

RANCANG BANGUN *POWER DIVIDER MIKROSTRIP*
UNTUK APLIKASI ANTENA TELEVISI ANALOG DAN DIGITAL
PADA FREKUENSI 479 – 799 MHz

SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:

WAHYU RAMADHAN
NIM. 115060301111026 - 63

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015

PENGANTAR

Alhamdulillah, segenap puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Rancang Bangun Power Divider Mikrostrip untuk Aplikasi Antena Televisi Analog dan Digital pada Frekuensi 479 – 799 MHz**” yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Tidak lupa shalawat serta salam selalu penulis sampaikan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu proses penyelesaian skripsi ini, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orangtua penulis, ibu Widagdiarti dan bapak Sugeng Harsoyo, serta kakak saya Oji Septyo H. yang selama ini menjadi motivator terbesar untuk menjalani kuliah, memberi dukungan, dan senantiasa mendoakan penulis.
2. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Ibu Rusmi Ambarwati, S.T., M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen dan Keahlian Telekomunikasi.
6. Bapak Rudy Yuwono, S.T., M.Sc selaku pembimbing I skripsi atas bimbingan, ketelitian, dukungan, saran, dan bantuannya yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Gaguk Asmungi, S.T., M.T. selaku pembimbing II skripsi atas bimbingan, ketelitian, dukungan, saran, dan bantuannya yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu dosen yang telah membagikan ilmunya serta segenap staff Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.



9. Seseorang yang tak henti-hentinya memberikan semangat, doa, dan dukungan kepada penulis, Pamela Andria Putri Kusuma Sumarauw beserta ibu Eny Yuniriyanti.
10. Joko Prasetyo, Aldy Lisfianto, Swaraka Maulana P, Joko Irawan M, Irfan Mujahidin, Pampam, Dhody, Nanda, serta keluarga besar konsentrasi Telekomunikasi 2011 dan angkatan 2011 (Inverter '11) Teknik Elektro Brawijaya yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, atas dukungan, motivasi, doa, dan bantuan yang diberikan terhadap penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman asisten 2010, 2011, dan 2012 Laboratorium Transmisi dan Gelombang Mikro Teknik Elektro Universitas Brawijaya serta bapak Ardiansyah yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Mas Septian dan Mas Fanus selaku asisten, serta bapak Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, M.T. selaku Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi Jurusan Teknik Elektro ITS karena telah bersedia membantu dan meminjamkan alat-alat untuk keperluan penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik dari pembaca mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis. Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR GRAFIK	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Siaran Televisi Analog.....	4
2.2 Siaran Televisi Digital.....	4
2.3 Antena Televisi	6
2.4 <i>Power Divider</i>	7
2.4.1 Wilkinson <i>Power Divider</i>	8
2.5 Saluran Transmisi.....	9
2.5.1 Saluran Transmisi Mikrostrip.....	9
2.5.2 Impedansi Karakteristik Saluran Mikrostrip	10
2.5.3 Dimensi Saluran Transmisi Mikrostrip.....	10
2.6 <i>Transformer</i> Seperempat Panjang Gelombang ($\lambda/4$)	11
2.7 <i>Scattering</i> Parameter (S-Parameter).....	13
2.8 Parameter <i>Power Divider</i>	14
2.8.1 <i>Return Loss</i>	14
2.8.2 <i>Insertion Loss</i>	15
2.8.3 Isolasi	16



BAB III METODOLOGI

3.1 Studi Literatur	17
3.2 Pengumpulan Data	18
3.2.1 Data Primer	18
3.2.2 Data Sekunder	18
3.3 Perancangan Dimensi <i>Power Divider</i> dan Simulasi Menggunakan Program CST 2014	18
3.4 Pengujian	20
3.4.1 Pengukuran <i>Return Loss</i>	21
3.4.2 Pengukuran <i>Insertion Loss</i>	21
3.4.3 Pengukuran Isolasi <i>Port Output</i>	21
3.5 Analisis	21
3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	21

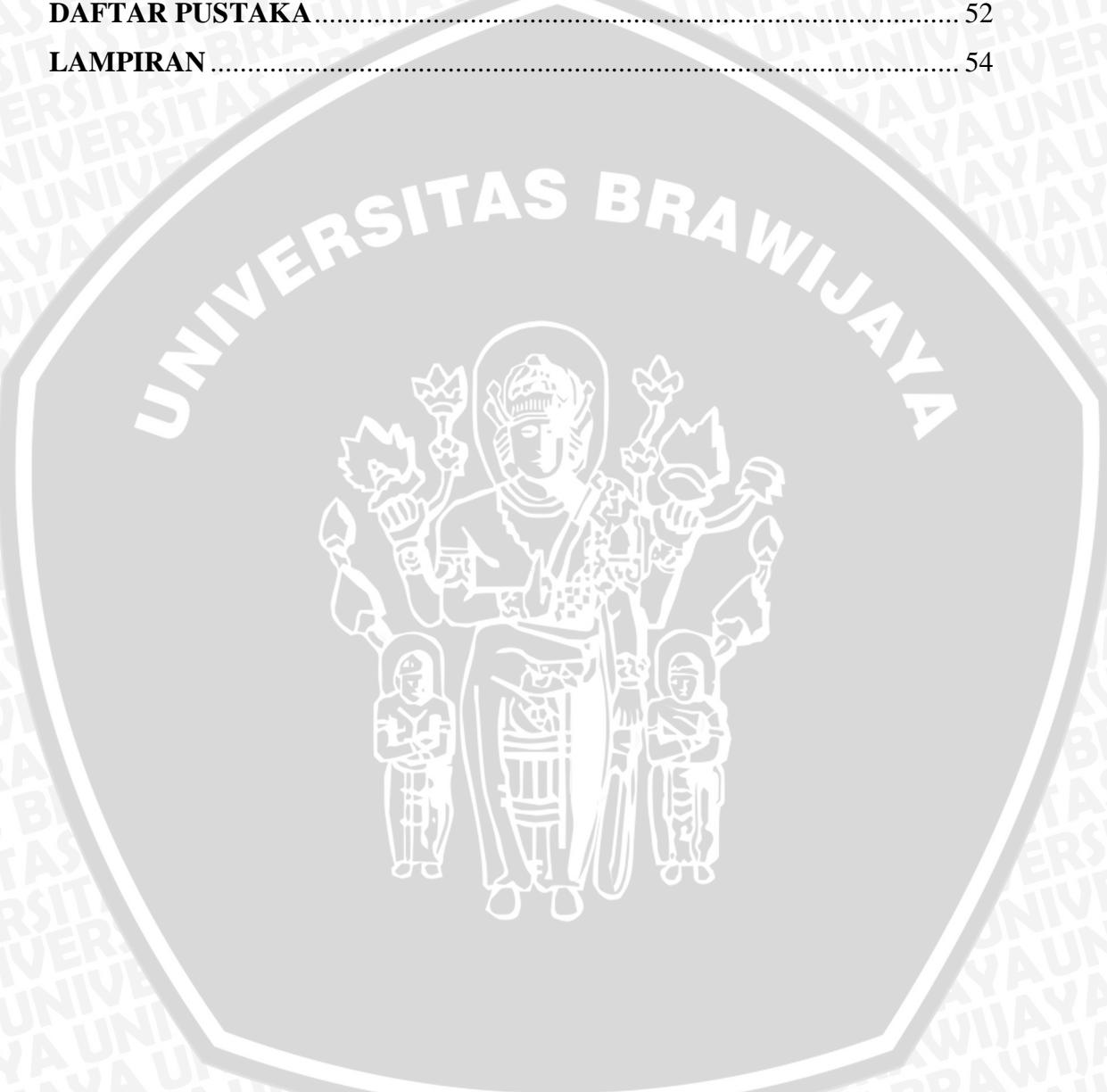
BAB IV PERANCANGAN DAN SIMULASI POWER DIVIDER

4.1 Tinjauan Umum	22
4.2 Spesifikasi <i>Power Divider</i>	22
4.3 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor	22
4.4 Perencanaan Dimensi <i>Power Divider</i>	23
4.4.1 Perencanaan Impedansi Karakteristik Saluran <i>Transformer</i>	23
4.4.2 Perencanaan Dimensi Saluran <i>Transformer</i>	23
4.4.3 Perencanaan Dimensi Saluran <i>Input</i> dan <i>Output</i>	24
4.4.4 Perencanaan Nilai Resistor Isolasi	24
4.5 Simulasi dan Optimasi <i>Power Divider</i>	25
4.5.1 Optimasi Dimensi Saluran <i>Transformer</i>	27
4.6 Hasil Simulasi <i>Power Divider</i> Setelah Optimasi	28

BAB V PENGUKURAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN POWER DIVIDER

5.1 Tinjauan Umum	33
5.2 Pengukuran <i>Return Loss</i>	33
5.2.1 Hasil dan Analisis Pengukuran <i>Return Loss</i>	35
5.3 Pengukuran <i>Insertion Loss</i>	40
5.3.1 Hasil dan Analisis Pengukuran <i>Insertion Loss</i>	41

5.4 Pengukuran Isolasi <i>Port Output</i>	45
5.4.1 Hasil dan Analisis Pengukuran Isolasi <i>Port Output</i>	47
BAB VI PENUTUP	
6.1 Kesimpulan	50
6.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Penyiaran Televisi Analog dan Digital.....	5
Gambar 2.2 Antena Televisi.....	6
Gambar 2.3 Bentuk Dasar <i>Power Divider</i> dengan Bentuk Jaringan <i>Star</i>	7
Gambar 2.4 2-Way Wilkinson <i>Power Divider</i>	8
Gambar 2.5 Bentuk Geometris Saluran Transmisi Mikrostrip.....	9
Gambar 2.6 Rangkaian Wilkinson <i>Power Divider</i>	11
Gambar 2.7 Penyesuaikan Impedansi <i>Transformer</i> $\lambda/4$	12
Gambar 2.8 Jaringan dengan N- <i>Port</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi.....	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Perhitungan Dimensi Saluran <i>Power Divider</i>	19
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan, Pembuatan, dan Analisis <i>Power Divider</i>	20
Gambar 4.1 Dimensi <i>Power Divider</i> (Sebelum Optimasi): (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang.....	25
Gambar 4.2 Dimensi <i>Power Divider</i> Setelah Optimasi: (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang	28
Gambar 5.1 Blok Diagram Pengukuran <i>Return Loss Port 1</i>	34
Gambar 5.2 Blok Diagram Pengukuran <i>Return Loss Port 2</i>	34
Gambar 5.3 Blok Diagram Pengukuran <i>Return Loss Port 3</i>	34
Gambar 5.4 Konfigurasi Pengukuran <i>Return Loss</i>	35
Gambar 5.5 Blok Diagram Pengukuran <i>Insertion Loss</i> antara <i>Port 1</i> dan <i>Port 2</i> .40	40
Gambar 5.6 Blok Diagram Pengukuran <i>Insertion Loss</i> antara <i>Port 1</i> dan <i>Port 3</i> .40	40
Gambar 5.7 Konfigurasi Pengukuran <i>Insertion Loss</i>	41
Gambar 5.8 Blok Diagram Pengukuran Isolasi antara <i>Port 2</i> dan <i>Port 3</i>	46
Gambar 5.9 Konfigurasi Pengukuran Isolasi <i>Port Output</i>	46



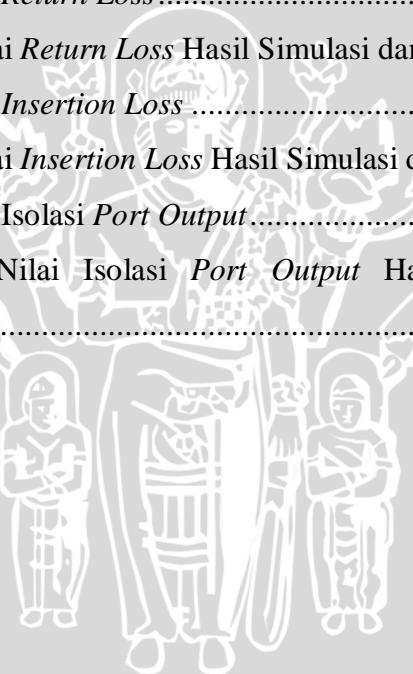
DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hasil Simulasi <i>Power Divider</i> Sebelum Optimasi: (a) <i>Return Loss</i> , (b) <i>Insertion Loss</i> , (c) Isolasi <i>Port Output</i>	26
Grafik 4.2 Hasil Simulasi <i>Return Loss Power Divider</i> terhadap Frekuensi (Setelah Optimasi)	29
Grafik 4.3 Hasil Simulasi <i>Insertion Loss Power Divider</i> terhadap Frekuensi (Setelah Optimasi)	30
Grafik 4.4 Hasil Simulasi Isolasi <i>Port Output Power Divider</i> (Setelah Optimasi).....	30
Grafik 5.1 Hasil Pengukuran <i>Return Loss Port 1</i>	36
Grafik 5.2 Hasil Pengukuran <i>Return Loss Port 2</i>	36
Grafik 5.3 Hasil Pengukuran <i>Return Loss Port 3</i>	36
Grafik 5.4 Perbandingan Nilai <i>Return Loss</i> Hasil Simulasi dan Pengukuran: (a) <i>Port 1</i> , (b) <i>Port 2</i> , (c) <i>Port 3</i>	38
Grafik 5.5 Hasil Pengukuran <i>Insertion Loss</i> antara <i>Port 1</i> dan <i>Port 2</i>	41
Grafik 5.6 Hasil Pengukuran <i>Insertion Loss</i> antara <i>Port 1</i> dan <i>Port 3</i>	42
Grafik 5.7 Perbandingan Nilai <i>Insertion Loss</i> Hasil Simulasi dan Pengukuran: (a) <i>Port 1-2</i> , (b) <i>Port 2</i>	44
Grafik 5.8 Hasil Pengukuran Isolasi <i>Port Output</i>	47
Grafik 5.9 Perbandingan Nilai Isolasi <i>Port Output Power Divider</i> Hasil Simulasi dan Pengukuran	47



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Dimensi <i>Power Divider</i> (Sebelum Optimasi)	26
Tabel 4.2 Tabel Optimasi Panjang Saluran <i>Transformer</i>	27
Tabel 4.3 Spesifikasi Dimensi <i>Power Divider</i> Setelah Optimasi.....	28
Tabel 4.4 Nilai S11, S22, dan S33 Hasil Simulasi <i>Power Divider</i> untuk Setiap Kanal Frekuensi Penyiaran Televisi	29
Tabel 4.5 Nilai S21 dan S31 Hasil Simulasi <i>Power Divider</i> untuk Setiap Kanal Frekuensi Penyiaran Televisi	31
Tabel 4.6 Nilai S23 Hasil Simulasi <i>Power Divider</i> untuk Setiap Kanal Frekuensi Penyiaran Televisi	32
Tabel 5.1 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i>	37
Tabel 5.2 Perbandingan Nilai <i>Return Loss</i> Hasil Simulasi dan Pengukuran	38
Tabel 5.3 Hasil Pengukuran <i>Insertion Loss</i>	43
Tabel 5.4 Perbandingan Nilai <i>Insertion Loss</i> Hasil Simulasi dan Pengukuran....	44
Tabel 5.5 Hasil Pengukuran Isolasi <i>Port Output</i>	48
Tabel 5.6 Perbandingan Nilai Isolasi <i>Port Output</i> Hasil Simulasi dan Pengukuran	49



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Langkah-Langkah Simulasi CST <i>Microwave Studio</i>	54
Lampiran 2. Dokumentasi Pengukuran <i>Power Divider</i>	71
Lampiran 3. Pengujian <i>Power Divider</i> pada Televisi.....	75



ABSTRAK

Wahyu Ramadhan, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2015, Rancang Bangun *Power Divider* Mikrostrip untuk Aplikasi Antena Televisi Analog dan Digital pada Frekuensi 479 – 799 MHz, Dosen Pembimbing: Rudy Yuwono dan Gaguk Asmungi.

Televisi merupakan salah satu media informasi yang banyak dikonsumsi khususnya oleh masyarakat Indonesia. Sebanyak 95% masyarakat Indonesia masih memilih menggunakan televisi sebagai media untuk mendapatkan informasi. Melihat dari banyaknya jumlah pengguna televisi di Indonesia, tidak dapat dipungkiri bahwa dalam satu rumah atau satu tempat terdapat lebih dari satu buah pesawat televisi yang mana masing-masing pesawat televisi akan terhubung dengan antena. Untuk menghemat biaya pembelian antena dan menghemat ruang untuk peletakan antena, kita dapat menggunakan perangkat *power divider* yang berfungsi untuk membagi daya *output* antena ke beberapa *port* sehingga satu buah antena dapat digunakan untuk beberapa pesawat televisi sekaligus.

Pada penelitian ini akan dibahas tentang perancangan dan pembuatan Wilkinson *power divider* dengan jenis saluran transmisi mikrostrip. *Power divider* yang dirancang memiliki satu *port input* dan dua *port output* dengan impedansi karakteristik saluran *input* dan *output* sebesar 75Ω . *Power divider* dirancang untuk diaplikasikan pada antena penerima siaran televisi analog dan digital *terrestrial* di Indonesia pada frekuensi 479 – 799 MHz dengan menggunakan bahan substrat FR4 (kosntanta dielektrik $\epsilon_r = 4,3$) dan bahan konduktor tembaga. Perancangan dan simulasi *power divider* dilakukan menggunakan program CST *Microwave Studio* 2014. Hasil simulasi *power divider* pada rentang frekuensi 479 – 799 MHz menunjukkan nilai S_{11} , S_{22} , dan $S_{33} \leq -15$ dB, nilai S_{21} antara $-3,054$ – $-3,136$ dB, nilai S_{31} antara $-3,052$ – $-3,137$ dB, dan nilai S_{23} dan $S_{32} \leq -15$ dB. Hasil pengukuran power divider pada rentang frekuensi 479 – 799 MHz menunjukkan nilai S_{11} minimum sebesar $-14,38$ dB. Nilai S_{22} minimum sebesar $-14,97$ dB. Nilai S_{33} minimum sebesar $-15,17$ dB. Nilai S_{21} minimum sebesar $-3,68$ dB dan maksimum sebesar $-4,35$ dB. Nilai S_{31} minimum sebesar $-3,51$ dB dan maksimum sebesar $-4,37$ dB. Nilai S_{23} minimum sebesar $-17,12$ dB.

