merril I., “Introduction to Radar Systems 3<sup>rd</sup> Edition”, 2001.
- [3] Wahab Mashury, Kurniadi Deni Permana, Estu T. T., Mahmudin D., Maulana Yudi Yulius, Sulistyaningsih, “Development of Coastal Radar Network at Sunda Strait”, 2016.
- [4] Oktafiani Folin, Saputera Yussi Perdana, “Array Patch Antenna in S-Band Operational Frequency for Portable Coastal Radar”, 2013.
- [5] Pozar David M., “Microwave Engineering 2<sup>nd</sup> Edition”, 1998.
- [6] Kovar Stanislav, Mach Vaclav, Valouch Jan, and Adamek Milan, “Design of Shielding Enclosure to Protect Security Devices”, 2017.
- [7] Kaur Mandeep, Kakar Shikha, Mandal Danvir, “Electromagnetic Interference”, 2011.
- [8] Ünal E., Gökçen A., Kutlu Y., “Effective Electromagnetic Shielding”, 2006.
- [9] Ludwig Reinhold, Bretchko Pavel “RF Circuit Design Theory and Application”, 2000.
- [10] Collaboration of NDT Education, “Conductivity and Resistivity Values for Aluminum & Alloys”, 2002.
- [11] Tyco Electronic, “RF Coax Connector”, 2007.
- [12] Lestari A. Andaya, Bharata Endon, Liarto, Yulian Deni, Winarko Oktanto Dedi, “ Indera MS-1: Radar S-Band Pertama Karya Anak Bangsa”, 2012.

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

# LAMPIRAN

## Lembar Pengesahan Proposal

Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Elektro – ITS

EE 184801 TUGAS AKHIR – 6 SKS

Nama Mahasiswa : Ryanza Rizadira R  
Nomer Pokok : 0711154000005  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas Diberikan : Semester Gasal Tahun Ajaran 2018/2019  
Dosen Pembimbing : 1. Eko Setijadi, S.T., M.T., Ph.D  
Judul Tugas Akhir : **Rancang Bangun Kandang Power Divider 1 to 4 dengan  
Memperhitungkan Efek Kompatibilitas Elektromagnetik untuk  
Sistem Coastal Radar**  
(*Design of Power Divider 1 to 4 Enclosure with Electromagnetic  
Compatibility Effect for Coastal Radar System*)

05 SEP 2018

### Uraian Tugas Akhir :

Desain kandang/*enclosure* idealnya tidak memiliki lubang dimana dapat menyebabkan radiasi elektromagnetik dan gangguan pada sirkuit di dalam kandang. Namun, sebuah kandang/*enclosure* tanpa lubang sangat tidak dapat dilakukan karena pada kenyataannya, sebuah kandang/*enclosure* membutuhkan ventilasi, kabel atau penetrasi kawat, dan lain-lain. Oleh karena itu, efek kompatibilitas elektromagnetik harus diperhitungkan untuk memastikan perlindungan yang cukup.

Dalam penelitian ini, akan direalisasikan kandang/*enclosure* untuk *power combiner/divider* yang bekerja pada frekuensi *S-band* yang akan dimanfaatkan untuk sistem *coastal radar*. *Power combiner/divider* ini dirancang menggunakan metode SIW (*Substrate Integrated Waveguide*) dan HMSIW (*Half Mode Substrate Integrated Waveguide*). *Power combiner/divider* tersebut akan memiliki 1 *port input* dan 4 *port output*. Kandang/*enclosure* ini dirancang dengan memperhitungkan efek kompatibilitas elektromagnetik. Tujuan rancangan tersebut adalah untuk memastikan perlindungan yang cukup untuk mencapai kompatibilitas elektromagnetik.

**Kata Kunci :** *Coastal Radar, enclosure, Power Divider, kompatibilitas elektromagnetik*

Dosen Pembimbing

  
Eko Setijadi, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP : 197210012003121002

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro

  
Dede C. Riawan, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP : 197311192000031001

Menyetujui,  
Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi

  
Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.  
NIP : 197011111993031002

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## **BIOGRAFI PENULIS**



Ryanza Rizadira Rudiananda adalah seorang mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember 2015. Ia lahir di Kota Bogor pada tanggal 20 April tahun 1998. Selama di perkuliahan ia aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan baik di lingkaran jurusan maupun di luar lingkaran jurusan.

*Lembar ini sengaja dikosongkan*