Kata kunci: Wilkinson *power divider*, mikrostrip, antena televisi.



ABSTRACT

Wahyu Ramadhan, Electrical Engineering Departement Faculty of Engineering Brawijaya University, July 2015, Design and Prototype of Microstrip Power Divider for Analog and Digital Television Antenna Applications at The Frequency of 479 – 799 MHz, Lecturer: Rudy Yuwono and Gaguk Asmungi.

Television is one of the media information that is widely consumed, especially by the people of Indonesia. As many as 95% of Indonesian people still choose to use television as a medium for information. Looking from the number of television users in Indonesia, can not be denied that in one house or one place there are more than one television set in which each television sets will be connected to an antenna. To save the cost of purchasing an antenna and save space for laying the antenna, we can use the power divider that serves to divide the output power of the antenna to multiple ports so that the antennas can be used for a number of television sets at once.

In this research will be discussed concerning the design and manufacture of Wilkinson power divider with a microstrip transmission line. Power divider that is designed has one input port and two output ports with the input and output line characteristic impedance of 75Ω . Power divider is designed to be applied to the analog and digital terrestrial television antenna receiver in Indonesia at a frequency of 479 – 799 MHz using FR4 substrate material (dielectric constant $\epsilon_r = 4.3$) and a copper conductor material. Design and simulation of power divider is done using the CST Microwave Studio 2014 program. The simulation results of power divider in the frequency range 479 – 799 MHz shows the value of S_{11} , S_{22} , and $S_{33} \leq -15$ dB, S_{21} value between -3,054 – -3,136 dB, the value S_{31} between -3,052 – -3,137 dB, and the value of S_{23} and $S_{32} \leq -15$ dB. Results of measurement of power divider in the frequency range 479 – 799 MHz shows the minimum S_{11} value is -14,38 dB. The minimum S_{22} value is -14,97 dB. The minimum S_{33} value is -15,17 dB. The minimum S_{21} value is -3,68 dB and the maximum is -4,35 dB. The minimum S_{31} value is -3,51 dB and the maximum is -4,37 dB. The minimum S_{23} value is -17,12 dB.

Keywords : Wilkinson power divider, microstrip, antenna television.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat khususnya dalam bidang telekomunikasi membuat kebutuhan manusia akan informasi juga semakin meningkat. Salah satu jenis media yang paling umum digunakan oleh masyarakat untuk mendapatkan informasi atau mencari hiburan adalah televisi. Berdasarkan hasil survei perusahaan Nielsen, pada tahun 2014 televisi masih menjadi media informasi utama yang dikonsumsi masyarakat Indonesia yaitu sebesar 95%.

Teknologi penyiaran televisi *terrestrial* tidak luput dari perkembangan teknologi, salah satunya yaitu adanya pergantian teknologi penyiaran televisi dari penyiaran secara analog menjadi penyiaran secara digital. Di Indonesia mulai tahun 2012 silam, melalui Peraturan Menteri Kominfo No. 05 Tahun 2012, telah menerapkan standar penyiaran televisi digital *terrestrial Digital Video Broadcasting – Terrestrial second generation* atau disingkat DVB-T2 yang merupakan pengembangan dari standar DVB-T. Meskipun belum seluruhnya menerapkan sistem penyiaran digital, saat ini Indonesia telah melakukan *simulcast* atau melakukan penyiaran secara bersamaan sinyal televisi analog dan digital. Hal ini merupakan upaya untuk melakukan migrasi teknologi dari sistem penyiaran analog menuju sistem penyiaran digital.

Melihat dari banyaknya jumlah pengguna televisi di Indonesia, tidak dapat dipungkiri bahwa dalam satu rumah atau satu tempat terdapat lebih dari satu buah pesawat televisi yang mana masing-masing pesawat televisi akan terhubung dengan antena. Kita dapat menghubungkan beberapa pesawat televisi pada satu buah antena tanpa harus membeli antena sejumlah pesawat televisi yang dimiliki. Hal tersebut tentu akan mengurangi biaya pengeluaran serta menghemat ruang untuk peletakan antena. Kondisi tersebut dapat diwujudkan dengan menggunakan perangkat *power divider* yang berfungsi untuk membagi daya keluaran antena ke beberapa *port* sehingga satu buah antena dapat digunakan untuk beberapa pesawat televisi sekaligus.



Penelitian ini akan membahas perancangan dan pembuatan *power divider* jenis mikrostrip untuk aplikasi penerimaan sinyal televisi yang bekerja pada frekuensi 479 – 799 MHz.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penyusunan skripsi ini adalah:

- 1) Bagaimana merancang *power divider* pada frekuensi 479 – 799 MHz?
- 2) Bagaimana menyimulasikan *power divider* yang bekerja pada frekuensi 479 – 799 MHz dengan menggunakan *software CST 2014*?
- 3) Bagaimana performansi *power divider* yang telah difabrikasi meliputi *return loss*, isolasi, dan *insertion loss*?

1.3 Batasan Masalah

Skripsi ini membahas perancangan *power divider* dengan jenis saluran mikrostrip yang bekerja pada frekuensi yang telah direncanakan yaitu 479 – 799 MHz, dengan batasan sebagai berikut:

- 1) Perancangan *power divider* menggunakan metode Wilkinson.
- 2) *Power divider* yang dirancang memiliki satu *port* masukan dan dua *port* keluaran.
- 3) Simulasi perancangan *power divider* menggunakan program CST 2014.
- 4) Menggunakan rumus perancangan *power divider* dan saluran transmisi mikrostrip yang merupakan rumus jadi yang dikutip dari referensi dan tidak dibahas lebih dalam.
- 5) Kanal frekuensi televisi yang digunakan untuk analisis adalah kanal frekuensi televisi analog dan digital yang beroperasi di kota Malang, Jawa Timur, Indonesia.
- 6) Spesifikasi *power divider*:
 - a. Bahan Epoxy fiberglass – FR 4:

• Konstanta dielektrik (ϵ_r)	= 4,3
• Ketebalan lapisan dielektrik (h)	= 1,6 mm
• <i>Loss tangent</i> ($\tan \delta$)	= 0,018



b. Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:

- Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,1 mm
- Konduktivitas tembaga (σ) = $5,8 \times 10^7$ mho m^{-1}

c. Impedansi karakteristik masukan = 75Ω

d. Impedansi karakteristik keluaran = 75Ω

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah merencanakan dan merealisasikan *power divider* yang bekerja pada frekuensi kerja yang telah direncanakan yaitu 479 – 799 MHz serta menganalisis performansi dari *power divider* yang telah difabrikasi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori-teori yang mendukung untuk dijadikan dasar dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Menjelaskan tentang tahapan penyelesaian skripsi yang meliputi studi literatur, pengumpulan data, perancangan, simulasi, pembuatan, pengujian, analisis, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN POWER DIVIDER

Memuat proses perancangan, simulasi dan pembuatan *power divider*.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Menjelaskan tentang langkah-langkah pengujian, hasil pengujian serta analisis terhadap hasil pengukuran *power divider*.

BAB VI PENUTUP

Memuat kesimpulan dan saran berdasarkan apa yang telah dicapai dalam penyelesaian skripsi.



2.1 Siaran Televisi Analog

Televisi analog *terrestrial* disiarkan pada pita VHF dan UHF. Dalam sistem penyiaran televisi analog terdapat tiga standar yang digunakan di dunia yaitu NTSC (*national television systems committee*), SECAM (*sequentiel couleur a memoire*), dan PAL (*phase alternating line*). Standar NTSC paling banyak digunakan di Amerika Utara dan Jepang, standar SECAM digunakan di Perancis dan Rusia, sedangkan standar PAL banyak digunakan di hampir seluruh Eropa barat dan Asia. Prinsip kerja dari ketiga standar tersebut hampir sama, yang membedakan adalah tingkat frekuensi sampling, resolusi gambar, dan representasi warna. Televisi analog menggunakan sistem transmisi analog yang berarti level sinyal yang ditransmisikan akan berubah-ubah sesuai dengan warna dan tingkat kecerahan dari elemen gambar yang dikirimkan. Kemudian sinyal yang dikirimkan oleh pemancar akan diterima oleh penerima televisi analog dengan menggunakan salah satu dari tiga standar televisi warna yaitu PAL, NTSC, atau SECAM. Gangguan yang dialami sinyal pada saat pentransmision dapat menyebabkan kesalahan bahkan hilangnya informasi yang diterima, sehingga kualitas gambar yang diterima pada pesawat televisi akan menurun.

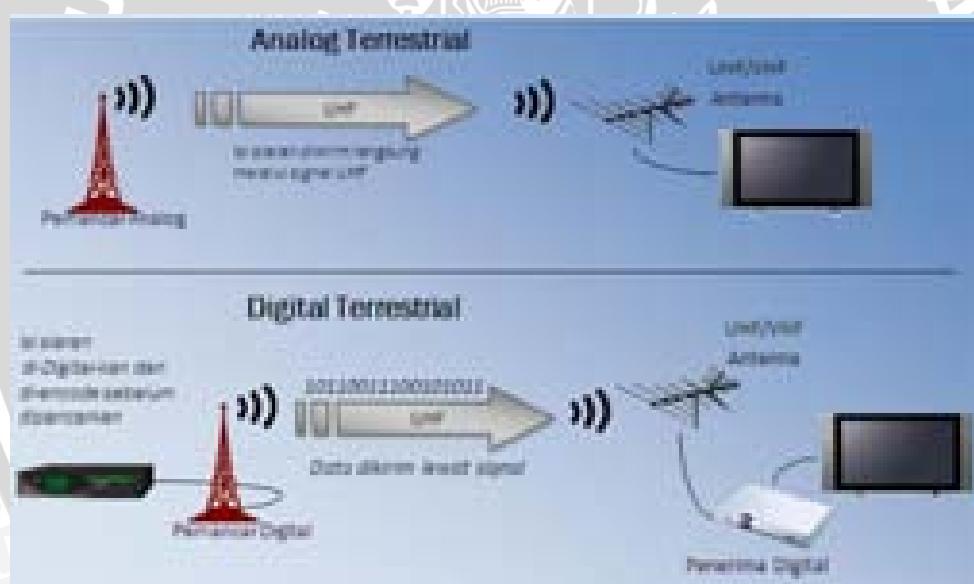
Hampir seluruh stasiun televisi di Indonesia baik swasta maupun negeri menggunakan pita UHF. Di Indonesia terdapat 41 kanal yang digunakan pada pita UHF, yaitu kanal 22 – 62. Untuk penyiaran televisi analog dalam satu wilayah yang sama tidak bisa *adjacent channel* atau menggunakan kanal yang bersebelahan, sehingga dalam satu wilayah, kanal yang digunakan hanya sebanyak 20 – 21 kanal (ganjil atau genap saja).

2.2 Siaran Televisi Digital

Penyiaran televisi digital *terrestrial* adalah penyiaran yang menggunakan frekuensi radio VHF/UHF seperti halnya penyiaran analog, tetapi dengan format konten yang digital. Pada penyiaran televisi analog semakin jauh dari stasiun pemancar televisi, sinyal yang diterima akan semakin lemah dan gambar yang

diterima juga menjadi buruk dan berbayang. Sedangkan pada penyiaran televisi digital gambar dan suara yang jernih akan dapat diterima sampai pada titik di mana sinyal tidak dapat diterima lagi. Di Indonesia saat ini menggunakan standar penyiaran televisi digital yaitu *Digital Video Broadcasting – Terrestrial second generation* (DVB-T2). Salah satu perbedaan antara siaran televisi analog dan digital adalah pada pemanfaatan spektrum frekuensi radio sebagai sumber daya alam yang sangat terbatas (Kominfo, 2013).

Satu kanal frekuensi pada penyiaran televisi analog hanya bisa digunakan untuk menyalurkan satu program siaran televisi. Sedangkan pada sistem penyiaran digital DVB-T2, satu kanal frekuensi mampu membawa hingga 12 program siaran *standard definition* (SDTV). Hal ini berarti terjadi inefisiensi penggunaan spektrum frekuensi radio pada sistem analog dan sebaliknya pada sistem digital terdapat optimalisasi pemanfaatan kanal frekuensi (Indra, 2014).



Gambar 2.1 Sistem Penyiaran Televisi Analog dan Digital

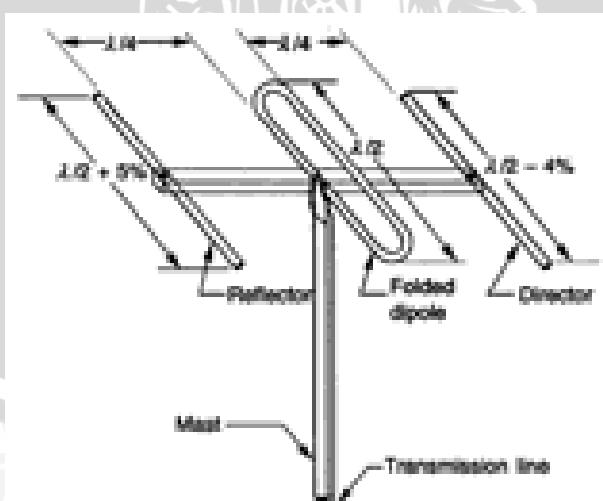
(Sumber: tvdigital.kominfo.go.id)

Pada penyiaran televisi digital terdapat perangkat penerima pada sisi pengguna yaitu *integrated receiver decoder* (IRD) atau lebih umum dikenal dengan *set top box* (STB). STB adalah perangkat *tuner/decoder* yang berfungsi untuk menala *channel* yang diperlukan, menekstraksi dan men-decode data program yang dipilih, memeriksa hak akses pengguna, serta menghasilkan

gambar, suara, dan layanan lainnya sesuai dengan yang diinstruksikan. Sinyal digital disalurkan menuju STB dengan cara yang sama seperti pada penyiaran televisi analog.

2.3 Antena Televisi

Antena merupakan salah satu elemen penting dalam proses penerimaan sinyal televisi. Antena berfungsi sebagai *transducer* yang mana merubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik. Antena yang paling cocok untuk penerimaan sinyal TV adalah antena *dipole* $\lambda/2$ horizontal karena dapat dengan mudah dibuat untuk pita frekuensi VHF dan UHF yang mana digunakan untuk penyiaran televisi (Sharma, 2003). Pada kenyataannya, *dipole* yang digunakan pada kebanyakan antena televisi adalah *folded dipole* yang memiliki impedansi sebesar empat kali dari impedansi *dipole* biasa. Antena *dipole* memiliki impedansi sekitar 73Ω , sehingga impedansi antena televisi yang menggunakan *folded dipole* bernilai sekitar 300Ω . Penyesuaian impedansi merupakan hal yang sangat penting. Dengan nilai impedansi yang sesuai antara antena dengan saluran transmisi, maka energi yang disalurkan akan terkirim secara maksimum. Untuk antena *dipole* biasa dapat disambungkan langsung pada saluran transmisi kabel *coaxial* yang memiliki impedansi yang kurang lebih sama, tetapi untuk *folded dipole* perlu disesuaikan dengan menggunakan saluran transmisi kawat paralel 300Ω .



Gambar 2.2 Antena Televisi

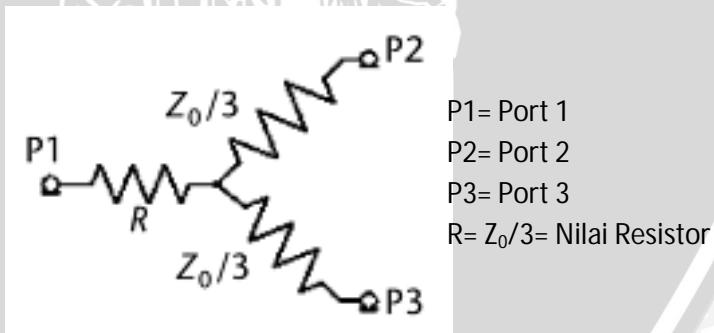
(Sumber: Sharma, 2003)

Untuk meningkatkan keterarahan, pada antena televisi ditambahkan *director* dan *reflector*. Bagian *reflector* berbentuk batang berukuran 5% lebih panjang dari panjang antena dan dipasang pada jarak $\lambda/4$ di belakang *folded dipole*. Sedangkan *director* terdiri dari batang lurus yang dipasang pada jarak kurang dari $\lambda/4$ di depan *folded dipole* (biasanya sekitar $0,1\lambda$). Batang ini berukuran 4% lebih pendek dari *dipole*. Terkadang digunakan lebih dari satu buah *director* untuk meningkatkan keterarahan antena. Penggunaan *reflector* dan *director* pada antena TV tidak hanya meningkatkan keterarahan tetapi juga meningkatkan *gain* dan sensitivitas antena.

2.4 Power Divider

Power divider adalah sebuah komponen pasif gelombang mikro yang digunakan untuk membagi daya sinyal dari satu *port* masukan ke dua atau lebih *port* keluaran (Pozar, 2011). Pada umumnya *power divider* juga dapat digunakan sebagai *power combiner* yang mengombinasikan beberapa sinyal dari *port* masukan menuju satu *port* keluaran. *Power divider* dapat dirancang agar memiliki pembagian daya yang sama (*equal*) atau tidak sama (*unequal*).

Bentuk dasar *power divider* terdiri dari tiga buah resistor dan tiga buah *port*. Pada umumnya standar penyambungan tiga buah resistor sesuai dengan bentuk jaringan *star* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bentuk Dasar *Power Divider* dengan Bentuk Jaringan *Star*

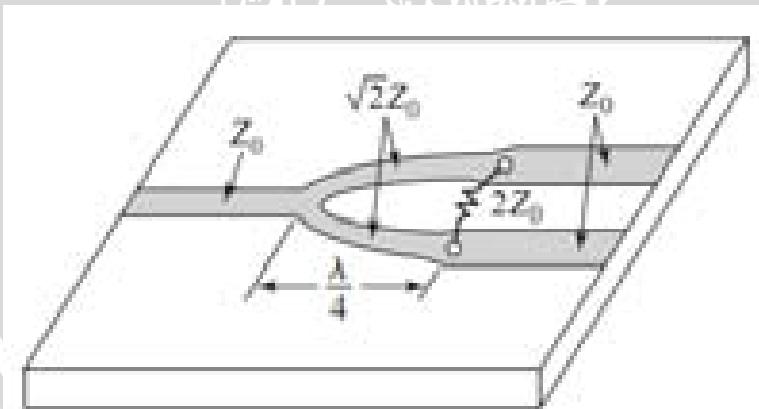
(Sumber: Belov, et al., 2012)

Power divider memiliki berbagai macam jenis antara lain Wilkinson *power divider/combiner*, *resistive power divider*, *reactive power divider*, dan *hybrid*. Salah satu jenis yang dikenal secara luas adalah Wilkinson *power divider*.

2.4.1 Wilkinson Power Divider

Wilkinson *power divider* ditemukan oleh E.J. Wilkinson. Bentuk awal *power divider/combiner* jenis ini memiliki tiga buah *port* dan memiliki fungsi untuk membagi daya sama besar dari satu *port* ke dua *port* keluaran serta untuk menggabungkan dua sinyal masukan menjadi satu sinyal keluaran. Wilkinson *power divider* bisa dirancang agar dapat membagi daya masukan dengan rasio yang berbeda sesuai dengan kebutuhan pada *port* keluarannya.

Bentuk paling sederhana dari Wilkinson *power divider* terdiri dari dua buah penampang seperempat panjang gelombang ($\lambda/4$) dan satu buah resistor yang disambungkan di antara dua *port* keluaran. Pada Wilkinson *power divider* digunakan sebuah resistor untuk menghubungkan dua *port* keluaran yang berfungsi untuk meningkatkan isolasi antar *port*. Resistor ini sering disebut sebagai "*resistor of isolation*" dan diletakkan sejauh seperempat panjang gelombang ($\lambda/4$) dari ujung percabangan. Nilai dari resistor isolasi tersebut sebesar $2Z_0$. Dua buah saluran percabangan Wilkinson *power divider* memiliki impedansi karakteristik sebesar $\sqrt{2}Z_0$. *Bandwidth* dari Wilkinson *power divider* dapat ditingkatkan dengan menggunakan beberapa penampang (*multi-section*) yang disusun kaskade.



Gambar 2.4 2-Way Wilkinson Power Divider

(Sumber: Pozar, 2011)

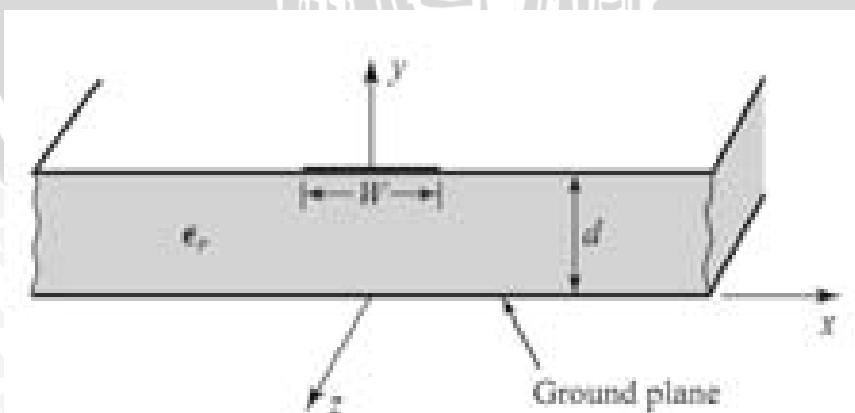
2.5 Saluran Transmisi

Saluran transmisi adalah sebuah saluran listrik yang digunakan untuk mengirimkan gelombang listrik (Bakhs, 2009). Sistem RF dan gelombang mikro pada awalnya bergantung pada pandu gelombang (*waveguide*), saluran dua kawat, dan saluran coaxial untuk pengiriman gelombangnya. Masing-masing jenis memiliki kelebihan dan kekurangan. Pandu gelombang memiliki kelebihan kemampuan *power-handling* yang tinggi tetapi boros tempat dan mahal. Saluran dua kawat memiliki kelebihan yaitu murah tetapi tidak memiliki pelindung (*shielding*). Saluran coaxial memiliki pelindung tetapi merupakan media yang sulit untuk dibuat sebagai komponen gelombang mikro yang kompleks.

Seiring perkembangan teknologi muncul alternatif lain untuk saluran transmisi yaitu jenis saluran transmisi planar yang berbentuk *stripline*, saluran mikrostrip, *slotline*, *coplanar waveguide*, dan beberapa bentuk lainnya. Saluran transmisi jenis ini memiliki kelebihan yaitu murah dan mudah dipadukan dengan perangkat aktif rangkaian seperti dioda dan transistor.

2.5.1 Saluran Transmisi Mikrostrip

Saluran transmisi mikrostrip merupakan jenis saluran transmisi planar yang paling populer karena dapat difabrikasi dengan proses *photolithographic* dan mudah dipadukan dengan perangkat aktif maupun pasif. Konduktor dengan lebar W dicetak pada substrat dielektrik dengan ketebalan d (pada sumber lain dilambangkan dengan h) dan permitivitas relatif ϵ_r .



Gambar 2.5 Bentuk Geometris Saluran Transmisi Mikrostrip

(Sumber: Pozar, 2011)



2.5.2 Impedansi Karakteristik Saluran Mikrostrip

Salah satu parameter utama pada saluran transmisi adalah impedansi karakteristik Z_0 . Apabila diketahui konstanta dielektrik substrat (ϵ_r) dan dimensi saluran transmisi (w dan d), impedansi karakteristik dari saluran mikrostrip dapat diperoleh menggunakan pendekatan sebagai berikut (Pozar, 2011):

$$Z_0 = \begin{cases} \left(\frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \right) \ln \left[8 \frac{d}{w} + \frac{w}{4d} \right] & \text{untuk } \frac{w}{d} \leq 1 \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e} \left[\frac{d}{w} + 1,393 + 0,667 \ln \left(\frac{w}{d} + 1,444 \right) \right]} & \text{untuk } \frac{w}{d} \geq 1 \end{cases} \quad (2.1)$$

ϵ_e = konstanta dielektrik efektif saluran mikrostrip

w = lebar saluran transmisi mikrostrip

d = ketebalan substrat

Besarnya nilai konstanta dielektrik efektif dapat dicari dengan Persamaan (2.2) (Pozar, 2011).

$$\epsilon_e = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{d}{w}}} \right) \quad (2.2)$$

dengan,

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

2.5.3 Dimensi Saluran Transmisi Mikrostrip

Untuk menghitung lebar (w) saluran transmisi, maka perlu diketahui parameter impedansi karakteristik saluran Z_0 dan konstanta dielektrik substrat ϵ_r . Setelah parameter tersebut diketahui, lebar dari saluran transmisi dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.3) (Pozar, 2011).

$$\frac{w}{d} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} & \text{untuk } \frac{w}{d} < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} & \text{untuk } \frac{w}{d} > 2 \end{cases} \quad (2.3)$$

dengan

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (2.4)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk panjang dari saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.6).

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2.6)$$

λ_d = panjang gelombang pada saluran transmisi

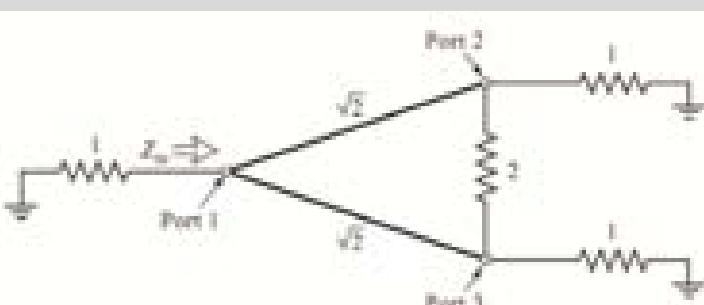
$$\lambda_d = \frac{c}{f_c \sqrt{\epsilon_e}} \quad (2.7)$$

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

f_c = frekuensi tengah

2.6 Transformer Seperempat Panjang Gelombang ($\lambda/4$)

Pada Wilkinson *power divider* digunakan *transformer* seperempat panjang gelombang sebagai penyesuaian impedansi. *Transformer* ini berbentuk saluran mikrostrip yang memiliki panjang seperempat dari panjang gelombang pada saluran transmisi. *Transformer* digunakan untuk merubah impedansi pada masing-masing ujung terminasi *port output* menjadi $2Z_0$. Hal ini agar impedansi input sama dengan jumlah impedansi dua *port output* yang dihubungkan paralel, sehingga akan terjadi kondisi *match* antara *port input* dan *port output* jika output dihubungkan dengan beban.



Gambar 2.6 Rangkaian Wilkinson *Power Divider*

(Sumber: Pozar, 2011)



Impedansi *input* dari saluran yang akan disesuaikan dapat dituliskan dari persamaan impedansi *input* saluran bebas rugi-rugi dengan panjang l (Gupta, 2010),

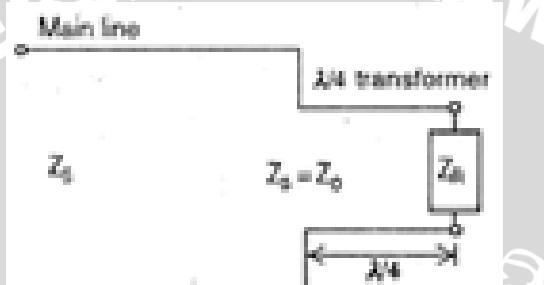
$$Z_s = Z_0 \left[\frac{Z_R \cos(\beta l) + jZ_0 \sin(\beta l)}{Z_0 \cos(\beta l) + jZ_R \sin(\beta l)} \right] \quad (2.8)$$

atau

$$Z_s = Z_0 \left[\frac{Z_R + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_R \tan \beta l} \right] \quad (2.9)$$

Z_0 = impedansi karakteristik saluran dengan konstanta fasa β .

Z_R = impedansi beban.



Gambar 2.7 Penyesuai Impedansi *Transformer* $\lambda/4$

(Sumber: Gupta, 2010)

Untuk saluran seperempat panjang gelombang, $\lambda = 4l$ dan $\beta = 2\pi / \lambda$. Dengan menyubstitusikan $l = \lambda / 4$ dan $\beta = 2\pi / \lambda$ pada Persamaan (2.10), maka akan diperoleh

$$Z_s = Z_0 \left[\frac{Z_R \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4}\right) + jZ_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4}\right)}{Z_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4}\right) + jZ_R \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4}\right)} \right] \quad (2.10)$$

atau

$$Z_s = Z_0 \left[\frac{Z_R \cos(\pi/2) + jZ_0 \sin(\pi/2)}{Z_0 \cos(\pi/2) + jZ_R \sin(\pi/2)} \right] \quad (2.11)$$

$$Z_s = Z_0 \left[\frac{0 + jZ_0}{0 + jZ_R} \right] \quad (2.12)$$

atau

$$Z_s = \frac{Z_0^2}{Z_R} \quad \text{atau} \quad Z_0 = \sqrt{Z_s \cdot Z_R} \quad (2.13)$$



sehingga untuk menyesuaikan impedansi beban Z_R dengan impedansi saluran input Z_S , dapat dilakukan dengan cara menyisipkan saluran dengan panjang $\lambda/4$ yang memiliki impedansi karakteristik $Z_0 = \sqrt{Z_S \cdot Z_R}$ di antara saluran *input* dan beban Z_R . Apabila impedansi $Z_S=Z_0$ dan impedansi $Z_R=2Z_0$, maka besarnya impedansi karakteristik saluran *transformer* adalah $\sqrt{Z_0 \cdot 2Z_0} = \sqrt{2Z_0^2} = \sqrt{2}Z_0$.

2.7 Scattering Parameter (S-Parameter)

Scattering parameter atau biasa disingkat s-parameter adalah penggambaran dalam domain frekuensi dari perilaku elektrik sebuah jaringan (Maliniak and LeCroy, 2014). S-parameter dituliskan dalam bentuk bilangan kompleks dengan nilai dan fasa, tetapi biasanya yang menjadi acuan adalah nilai atau besarnya saja. S-parameter mengacu pada perbandingan antara tegangan keluar dan tegangan masuk. S-parameter ditampilkan dalam bentuk matriks dengan jumlah baris dan kolom sama dengan jumlah *port*.

S-parameter dalam bentuk matriks (biasa disebut s-matrix) untuk jaringan dengan N -*port* dituliskan sebagai berikut (Pozar, 2011),

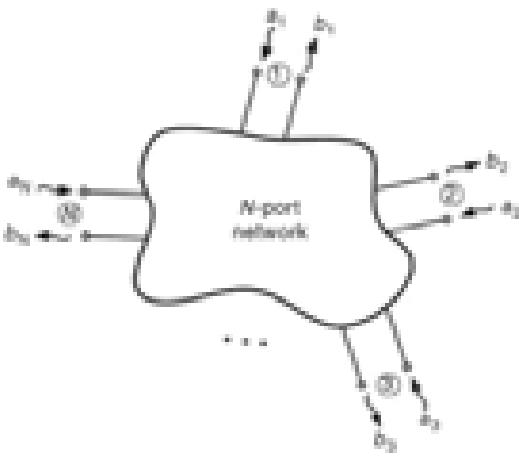
$$\begin{bmatrix} V^- \\ V^- \\ \vdots \\ V^- \end{bmatrix} = [S] \cdot \begin{bmatrix} V^+ \\ V^+ \\ \vdots \\ V^+ \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

atau,

$$\begin{bmatrix} V_1^- \\ V_2^- \\ \vdots \\ V_N^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1N} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{N1} & S_{N2} & \cdots & S_{NN} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_1^+ \\ V_2^+ \\ \vdots \\ V_N^+ \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

$$S_{ij} = \left. \frac{V_i^-}{V_j^+} \right|_{V_k^+=0(k \neq j)} \quad (2.16)$$

dengan V_n^+ adalah amplitudo tegangan gelombang datang pada *port* ke- n dan V_n^- adalah amplitudo tegangan gelombang pantul pada *port* ke- n .



Gambar 2.8 Jaringan dengan *N-Port*

(Sumber: Nguyen, 2015)

S_{ii} adalah koefisien pantul pada *port i* ketika semua *port* selain *port i* dihubungkan dengan beban yang sesuai, sedangkan S_{ij} adalah koefisien transmisi dari *port j* menuju *port i* ketika semua *port* selain *port j* dihubungkan dengan beban yang sesuai. Jika perangkat merupakan perangkat pasif maka matriks *scattering*-nya akan simetris ($S_{ij}=S_{ji}$).

Pada *power divider* nilai S_{11} , S_{22} , S_{33} merepresentasikan *return loss* pada *port 1*, *2*, dan *3*. S_{21} dan S_{31} merepresentasikan *insertion loss*. S_{23} merepresentasikan isolasi antara *port 2* dan *port 3*.

2.8 Parameter Power Divider

2.8.1 Return Loss

Ketika terjadi kondisi tidak sesuai (*missmatch*) pada saluran transmisi, daya yang dikirimkan akan dipantulkan kembali oleh beban sehingga daya yang diterima tidak sesuai dengan daya yang dikirimkan. Rugi-rugi ini disebut sebagai *return loss*. Nilai dari *return loss* dalam dB sebesar (Pozar, 2011),

$$RL = -20 \log|\Gamma| \text{ (dB)} \quad (2.17)$$

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} \quad (2.18)$$

Γ adalah koefisien pantul yaitu perbandingan antara amplitudo tegangan gelombang pantul (V_0^-) dan amplitudo tegangan gelombang yang dikirimkan (V_0^+). Jika impedansi sumber dan beban sesuai ($\Gamma=0$), nilai *return loss*-nya

sebesar ∞ dB (tidak ada daya yang dipantulkan). Sedangkan jika daya yang dikirimkan dipantulkan seluruhnya ($\Gamma=1$) maka nilai *return loss*nya sebesar 0 dB.

Ukuran dari ketidak sesuaian (*missmatch*) pada saluran transmisi disebut dengan *Standing Wave Ratio* (SWR). Nilai ini juga dikenal sebagai *voltage standing wave ratio* (VSWR). Besar nilai SWR adalah $1 \leq \text{VSWR} \leq \infty$ dan jika beban sesuai maka nilai SWR=1.

$$\text{SWR} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{V_0^+ + V_0^-}{V_0^+ - V_0^-} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.19)$$

2.8.2 *Insertion Loss*

Insertion loss atau rugi-rugi sisipan pada *power divider* adalah rugi-rugi tambahan di atas rugi-rugi nominal akibat pembagian. Sebagai contoh *insertion loss* pada 3 dB *power divider* ditetapkan bernilai 0,5 dB, hal ini berarti besar kedua sinyal keluaran masing-masing berkisar -3,5 dBm. Rugi-rugi tambahan muncul disebabkan oleh pantulan, absorpsi dielektrik, efek radiasi, dan rugi-rugi konduktor. Desain *broadband* cenderung memiliki nilai *insertion loss* yang tinggi karena dari segi bentuk merupakan perangkat yang panjang sehingga memiliki rugi-rugi dielektrik, radiasi, dan konduktor yang lebih besar. Rugi-rugi konduktor pada perangkat frekuensi tinggi disebabkan oleh *skin effect* dan tingkat kekasaran permukaan lapisan konduktor PCB.

Nilai dari *insertion loss* dalam dB dituliskan dalam Persamaan (2.20) (Freeman, 2005).

$$\text{Insertion loss}_{\text{dB}} = 10 \log (p_0/p_2) \quad (2.20)$$

p_0 = Daya yang dikirimkan dari sumber.

p_2 = Daya yang diterima pada beban.

Insertion loss juga dapat dituliskan sebagai perbandingan antar tegangan yang nilainya,

$$\text{Insertion loss}_{\text{dB}} = 20 \log (E_0/E_2) \quad (2.21)$$

E_0 = Tegangan pada sumber.

E_2 = Tegangan pada beban.

2.8.3 Isolasi

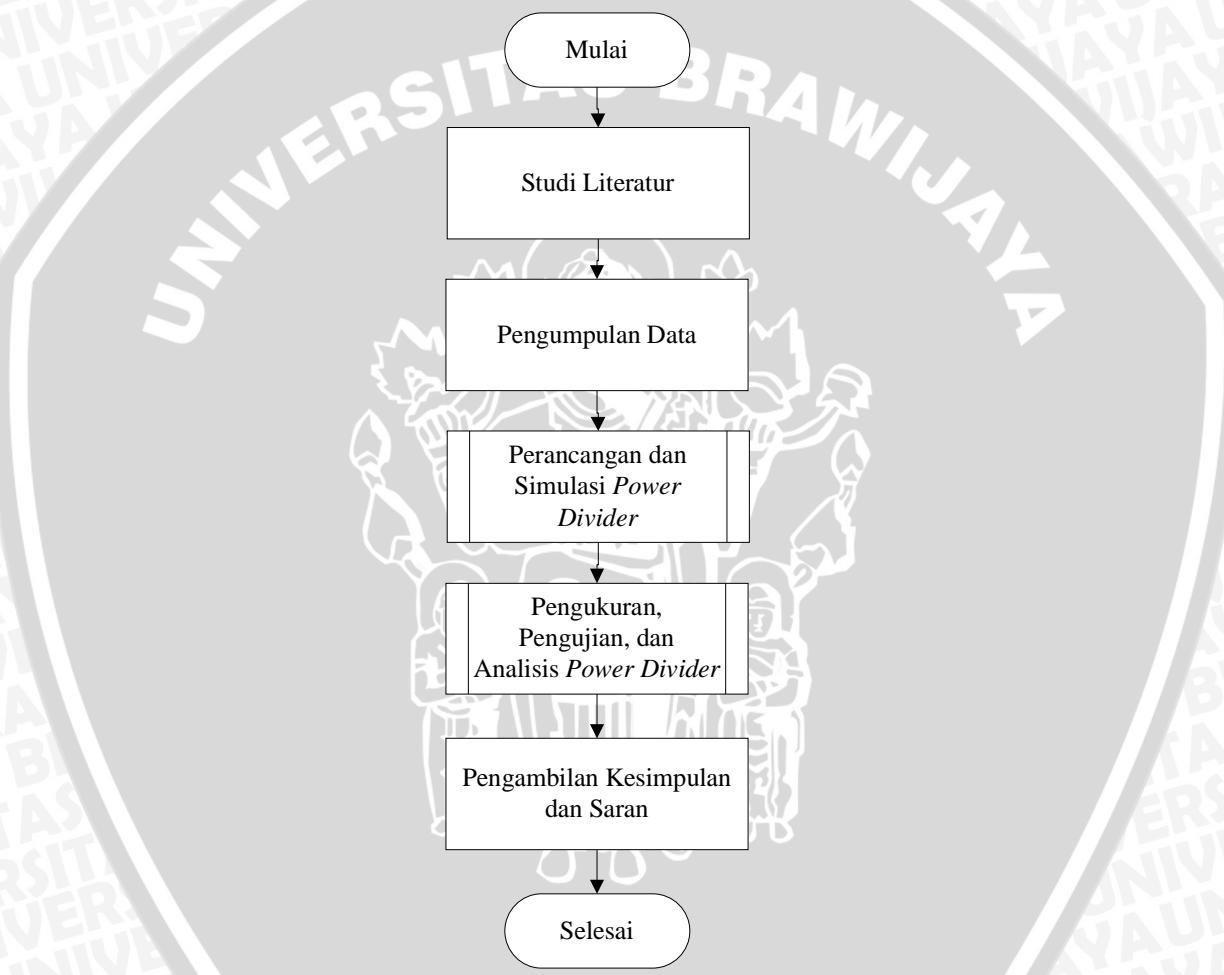
Power divider yang ideal *port* keluarannya saling terisolasi. Hal ini berarti sinyal yang masuk pada *port* 2 tidak bocor ke *port* 3. Isolasi didefinisikan sebagai perbandingan antara sinyal yang masuk *port output* pertama yang diukur pada *port output* kedua, dengan asumsi impedansi semua *port* sesuai. Wilkinson *power divider* memiliki isolasi yang tinggi antar *port* keluarannya sehingga dalam kondisi sesuai (*match*) nilai dari $S_{23}=S_{32}=0$.



BAB III

METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah mengenai perancangan dan pembuatan *power divider* dengan jenis saluran mikrostrip pada frekuensi 479 – 799 MHz. Metodologi yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

3.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami mengenai desain dan analisis Wilkinson *power divider* dengan jenis saluran mikrostrip pada frekuensi 479 – 799 MHz.

3.2 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan pada penyusunan skripsi ini adalah berupa data primer dan data sekunder.

3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data-data yang diperoleh dari simulasi hasil dan pengukuran secara praktik.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data-data yang diperoleh dari studi literatur (buku, jurnal, atau internet). Data sekunder lain yang diperlukan dalam kajian ini antara lain:

- Spesifikasi dari dimensi substrat, yang meliputi:
 - a) Bahan substrat yang digunakan adalah Epoxy fiberglass – FR4.
 - b) Konstanta dielektrik relatif substrat Epoxy fiberglass – FR4.
 - c) Ketebalan lapisan dielektrik substrat Epoxy fiberglass – FR4.
- Spesifikasi dari bahan konduktor yang meliputi:
 - a) Konduktor yang digunakan adalah tembaga.
 - b) Konduktifitas tembaga.

3.3 Perancangan Dimensi *Power Divider* dan Simulasi Menggunakan Program CST 2014

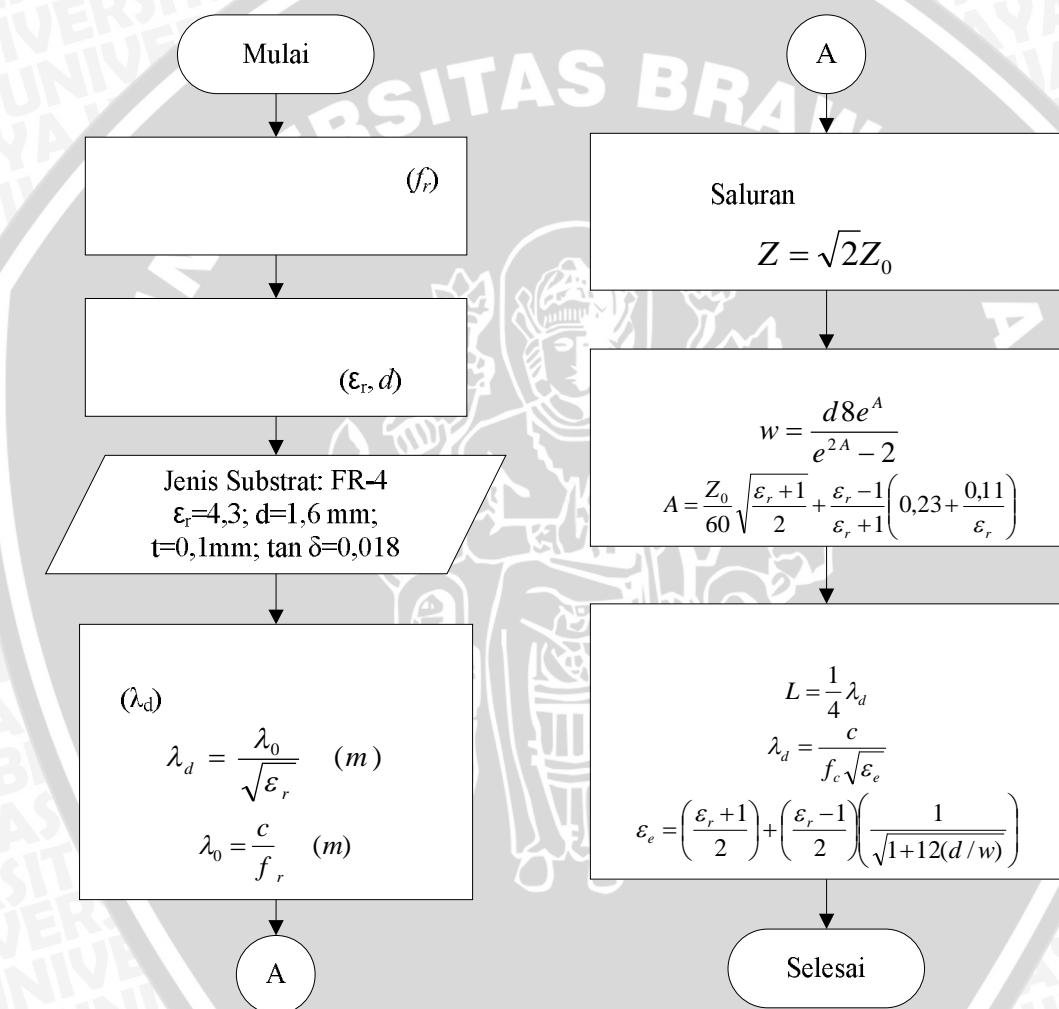
Perancangan *power divider* dilakukan secara matematis berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Hasil perancangan secara matematis kemudian disimulasikan menggunakan *software* CST 2014 untuk mengetahui parameter-parameter *power divider*. Tahap perancangan dan simulasi ini merupakan tahap yang penting untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah telah memenuhi spesifikasi yang telah direncanakan. Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Bahan Epoxy fiberglass – FR4
- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Konstanta dielektrik (ϵ_r) | $= 4,3$ |
| Ketebalan dielektrik (h) | $= 1,6 \text{ mm}$ |
| Loss tangen ($\tan \delta$) | $= 0,018$ |

- Bahan konduktor tembaga:
Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,1 mm
Konduktivitas tembaga (σ) = $5,8 \times 10^7$ mho m^{-1}

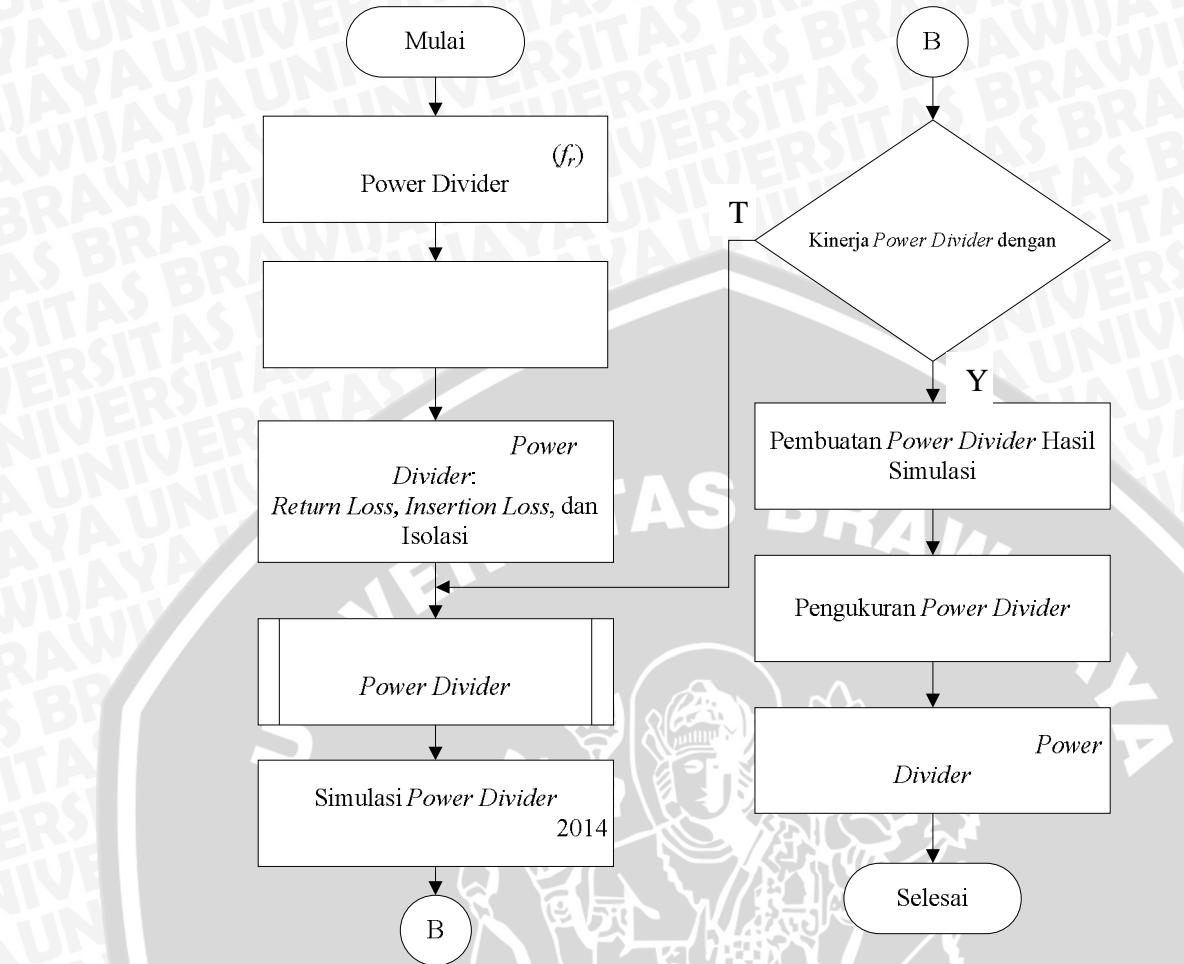
Sedangkan spesifikasi *power divider* yang akan dirancang adalah:

- Frekuensi kerja : 479 – 799 MHz
- Return loss* : ≤ -15 dB
- Isolasi *port output* : ≤ -15 dB



Gambar 3.2 Diagram Alir Perhitungan Dimensi Saluran *Power Divider*





Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan, Pembuatan, dan Analisis *Power Divider*

3.4 Pengujian

Pengujian dilakukan melalui pengukuran terhadap beberapa parameter *power divider* pada frekuensi kerjanya. Pengukuran terhadap *power divider* yang sudah difabrikasi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja *power divider* yang sebenarnya. Pengukuran ini meliputi *return loss*, *insertion loss*, dan isolasi *port output power divider*. Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran tersebut antara lain:

1. Agilent N9923A FieldFox Handheld RF Vector Network Analyzer
2. Adapter N to BNC
3. Kabel RG 6
4. Terminator 75Ω

3.4.1 Pengukuran *Return Loss*

Pada pengukuran *return loss* ini akan diperoleh nilai S11, S22, dan S33 yang mana merupakan nilai *return loss* dari masing-masing *port power divider*. S11 adalah *return loss* pada *port 1*, S22 adalah *return loss* pada *port 2*, dan S33 adalah *return loss* pada *port 3*.

3.4.2 Pengukuran *Insertion Loss*

Pada pengukuran *insertion loss* ini akan diperoleh nilai S21 dan S31 yang merupakan nilai *total loss* antara *port input* dan *port output*. S21 adalah nilai *total loss* antara *port 1* dan *port 2*, sedangkan S31 adalah nilai *total loss* antara *port 1* dan *port 3*. Untuk mengetahui nilai *insertion loss*, nilai *total loss* harus dikurangi dengan -3 dB yang mana merupakan nilai rugi-rugi pembagian (*split loss*) untuk *power divider* yang memiliki dua *port output*.

3.4.3 Pengukuran Isolasi *Port Output*

Pada pengukuran isolasi *port output* ini akan diperoleh nilai S23 yang mana merupakan nilai isolasi antara *port 2* dan *port 3 power divider*.

3.5 Analisis

Analisis dilakukan untuk membandingkan hasil pengujian *power divider* menggunakan simulator CST 2014 dengan hasil pengujian *power divider* hasil fabrikasi yang telah diukur untuk mendapatkan performansi *power divider* yang terbaik.

3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan ditulis berdasarkan hasil analisis dari simulasi dan pengujian *power divider* yang dilakukan. Pada bagian ini dijelaskan secara singkat tentang hasil yang telah dicapai beserta saran untuk pengembangan selanjutnya.



BAB IV

PERANCANGAN DAN SIMULASI *POWER DIVIDER*

4.1 Tinjauan Umum

Pada skripsi ini akan dirancang *power divider* mikrostrip pada frekuensi 479 – 799 MHz yang berfungsi untuk membagi daya yang diterima oleh antena penerima siaran televisi dan kemudian menyalurnykannya ke dua *port output power divider*. *Power divider* dirancang dengan terlebih dahulu menentukan jenis substrat yang digunakan, kemudian dilakukan perancangan dimensi saluran transmisi *power divider*. Hasil rancangan tersebut kemudian disimulasikan menggunakan simulator CST *Microwave Studio* 2014 untuk mengetahui kinerja *power divider*. Jika kinerja *power divider* belum menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan, maka dilakukan proses optimasi untuk meningkatkan performansi *power divider*.

4.2 Spesifikasi *Power Divider*

Power divider yang akan dirancang dan disimulasikan memiliki satu *port input* dan dua *port output*, dengan spesifikasi desain sebagai berikut:

- Frekuensi kerja : 479 – 799 MHz
- *Return Loss* : ≤ -15 dB
- Isolasi : ≤ -15 dB

4.3 Spesifikasi Substrat dan Bahan Konduktor

Dalam perancangan *power divider* mikrostrip, perlu diketahui terlebih dahulu mengenai jenis dan spesifikasi bahan substrat yang digunakan. Jenis dan spesifikasi bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Bahan Epoxy fiberglass – FR 4
 - konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,3
 - ketebalan lapisan dielektrik (h) = 1,6 mm
 - *loss tangent* ($\tan \delta$) = 0,018
- b. Bahan pelapis substrat (konduktor) tembaga:
 - ketebalan bahan konduktor (t) = 0,1 mm

- koduktifitas tembaga (σ) = $5,8 \times 10^7$ mho m⁻¹
- c. Impedansi karakteristik *input* = 75Ω
- d. Impedansi karakteristik *output* = 75Ω

4.4 Perencanaan Dimensi *Power Divider*

Jenis saluran transmisi *power divider* yang akan dirancang pada skripsi ini adalah jenis saluran mikrostrip dengan frekuensi kerja 479 – 799 MHz.

4.4.1 Perencanaan Impedansi Karakteristik Saluran *Transformer*

Perhitungan impedansi karakteristik saluran *transformer* diperoleh dengan menggunakan persamaan $\sqrt{2}Z_0$, sehingga didapat besar impedansi karakteristik saluran *transformer* adalah:

$$\begin{aligned} Z_{0_T} &= \sqrt{2}Z_0 \\ Z_{0_T} &= \sqrt{2} \times 75 \\ Z_{0_T} &= 106,1\Omega \end{aligned}$$

4.4.2 Perencanaan Dimensi Saluran *Transformer*

Untuk menghitung dimensi saluran *transformer* menggunakan Persamaan (2.2) – (2.7). Adapun hasil perhitungannya adalah:

- **Lebar Saluran**

$$A = \frac{Z_{0_T}}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right)$$

$$A = \frac{106,1}{60} \sqrt{\frac{4,3 + 1}{2}} + \frac{4,3 - 1}{4,3 + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{4,3} \right)$$

$$A = 3,037$$

$$w = \frac{8de^A}{e^{2A} - 2}$$

$$w = \frac{8 \times 1,6 \times e^{3,037}}{e^{2 \times 3,037} - 2}$$

$$w = 0,6mm$$



- Panjang Saluran

$$L = \frac{1}{4} \lambda_d$$

$$L = \frac{1}{4} \frac{c}{f_c \sqrt{\varepsilon_e}}$$

$$\varepsilon_e = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12(d/w)}}$$

$$\varepsilon_e = 2,937$$

$$L = \frac{1}{4} \frac{3 \times 10^8}{0,639 \times 10^9 \sqrt{2,937}}$$

$$L = 68,5 \text{ mm}$$

4.4.3 Perencanaan Dimensi Saluran Input dan Output

Untuk menghitung dimensi saluran *input* dan *output* menggunakan persamaan (2.3) dan (2.4). Adapun hasil perhitungannya adalah:

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\varepsilon_r + 1}{2}} + \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\varepsilon_r} \right)$$

$$A = \frac{75}{60} \sqrt{\frac{4,3 + 1}{2}} + \frac{4,3 - 1}{4,3 + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{4,3} \right)$$

$$A = 2,19$$

$$w = \frac{8de^A}{e^{2A} - 2}$$

$$w = \frac{8 \times 1,6 \times e^{2,19}}{e^{2 \times 2,19} - 2}$$

$$w = 1,45 \text{ mm}$$

4.4.4 Perencanaan Nilai Resistor Isolasi

Adapun besar resistansi resistor isolasi adalah:

$$R = 2Z_0$$

$$R = 2 \times 75$$

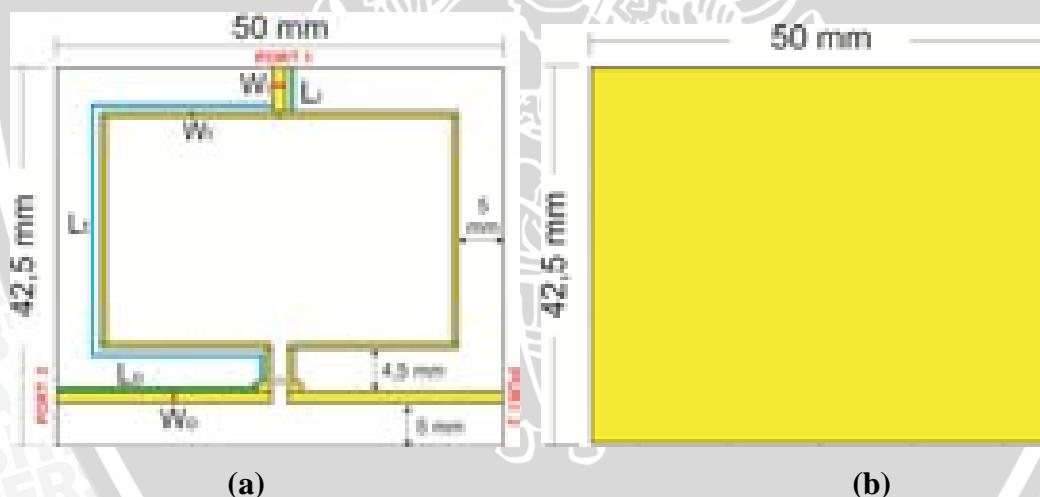
$$R = 150\Omega$$

4.5 Simulasi dan Optimasi *Power Divider*

Perancangan *power divider* dilakukan secara sistematis berdasarkan pada referensi yang diperoleh dari hasil studi literatur. Setelah didapatkan dimensi awal saluran pada *power divider*, kemudian dilakukan proses simulasi untuk mengetahui kinerja *power divider* berdasarkan parameternya. Simulasi dilakukan menggunakan simulator CST *Microwave Studio* 2014. Dimensi *power divider* berdasarkan hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 4.1 dengan spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Langkah-langkah perancangan dan simulasi dengan simulator CST *Microwave Studio* 2014 adalah sebagai berikut:

1. Membuka program simulator CST *Microwave Studio* 2014.
2. Menentukan parameter dasar.
3. Membuat *power divider* sesuai dengan dimensi yang telah dihitung.
4. Melakukan simulasi pada rentang frekuensi yang telah ditentukan.
5. Melakukan tabulasi parameter hasil simulasi sebelum dilakukan analisis.



Gambar 4.1 Dimensi *Power Divider* (Sebelum Optimasi)

(a) Tampak Depan; (b) Tampak Belakang

(Sumber: Perancangan)



Tabel 4.1 Spesifikasi Dimensi *Power Divider* (Sebelum Optimasi)

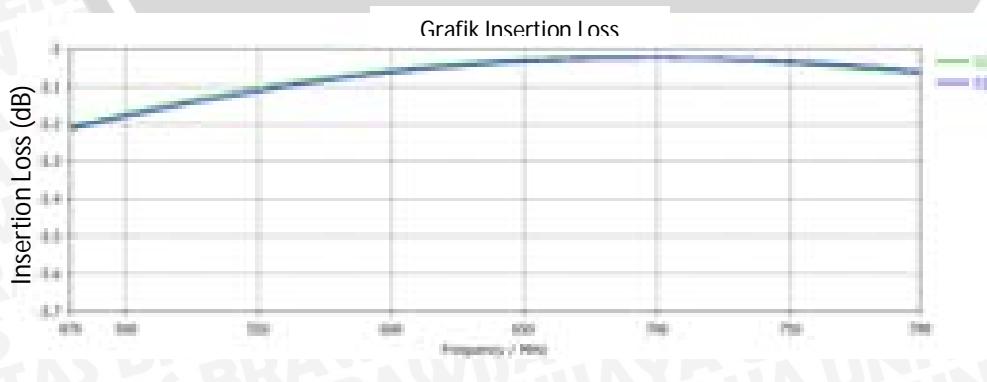
Lambang Dimensi	Nama Dimensi	Ukuran (mm)
Wi	Lebar Saluran <i>Input</i>	1,45
Wt	Lebar Saluran <i>Transformer</i>	0,6
Wo	Lebar Saluran <i>Output</i>	1,45
Li	Panjang Saluran <i>Input</i>	5
Lt	Panjang Saluran <i>Transformer</i>	68,5
Lo	Panjang Saluran <i>Output</i>	23,55

Setelah disimulasikan dengan menggunakan simulator CST *Microwave Studio* 2014, didapatkan hasil S-Parameter seperti pada Grafik 4.1.

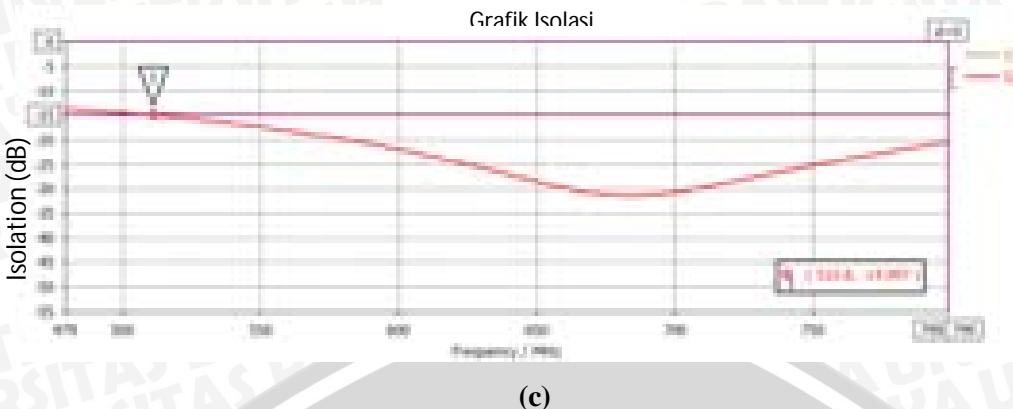
Hasil simulasi pada Grafik 4.1 menunjukkan bahwa *power divider* belum sepenuhnya memenuhi spesifikasi awal untuk difabrikasi. Dapat dilihat pada Grafik 4.1 (a) bahwa pada frekuensi 479 – 485 MHz nilai $S_{11} > -15$ dB, sedangkan pada Grafik 4.1 (c) dapat dilihat bahwa pada frekuensi 479 – 510,8 MHz nilai $S_{23} > -15$ dB, sehingga masih perlu dilakukan proses optimasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi awal.



(a)



(b)



Grafik 4.1 Hasil Simulasi *Power Divider* Sebelum Optimasi
(a) Return Loss; (b) Insertion Loss; (c) Isolasi Port Output
(Sumber: Perancangan)

4.5.1 Optimasi Dimensi Saluran *Transformer*

Pada proses optimasi, yang dijadikan acuan adalah *bandwidth* dari *power divider*. Hal ini berdasarkan pada tujuan penelitian yaitu menghasilkan *power divider* yang bekerja pada frekuensi 479 – 799 MHz. Optimasi dilakukan dengan mengubah dimensi panjang saluran *transformer* (*Lt*) *power divider* yang dirancang untuk mendapatkan hasil yang diinginkan pada frekuensi kerja 479 – 799 MHz, dimana dimensi *power divider* yang lain tetap sesuai dengan perhitungan sebelumnya. Dimensi substrat dan *ground plane* juga ikut berubah mengikuti perubahan panjang saluran *transformer*.

Tabel 4.2 Tabel Optimasi Panjang Saluran *Transformer*

Konfigurasi	Lt (mm)	BW S11 (MHz)	BW S22 (MHz)	BW S33 (MHz)	BW S21 (MHz)	BW S31 (MHz)	BW S23 (MHz)
1	69,5	320	320	320	320	320	292,8
2	70,5	320	320	320	320	320	300,2
3	71,5	320	320	320	320	320	307,3
4	72,5	320	320	320	320	320	313
5	73,5	320	320	320	320	320	320
6	74,5	312,5	320	320	320	320	317

BW = Bandwidth

Berdasarkan hasil dari Tabel 4.2, semua parameter *power divider* pada konfigurasi 5 telah memenuhi *bandwidth* yang telah ditentukan yaitu sebesar 320 MHz yang bekerja pada frekuensi 479 – 799 MHz. Dimensi *power divider* yang

telah dioptimasi ditunjukkan pada Gambar 4.2 dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 4.3.



Gambar 4.2 Dimensi *Power Divider* Setelah Optimasi

(a) Tampak Depan; (b) Tampak Belakang

(Sumber: Perancangan)

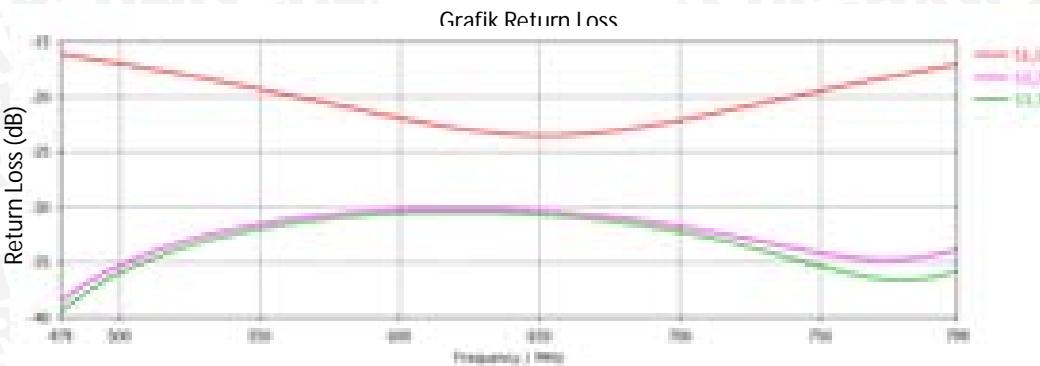
Tabel 4.3 Spesifikasi Dimensi *Power Divider* Setelah Optimasi

Lambang Dimensi	Nama Dimensi	Ukuran (mm)
Wi	Lebar Saluran <i>Input</i>	1,45
Wt	Lebar Saluran <i>Transformer</i>	0,6
Wo	Lebar Saluran <i>Output</i>	1,45
Li	Panjang Saluran <i>Input</i>	5
Lt	Panjang Saluran <i>Transformer</i>	73,5
Lo	Panjang Saluran <i>Output</i>	23,55
-	Lebar <i>Ground Plane</i>	50
-	Panjang <i>Ground Plane</i>	48

4.6 Hasil Simulasi *Power Divider* Setelah Optimasi

Hasil simulasi *power divider* dengan dimensi yang telah dioptimasi adalah sebagai berikut:

a. *Return Loss*



Grafik 4.2 Hasil Simulasi *Return Loss Power Divider* terhadap Frekuensi (Setelah Optimasi)

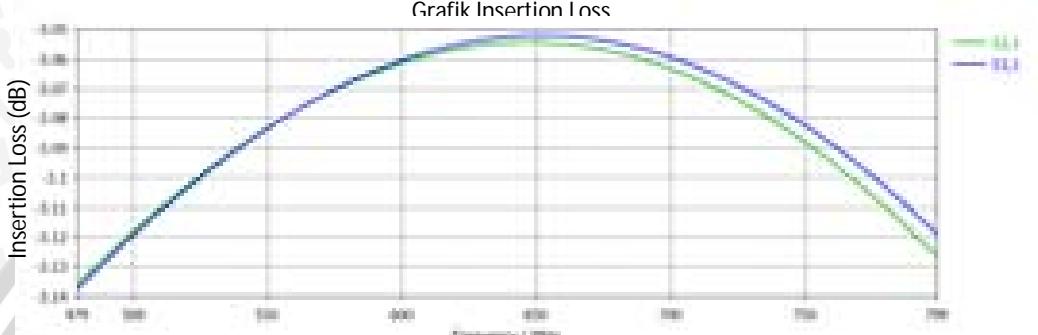
(Sumber: Perancangan)

Tabel 4.4 Nilai S11, S22, dan S33 Hasil Simulasi *Power Divider* untuk Setiap Kanal Frekuensi Penyiaran Televisi

Stasiun TV	Frekuensi (MHz)	S11 (dB)	S22 (dB)	S33 (dB)
TRANS TV	479	-16,19	-38,56	-39,44
RTV	495	-16,81	-35,95	-36,67
Dhamma TV	511	-17,48	-34,15	-34,77
Gajayana TV	527	-18,20	-32,86	-33,39
Global TV	543	-18,97	-31,91	-32,28
atv	559	-19,79	-31,20	-31,64
JTV	575	-20,65	-30,71	-31,11
MNCTV	591	-21,50	-30,38	-30,75
Indosiar	607	-22,31	-30,20	-30,56
RCTI	623	-22,98	-30,15	-30,51
TVRI	639	-23,43	-30,24	-30,59
RCTI (digital)	647	-23,53	-30,34	-30,69
Global TV (digital)				
MNCTV (digital)				
ANTV	655	-23,54	-30,46	-30,82
SCTV	671	-23,3	-30,81	-31,20
TRANS TV (digital)	679	-23,06	-31,04	-31,45
TRANS 7 (digital)				
Batu TV	687	-22,76	-31,30	-31,73
Malang TV	703	-22,01	-31,92	-32,43
MHTV	719	-21,16	-32,65	-33,30
TV One	735	-20,29	-33,47	-34,34
Metro TV	743	-19,85	-33,87	-34,90
UBTV	751	-19,42	-34,25	-35,46
NET.	767	-18,60	-34,75	-36,39
TRANS 7	783	-17,82	-34,67	-36,64
CRTV (TV9)	799	-17,09	-33,87	-35,83

Hasil simulasi *power divider* yang telah dioptimasi menunjukkan bahwa pada masing-masing *port power divider* memiliki nilai *return loss* ≤ -15 dB pada rentang frekuensi 479 – 799 MHz. Nilai *return loss* masing-masing port hasil simulasi dalam bentuk tabel ditunjukkan pada Tabel 4.4.

b. *Insertion Loss*



Grafik 4.3 Hasil Simulasi *Insertion Loss Power Divider* terhadap Frekuensi (Setelah Optimasi)
 (Sumber: Perancangan)

Hasil simulasi *insertion loss power divider* yang telah dioptimasi menunjukkan bahwa nilai *insertion loss* pada rentang frekuensi 479 – 799 MHz antara *port 1* dan *port 2* bernilai antara -0,054 – -0,136 dB dan *insertion loss* antara *port 1* dan *port 3* bernilai antara -0,052 – -0,137 dB. Nilai S21 dan S31 hasil simulasi dalam bentuk tabel ditunjukkan pada Tabel 4.5.

c. Isolasi



Grafik 4.4 Hasil Simulasi Isolasi *Port Output Power Divider* (Setelah Optimasi)
 (Sumber: Perancangan)



Hasil simulasi isolasi *power divider* yang telah dioptimasi menunjukkan bahwa nilai isolasi *power divider* pada rentang frekuensi 479 – 799 MHz telah memenuhi spesifikasi awal yaitu nilai isolasi ≤ -15 dB. Nilai S23 hasil simulasi dalam bentuk tabel ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Nilai S21 dan S31 Hasil Simulasi *Power Divider* untuk Setiap Kanal Frekuensi Penyiaran Televisi

Stasiun TV	Frekuensi (MHz)	S21 (dB)	S31 (dB)
TRANS TV	479	-3,136	-3,137
RTV	495	-3,122	-3,123
Dhamma TV	511	-3,109	-3,110
Gajayana TV	527	-3,097	-3,098
Global TV	543	-3,087	-3,087
atv	559	-3,078	-3,078
JTV	575	-3,070	-3,070
MNCTV	591	-3,064	-3,063
Indosiar	607	-3,059	-3,058
RCTI	623	-3,056	-3,054
TVRI	639	-3,054	-3,052
RCTI (digital)			
Global TV (digital)	647	-3,054	-3,052
MNCTV (digital)			
ANTV	655	-3,054	-3,052
SCTV	671	-3,056	-3,053
TRANS TV (digital)	679	-3,057	-3,054
TRANS 7 (digital)			
Batu TV	687	-3,059	-3,056
Malang TV	703	-3,064	-3,060
MHTV	719	-3,071	-3,066
TV One	735	-3,079	-3,074
Metro TV	743	-3,083	-3,078
UBTV	751	-3,088	-3,083
NET.	767	-3,099	-3,093
TRANS 7	783	-3,112	-3,105
CRTV (TV9)	799	-3,126	-3,118

Tabel 4.6 Nilai S23 Hasil Simulasi *Power Divider* untuk Setiap Kanal Frekuensi

Penyiaran Televisi

Stasiun TV	Frekuensi (MHz)	S23 (dB)
TRANS TV	479	-16,40
RTV	495	-17,26
Dhamma TV	511	-18,22
Gajayana TV	527	-19,27
Global TV	543	-20,46
atv	559	-21,79
JTV	575	-23,29
MNCTV	591	-24,96
Indosiar	607	-26,69
RCTI	623	-28,11
TVRI	639	-28,56
RCTI (digital)	647	-28,29
Global TV (digital)		
MNCTV (digital)		
ANTV	655	-27,72
SCTV	671	-26,14
TRANS TV (digital)	679	-25,27
TRANS 7 (digital)		
Batu TV	687	-24,41
Malang TV	703	-22,79
MHTV	719	-21,35
TV One	735	-20,07
Metro TV	743	-19,48
UBTV	751	-18,93
NET.	767	-17,91
TRANS 7	783	-16,99
CRTV (TV9)	799	-16,16



BAB V

PENGUKURAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN *POWER DIVIDER*

5.1 Tinjauan Umum

Untuk mengetahui karakteristik *power divider* yang telah dirancang dan difabrikasi, maka dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter power divider terhadap frekuensi kerjanya. Setelah diperoleh hasil pengukuran maka dilakukan analisis.

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data karakteristik *power divider* yang telah difabrikasi. Pengukuran yang dilakukan meliputi:

- a. Pengukuran *return loss* (S11, S22, S33)
- b. Pengukuran *insertion loss* (S21, S31)
- c. Pengukuran isolasi *port output* (S23)

Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Antena dan Propagasi Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Adapun alat-alat yang digunakan pada saat pengukuran adalah sebagai berikut:

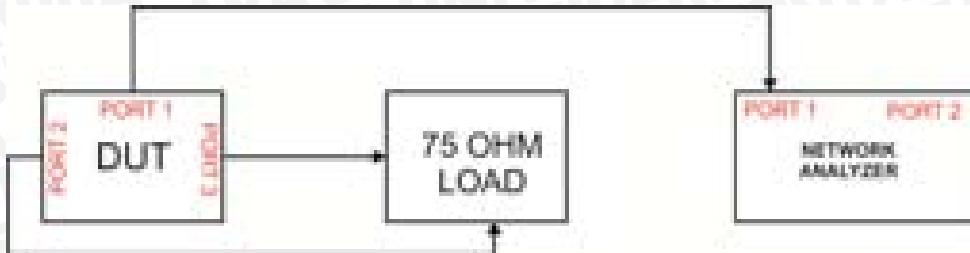
- Agilent N9923A FieldFox *Handheld RF Vector Network Analyzer*
- Adapter N to BNC
- Kabel RG 6
- Terminator 75Ω (sebagai beban)

5.2 Pengukuran *Return Loss*

Pengukuran *return loss* bertujuan untuk mengetahui banyaknya daya yang dipantulkan kembali oleh beban pada masing-masing *port power divider*. Sebelum melakukan pengukuran, hal pertama yang dilakukan yaitu menghidupkan perangkat Agilent N9923A FieldFox *RF Vector Analyzer* dan tunggu untuk beberapa saat. Kemudian mengubah mode perangkat menjadi *network analyzer* dengan cara menekan tombol ‘Mode’ kemudian pilih ‘NA’. Langkah



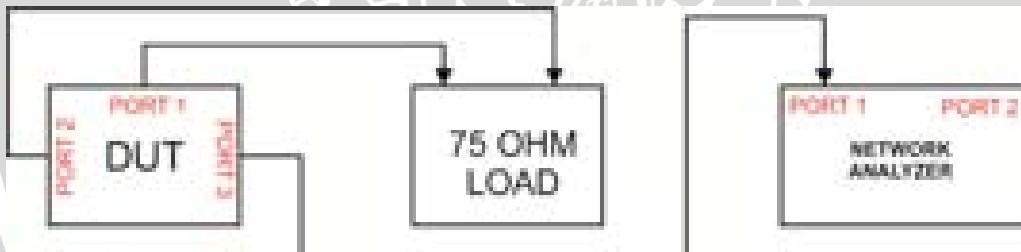
selanjutnya adalah mengatur *range* frekuensi dengan cara menekan tombol ‘Freq/Dist’, kemudian memasukkan nilai frekuensi *start* dan frekuensi *stop*.



Gambar 5.1 Blok Diagram Pengukuran *Return Loss Port 1*

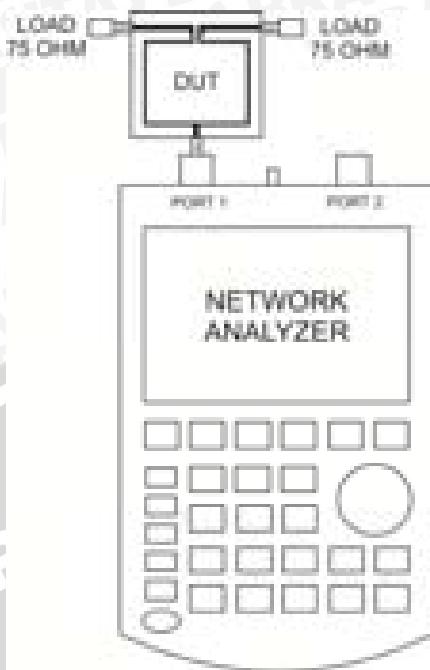


Gambar 5.2 Blok Diagram Pengukuran *Return Loss Port 2*



Gambar 5.3 Blok Diagram Pengukuran *Return Loss Port 3*





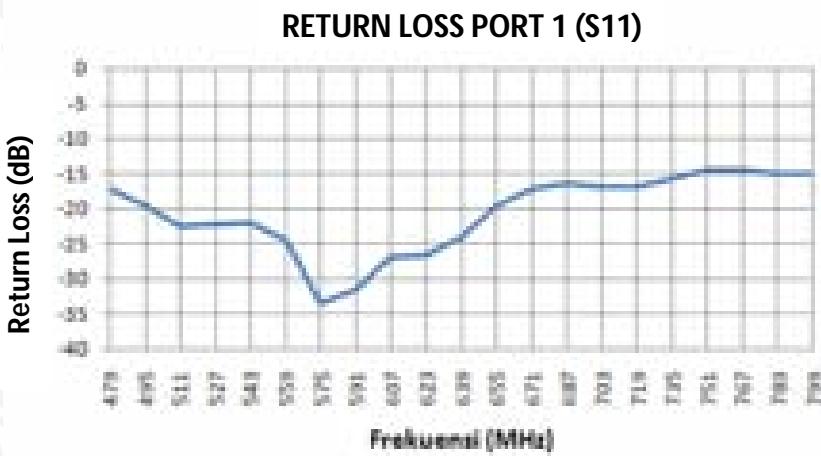
Gambar 5.4 Konfigurasi Pengukuran *Return Loss*

Dalam pengukuran *return loss* langkah pertama yaitu memilih mode pengukuran pada perangkat *network analyzer*. Untuk pengukuran *return loss* dipilih mode pengukuran S11 dengan cara menekan tombol ‘Measure’, kemudian pilih ‘S11’. Langkah kedua yaitu menghubungkan *port 1* *network analyzer* dengan *port 1* (*port input*) *Device Under Test* (DUT). Dalam hal ini DUT adalah *power divider*. Langkah ketiga yaitu menyambungkan *port DUT* yang tidak digunakan dengan beban 75Ω . Langkah keempat, mencatat nilai *return loss* untuk masing-masing frekuensi siaran televisi dari frekuensi 479 – 799 MHz. Langkah kedua sampai dengan langkah keempat diulang untuk mengukur nilai *return loss* pada *port 2* dan *3* (*port output*).

5.2.1 Hasil dan Analisis Pengukuran *Return Loss*

Berdasarkan grafik hasil pengukuran *return loss* pada Grafik 5.1 – 5.3, didapatkan nilai *return loss* minimum *port 1* sebesar -14,38 dB, nilai *return loss* minimum *port 2* sebesar -14,97 dB, dan nilai *return loss* minimum *port 3* sebesar -15,17 dB.

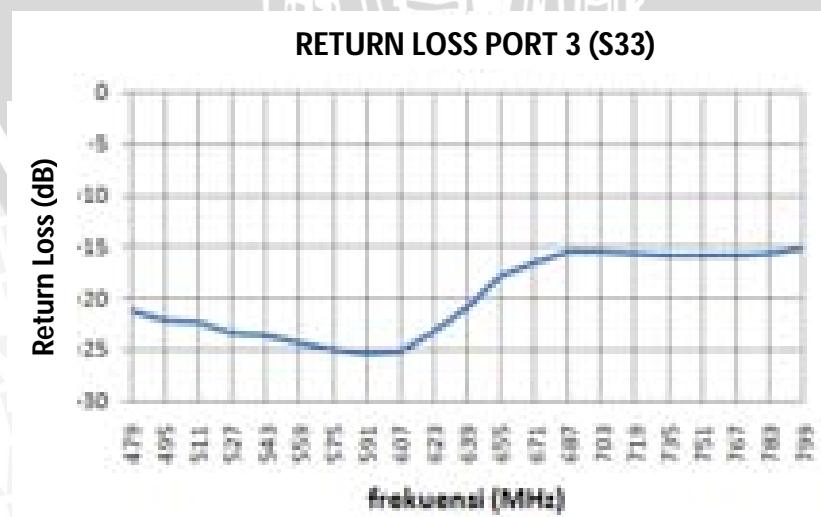




Grafik 5.1 Hasil Pengukuran *Return Loss Port 1*



Grafik 5.2 Hasil Pengukuran *Return Loss Port 2*



Grafik 5.3 Hasil Pengukuran *Return Loss Port 3*



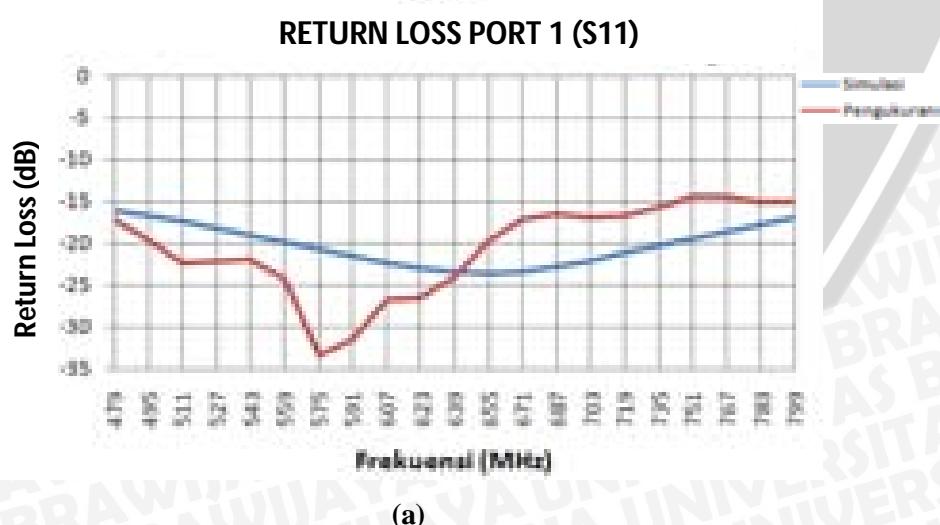
Tabel 5.1 Hasil Pengukuran *Return Loss*

Stasiun TV	Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)		
		Port 1	Port 2	Port 3
TRANS TV	479	-17,07	-19,32	-21,32
RTV	495	-19,64	-19,35	-22,15
Dhamma TV	511	-22,44	-19,39	-22,39
Gajayana TV	527	-22,11	-19,47	-23,47
Global TV	543	-21,93	-19,64	-23,64
atv	559	-24,34	-20,37	-24,37
JTV	575	-33,48	-21,09	-25,09
MNCTV	591	-31,50	-22,25	-25,37
Indosiar	607	-26,76	-22,37	-25,15
RCTI	623	-26,56	-20,27	-23,27
TVRI	639	-24,03	-18,89	-20,89
RCTI (digital)				
Global TV (digital)	647	-21,58	-17,63	-19,13
MNCTV (digital)				
ANTV	655	-19,55	-17,29	-17,89
SCTV	671	-17,10	-16,50	-16,53
TRANS TV (digital)				
TRANS 7 (digital)	679	-16,61	-16,1	-15,87
Batu TV	687	-16,44	-15,71	-15,61
Malang TV	703	-16,81	-15,11	-15,61
MHTV	719	-16,79	-14,97	-15,68
TV One	735	-15,57	-15,26	-15,97
Metro TV	743	-14,95	-15,48	-16,11
UBTV	751	-14,47	-15,64	-15,94
NET.	767	-14,38	-15,68	-15,88
TRANS 7	783	-14,99	-15,47	-15,67
CRTV (TV9)	799	-14,98	-15,21	-15,17

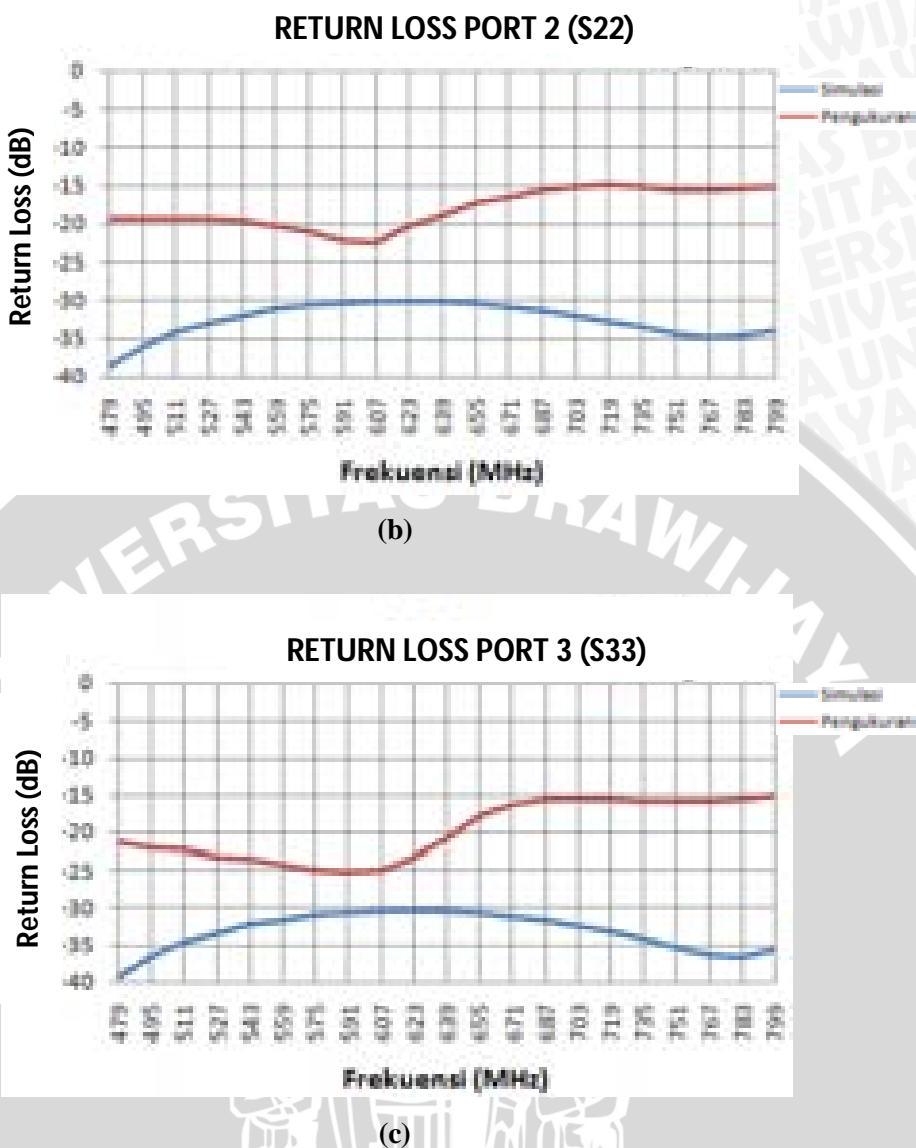


Tabel 5.2 Perbandingan Nilai *Return Loss* Hasil Simulasi dan Pengukuran

Frekuensi (MHz)	S11 (dB)		S22 (dB)		S33 (dB)	
	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
479	-16,19	-17,07	-38,56	-19,32	-39,44	-21,32
495	-16,81	-19,64	-35,95	-19,35	-36,67	-22,15
511	-17,48	-22,44	-34,15	-19,39	-34,77	-22,39
527	-18,20	-22,11	-32,86	-19,47	-33,39	-23,47
543	-18,97	-21,93	-31,91	-19,64	-32,28	-23,64
559	-19,79	-24,34	-31,20	-20,37	-31,64	-24,37
575	-20,65	-33,48	-30,71	-21,09	-31,11	-25,09
591	-21,50	-31,50	-30,38	-22,25	-30,75	-25,37
607	-22,31	-26,76	-30,20	-22,37	-30,56	-25,15
623	-22,98	-26,56	-30,15	-20,27	-30,51	-23,27
639	-23,43	-24,03	-30,24	-18,89	-30,59	-20,89
647	-23,53	-21,58	-30,34	-17,63	-30,69	-19,13
655	-23,54	-19,55	-30,46	-17,29	-30,82	-17,89
671	-23,30	-17,10	-30,81	-16,50	-31,20	-16,53
679	-23,06	-16,61	-31,04	-16,10	-31,45	-15,87
687	-22,76	-16,44	-31,30	-15,71	-31,73	-15,61
703	-22,01	-16,81	-31,92	-15,11	-32,43	-15,61
719	-21,16	-16,79	-32,65	-14,97	-33,30	-15,68
735	-20,29	-15,57	-33,47	-15,26	-34,34	-15,97
743	-19,85	-14,95	-33,87	-15,48	-34,90	-16,11
751	-19,42	-14,47	-34,25	-15,64	-35,46	-15,94
767	-18,60	-14,38	-34,75	-15,68	-36,39	-15,88
783	-17,82	-14,99	-34,67	-15,47	-36,64	-15,67
799	-17,09	-14,98	-33,87	-15,21	-35,83	-15,17



(a)



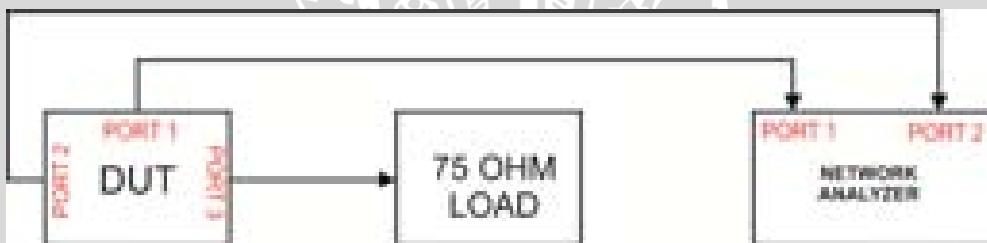
Grafik 5.4 Perbandingan Nilai *Return Loss* Hasil Simulasi dan Pengukuran

(a) Port 1, (b) Port 2, (c) Port 3

Berdasarkan Tabel 5.2 dan Grafik 5.4, dapat dilihat bahwa nilai *return loss* pada port 1 dan 2 *power divider* hasil fabrikasi belum sepenuhnya memenuhi spesifikasi awal yaitu ≤ -15 dB. Sedangkan nilai *return loss port 3* telah memenuhi spesifikasi awal. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai *return loss* yaitu adanya perubahan dimensi saluran *power divider* dari ukuran sebenarnya akibat proses fabrikasi yang kurang sempurna. Perubahan dimensi ini dapat menyebabkan impedansi karakteristik saluran *power divider* tidak sama dengan yang direncanakan pada awalnya, sehingga dapat menimbulkan *missmatch*.

5.3 Pengukuran *Insertion Loss*

Pengukuran *insertion loss* bertujuan untuk mengetahui besar rugi-rugi tambahan di atas rugi-rugi nominal akibat pembagian, antara *port input* dan *port output power divider*. Untuk *power divider* 1:2, nilai rugi akibat pembagian atau *split loss* sebesar -3 dB. Dalam pengukuran *insertion loss* langkah pertama yaitu mengubah mode pengukuran pada perangkat *network analyzer* dengan cara menekan tombol ‘Measure’ kemudian pilih ‘S21’. Langkah kedua yaitu menghubungkan *port 1 DUT* ke *port 1 network analyzer* dan menghubungkan *port 2 DUT* ke *port 2 network analyzer* menggunakan kabel RG 6. Langkah ketiga, menterminasi *port DUT* yang tidak digunakan dengan beban 75Ω. Langkah keempat, mencatat nilai *insertion loss* untuk masing-masing frekuensi siaran televisi dari frekuensi 479 – 799 MHz.

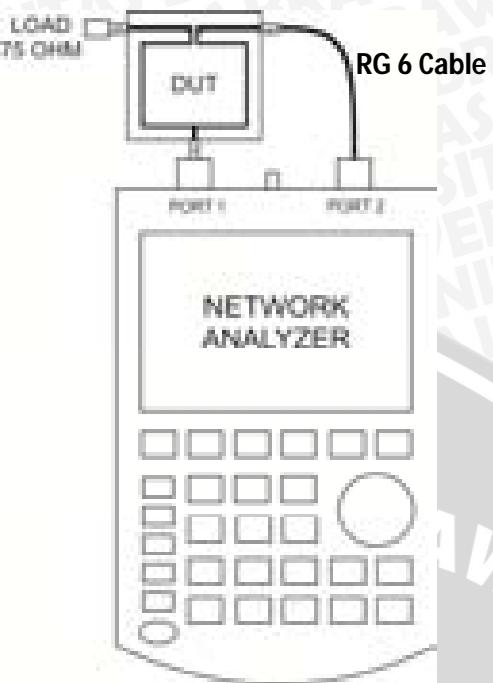


Gambar 5.5 Blok Diagram Pengukuran *Insertion Loss* antara *Port 1* dan *Port 2*



Gambar 5.6 Blok Diagram Pengukuran *Insertion Loss* antara *Port 1* dan *Port 3*

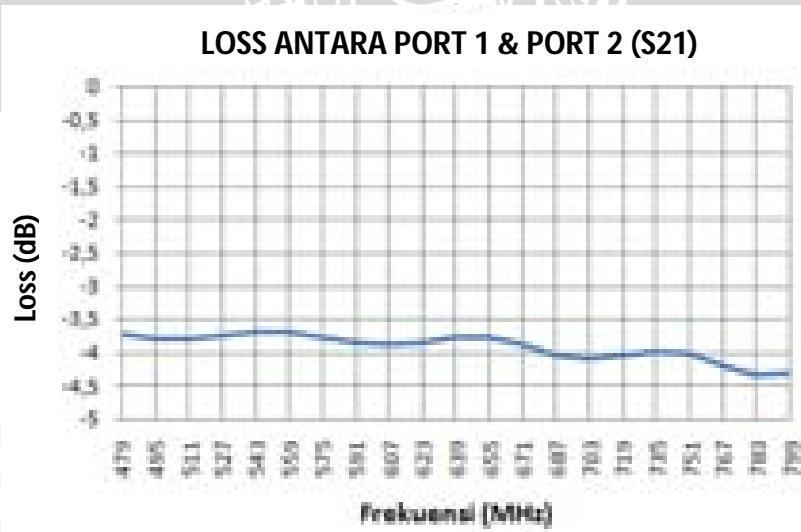




Gambar 5.7 Konfigurasi Pengukuran *Insertion Loss*

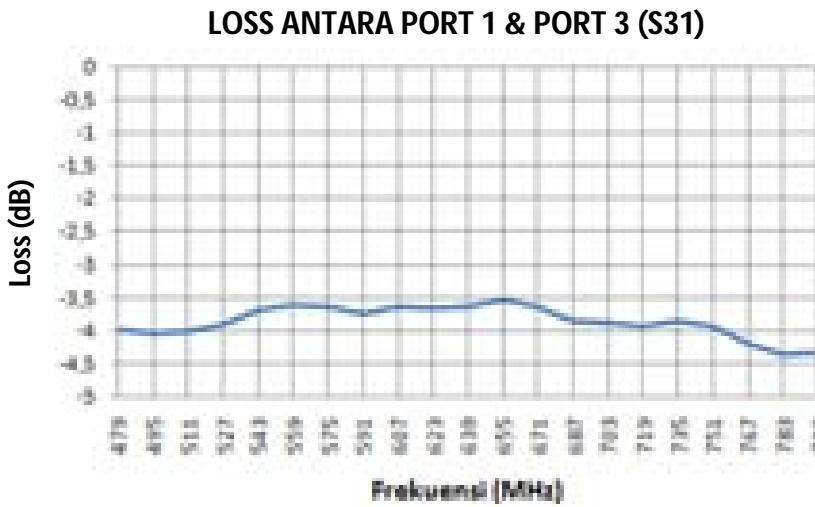
Langkah kedua sampai keempat diulang untuk mengukur nilai *insertion loss* antara *port 1* dan *port 3* DUT, dengan menghubungkan *port 3* DUT ke *port 2* *network analyzer*.

5.3.1 Hasil dan Analisis Pengukuran *Insertion Loss*



Grafik 5.5 Hasil Pengukuran *Insertion Loss* antara *Port 1* dan *Port 2*

Berdasarkan grafik hasil pengukuran *insertion loss* antara *port 1* dan *port 2* pada Grafik 5.5, didapatkan nilai S21 maksimum sebesar -4,35 dB dan nilai S21 minimum sebesar -3,68 dB. Hal ini berarti nilai *insertion loss* antara *port 1* dan *port 2* bernilai -0,68 – -1,35 dB.



Grafik 5.6 Hasil Pengukuran *Insertion Loss* antara *Port 1* dan *Port 3*

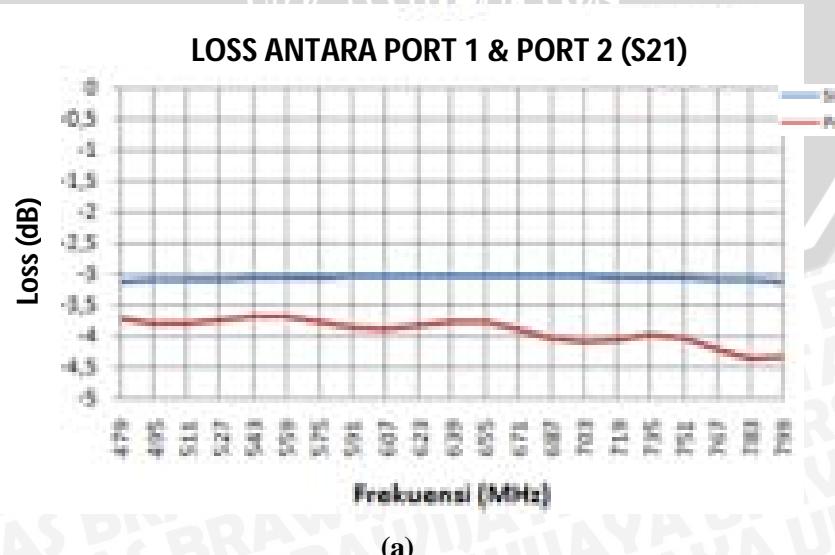
Berdasarkan grafik hasil pengukuran *insertion loss* antara *port 1* dan *port 3* pada Grafik 5.6, didapatkan nilai S31 maksimum sebesar -4,37 dB dan nilai S21 minimum sebesar -3,51 dB. Hal ini berarti nilai *insertion loss* antara *port 1* dan *port 2* bernilai -0,51 – -1,37 dB.

Tabel 5.3 Hasil Pengukuran *Insertion Loss*

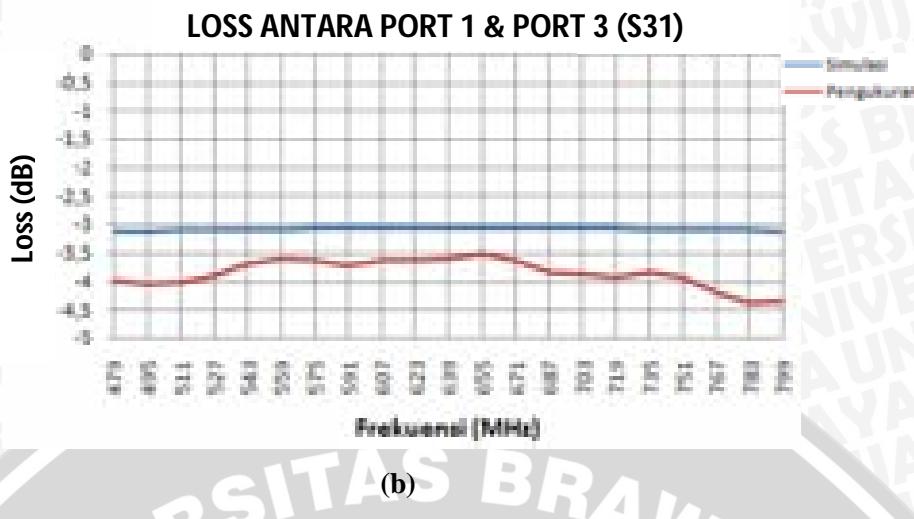
Stasiun TV	Frekuensi (MHz)	S21 (dB)	S31 (dB)
TRANS TV	479	-3,72	-3,97
RTV	495	-3,79	-4,04
Dhamma TV	511	-3,79	-4,01
Gajayana TV	527	-3,73	-3,89
Global TV	543	-3,68	-3,69
atv	559	-3,69	-3,59
JTV	575	-3,77	-3,63
MNCTV	591	-3,85	-3,72
Indosiar	607	-3,88	-3,63
RCTI	623	-3,84	-3,64
TVRI	639	-3,77	-3,61
RCTI (digital)	647	-3,75	-3,54
Global TV (digital)			
MNCTV (digital)			
ANTV	655	-3,77	-3,51
SCTV	671	-3,88	-3,63
TRANS TV (digital)	679	-3,95	-3,80
TRANS 7 (digital)			
Batu TV	687	-4,03	-3,85
Malang TV	703	-4,10	-3,88
MHTV	719	-4,05	-3,94
TV One	735	-3,98	-3,84
Metro TV	743	-3,98	-3,90
UBTV	751	-4,02	-3,94
NET.	767	-4,20	-4,20
TRANS 7	783	-4,35	-4,37
CRTV (TV9)	799	-4,31	-4,33

Tabel 5.4 Perbandingan Nilai *Insertion Loss* Hasil Simulasi dan Pengukuran

Frekuensi (MHz)	S21 (dB)		S31 (dB)	
	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
479	-3,136	-3,72	-3,137	-3,97
495	-3,122	-3,79	-3,123	-4,04
511	-3,109	-3,79	-3,110	-4,01
527	-3,097	-3,73	-3,098	-3,89
543	-3,087	-3,68	-3,087	-3,69
559	-3,078	-3,69	-3,078	-3,59
575	-3,070	-3,77	-3,070	-3,63
591	-3,064	-3,85	-3,063	-3,72
607	-3,059	-3,88	-3,058	-3,63
623	-3,056	-3,84	-3,054	-3,64
639	-3,054	-3,77	-3,052	-3,61
647	-3,054	-3,75	-3,052	-3,54
655	-3,054	-3,77	-3,052	-3,51
671	-3,056	-3,88	-3,053	-3,63
679	-3,057	-3,95	-3,054	-3,80
687	-3,059	-4,03	-3,056	-3,85
703	-3,064	-4,10	-3,060	-3,88
719	-3,071	-4,05	-3,066	-3,94
735	-3,079	-3,98	-3,074	-3,84
743	-3,083	-3,98	-3,078	-3,90
751	-3,088	-4,02	-3,083	-3,94
767	-3,099	-4,20	-3,093	-4,20
783	-3,112	-4,35	-3,105	-4,37
799	-3,126	-4,31	-3,118	-4,33



(a)



Grafik 5.7 Perbandingan Nilai *Insertion Loss* Hasil Simulasi dan Pengukuran

(a) Port 1-2, (b) Port 1-3

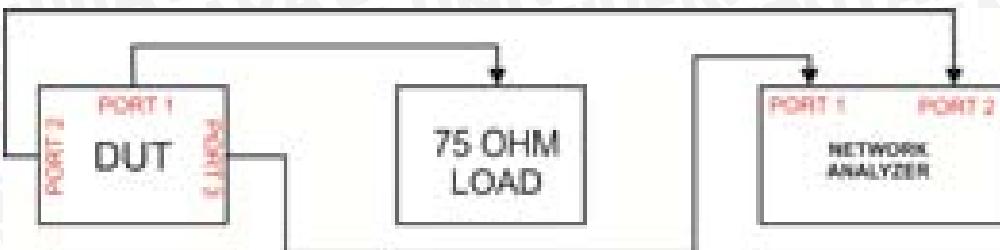
Berdasarkan Tabel 5.4 dan Grafik 5.7, dapat dilihat bahwa nilai *insertion loss power divider* hasil fabrikasi cenderung tinggi dibandingkan dengan nilai *insertion loss* hasil simulasi. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai *insertion loss* pada *power divider* yaitu, pantulan, rugi-rugi dielektrik, dan rugi-rugi konduktor. Untuk desain *broadband* cenderung memiliki nilai *insertion loss* yang tinggi dikarenakan memiliki dimensi saluran yang panjang sehingga akan menghasilkan lebih banyak rugi-rugi dielektrik dan konduktor. Pada frekuensi tinggi, rugi-rugi konduktor dipengaruhi oleh kekasaran permukaan jalur pada PCB.

5.4 Pengukuran Isolasi *Port Output*

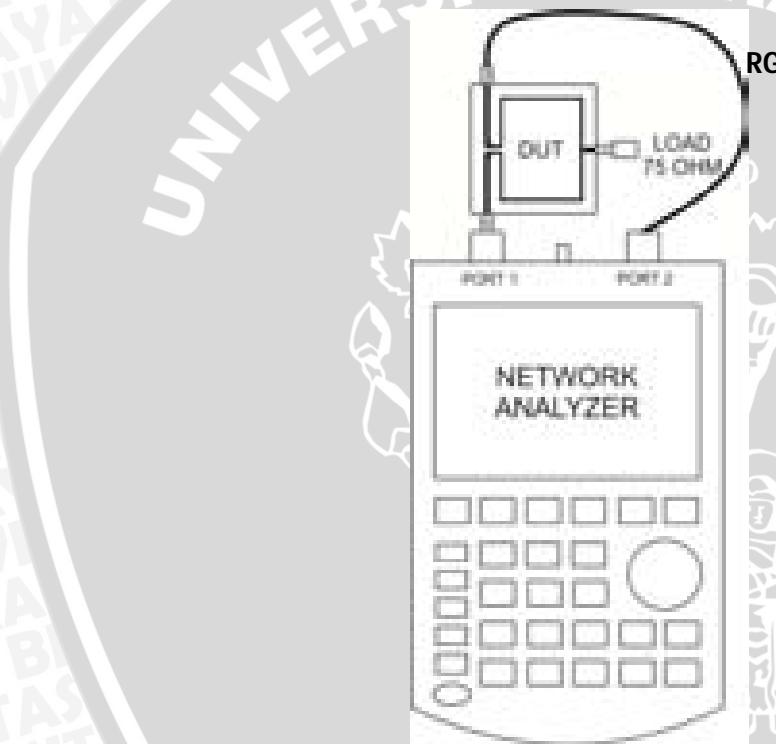
Pengukuran isolasi *port output* dilakukan untuk mengetahui besarnya sinyal yang diterima pada *port output* ke-2 ketika ada sinyal yang masuk melalui *port output* ke-1 atau sebaliknya. *Power divider* yang ideal, antar *port output*-nya saling terisolasi sehingga tidak ada sinyal yang masuk ke *port output* ke-1 dari *port output* ke-2 dan sebaliknya. Dalam pengukuran isolasi langkah pertama yaitu memilih mode pengukuran pada perangkat *network analyzer*. Untuk pengukuran isolasi *port output* dapat menggunakan mode pengukuran S21 atau mode S12, namun dalam skripsi ini menggunakan mode S21. Langkah kedua yaitu menghubungkan *port 3 DUT* ke *port 1 network analyzer* dan menghubungkan *port 2 DUT* ke *port 2 network analyzer* menggunakan kabel RG 6. Langkah



ketiga, menterminasi *port* DUT yang tidak digunakan dengan beban 75Ω . Langkah keempat, mencatat nilai isolasi untuk masing-masing frekuensi siaran televisi dari frekuensi 479 – 799 MHz.

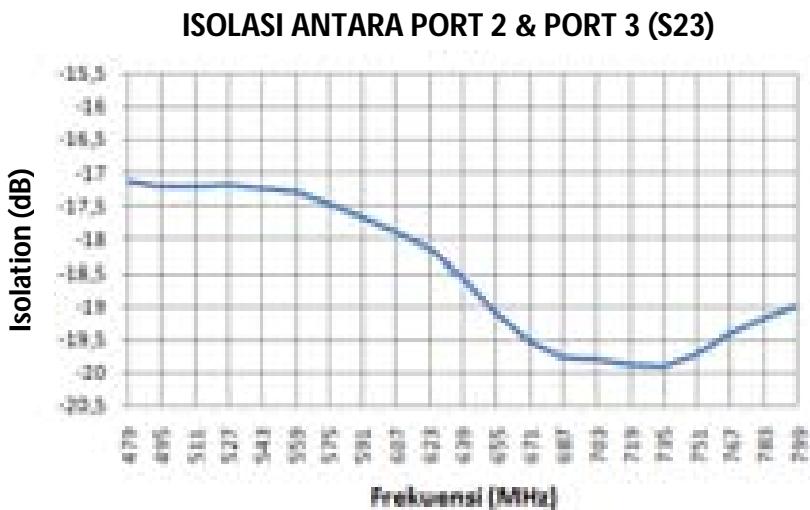


Gambar 5.8 Blok Diagram Pengukuran Isolasi antara *Port 2* dan *Port 3*



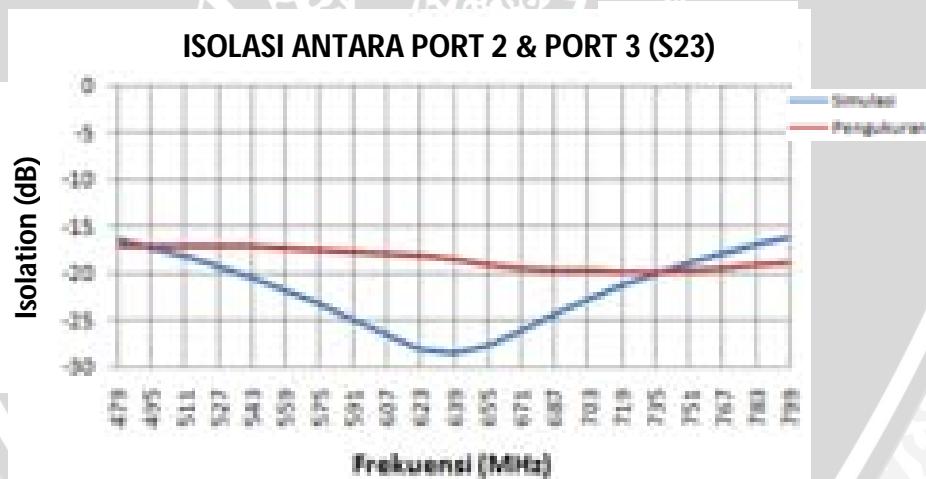
Gambar 5.9 Konfigurasi Pengukuran Isolasi *Port Output*

5.4.1 Hasil dan Analisis Pengukuran Isolasi Port Output



Grafik 5.8 Hasil Pengukuran Isolasi Port Output

Berdasarkan grafik pengukuran isolasi antar *port output power divider* pada Grafik 5.8, didapatkan nilai isolasi minimum antar *port output* sebesar -17,12 dB. Untuk nilai isolasi *port output* hasil pengukuran dalam bentuk tabel ditunjukkan pada Tabel 5.5.



Grafik 5.9 Perbandingan Nilai Isolasi antar Port Output Power Divider Hasil Simulasi dan Pengukuran

Tabel 5.5 Hasil Pengukuran Isolasi Port Output

Stasiun TV	Frekuensi (MHz)	S23 (dB)
TRANS TV	479	-17,12
RTV	495	-17,20
Dhamma TV	511	-17,19
Gajayana TV	527	-17,17
Global TV	543	-17,22
atv	559	-17,29
JTV	575	-17,47
MNCTV	591	-17,68
Indosiar	607	-17,88
RCTI	623	-18,15
TVRI	639	-18,57
RCTI (digital)	647	-18,87
Global TV (digital)		
MNCTV (digital)		
ANTV	655	-19,11
SCTV	671	-19,55
TRANS TV (digital)	679	-19,68
TRANS 7 (digital)		
Batu TV	687	-19,78
Malang TV	703	-19,81
MHTV	719	-19,89
TV One	735	-19,92
Metro TV	743	-19,86
UBTV	751	-19,73
NET.	767	-19,43
TRANS 7	783	-19,17
CRTV (TV9)	799	-19,00

Tabel 5.6 Perbandingan Nilai Isolasi *Port Output* Hasil Simulasi dan Pengukuran

Frekuensi (MHz)	S23 (dB)	
	Simulasi	Pengukuran
479	-16,40	-17,12
495	-17,26	-17,20
511	-18,22	-17,19
527	-19,27	-17,17
543	-20,46	-17,22
559	-21,79	-17,29
575	-23,29	-17,47
591	-24,96	-17,68
607	-26,69	-17,88
623	-28,11	-18,15
639	-28,56	-18,57
647	-28,29	-18,87
655	-27,72	-19,11
671	-26,14	-19,55
679	-25,27	-19,68
687	-24,41	-19,78
703	-22,79	-19,81
719	-21,35	-19,89
735	-20,07	-19,92
743	-19,48	-19,86
751	-18,93	-19,73
767	-17,91	-19,43
783	-16,99	-19,17
799	-16,16	-19,00

Berdasarkan Tabel 5.6 dan Grafik 5.9, nilai isolasi *port output power divider* hasil fabrikasi cenderung menurun dibandingkan dengan hasil simulasi. Meskipun nilainya cenderung menurun, nilai isolasi *port output power divider* hasil fabrikasi telah memenuhi spesifikasi awal yaitu ≤ -15 dB. Faktor yang mempengaruhi nilai isolasi antara lain adalah adanya perubahan dimensi saluran *power divider* dari ukuran sebenarnya akibat proses fabrikasi yang kurang sempurna, sehingga menyebabkan impedansi karakteristik saluran *power divider* tidak sama dengan yang direncanakan pada awalnya dan terjadi *missmatch*.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, pengukuran, dan analisis power divider, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Power divider yang dirancang memiliki dimensi sebagai berikut:
 - Lebar saluran *input* = 1,45 mm
 - Lebar saluran *output* = 1,45 mm
 - Lebar saluran *transformer* = 0,6 mm
 - Lebar *ground plane* = 50 mm
 - Panjang saluran *input* = 5 mm
 - Panjang saluran *output* = 23,55 mm
 - Panjang saluran *transformer* = 73,5 mm
 - Panjang *ground plane* = 48 mm
2. Hasil Simulasi pada rentang frekuensi 479 – 799 MHz menunjukkan bahwa *power divider* dapat bekerja secara optimal pada rentang frekuensi tersebut, dengan hasil simulasi sebagai berikut:
 - a. *Return loss*. S11 minimum = -16,19 dB, S22 minimum = -30,2 dB, S33 minimum = -30,51 dB.
 - b. *Insertion loss*. Pada *port 1-2* nilai *insertion loss* maksimum = -0,136 dB, sedangkan pada *port 1-3* nilai *insertion loss* maksimum = -0,137 dB.
 - c. Isolasi. S23 minimum = -16,16 dB.
3. Hasil pengukuran pada rentang frekuensi 479 – 799 MHz menunjukkan bahwa *power divider* hasil fabrikasi belum sepenuhnya bekerja secara optimal pada frekuensi tersebut, dengan hasil pengukuran sebagai berikut:
 - a. *Return loss*. S11 minimum = -14,38 dB, S22 minimum = -14,97 dB, S33 minimum = -15,17 dB.
 - b. *Insertion loss*. Pada *port 1-2* nilai *insertion loss* maksimum = -1,35 dB dan *insertion loss* minimum = -0,68 dB, sedangkan pada *port 1-3* nilai *insertion loss* maksimum = -1,37 dB dan *insertion loss* minimum = -0,51 dB.



- c. Isolasi. Nilai isolasi antar *port output power divider* hasil fabrikasi telah memenuhi spesifikasi awal dengan nilai S23 minimum = -17,12 dB.

6.2 Saran

1. Pembuatan *power divider* hendaknya menggunakan bahan substrat yang memiliki nilai konstanta dielektrik yang rendah sehingga dapat meminimalisir rugi-rugi yang terjadi.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode *multisection matching transformer* untuk meningkatkan *bandwidth* dan kinerja dari *power divider* yang dirancang.



DAFTAR PUSTAKA

- Bakshi, U A and Bakhs, A V. 2009. *Transmission Lines and Waveguides*. Pune: Technical Publications Pune.
- Belov, Leonid A., Smolskiy, Sergey M., and Kochemasov, Victor N. 2012. *Handbook of RF, Microwave, and Millimeter-Wave Components*. London: Artech House.
- Chen, Wai Kai. 2004. *The Electrical Engineering Handbook*. California: Elsevier Academic Press.
- E. J. Wilkinson. 1960. *An N-Way Hybrid Power Divider*. IRE Transaction on Microwave Theory and Techniques, vol. 8, no. 1, pp. 116 – 118.
- Freeman, Roger L. 2005. *Fundamentals of Telecommunications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Gupta, S.K. 2010. *Electro Magnetic Field Theory*. Meerut: Krishna Prakashan Media.
- Ibrahim, K. F. 2007. *Newnes Guide to Television and Video Technology: The Guide for the Digital Age - from HDTV, DVD and flat-screen technologies to Multimedia Broadcasting, Mobile TV and Blu Ray*. Oxford: Newnes.
- Indra. 2014. Indonesia Memasuki Era TV Digital. <https://tvdigital.kominfo.go.id/?p=85>. (diakses 22 Maret 2015).
- Kominfo. 2013. Tentang TV Digital. https://tvdigital.kominfo.go.id/?page_id=8. (diakses 22 Maret 2015).
- Maliniak, David and LeCroy, Teledyne. 2014. *S-Parameters Basics*. <http://www.edn.com/design/wireless-networking/4437010/S-parameters-basics>. (diakses 23 Maret 2015).
- Mandal, Mrinal Kr. 2003. *Multimedia Signals and Systems*. New York: Springer.
- Mishra, B., Rahman, A., Shaw, S., Mohd, M., Mondal, S., and Sarkar, P. P. 2014. *Design of an Ultra-Wideband Wilkinson Power Divider*. IEEE.
- Nguyen, Cam. 2015. *Radio-Frequency Integrated-Circuit Engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Pozar, David M. 2011. *Microwave Engineering*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.



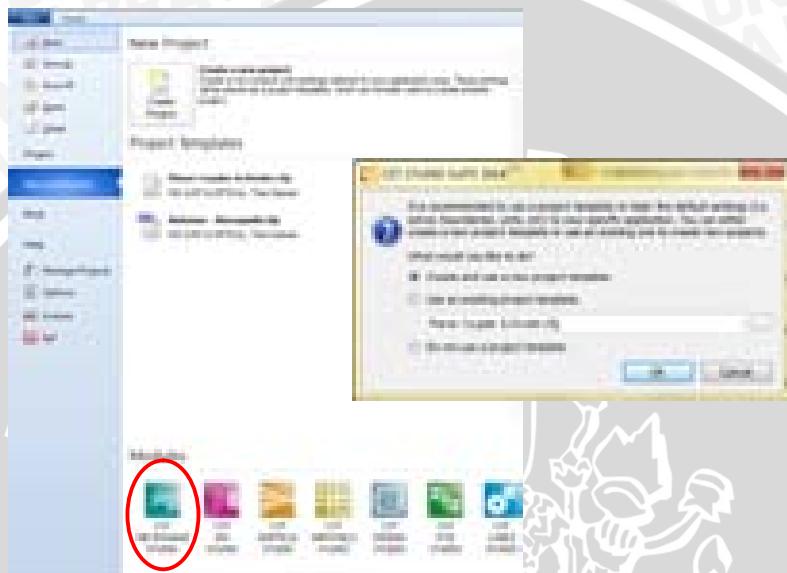
- Purwanto, Ari. 2009. Rancang Bangun *Power Splitter 1:2 Frekuensi 935-960 MHz Menggunakan Stripline* [Skripsi]. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Sharma, S P. 2003. *Basic Radio and Television*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Srivastava, Hari Om. 2002. *Interactive TV Technology and Markets*. Norwood: Artech House.
- Zhou, Mark. 2014. *Information and Communication Technology for Education*. Southampton: WIT Press.



Lampiran 1. Langkah-Langkah Simulasi CST Microwave Studio

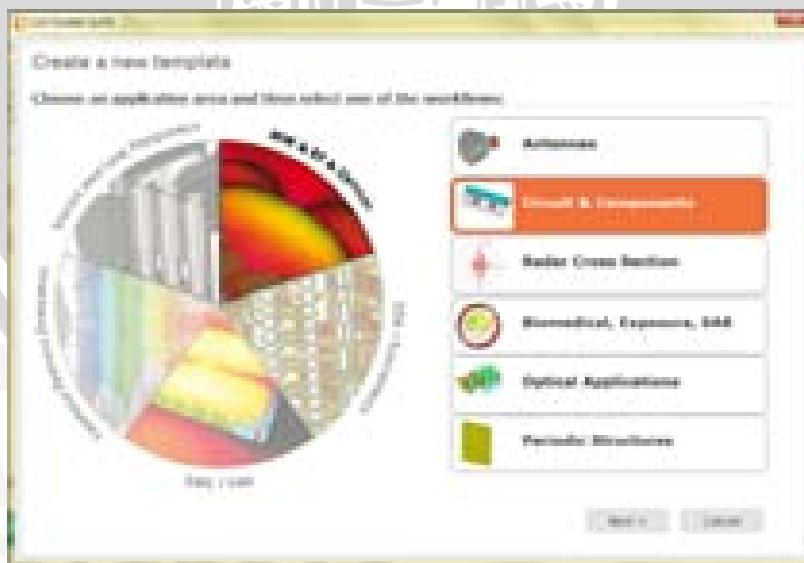
1. Membuat Project Baru

- Buka program CST 2014 pada PC atau laptop. Setelah program terbuka, klik modul *CST MICROWAVE STUDIO* pada kolom *Modules*, kemudian pilih *Create and use a new project template* dan klik *OK*.



Gambar 1. Halaman Awal CST Studio Suite 2014

- Akan muncul jendela *Create a new template*, kemudian pilih *MW & RF & Optical*, pilih *Circuit & Components*, lalu klik *Next*.



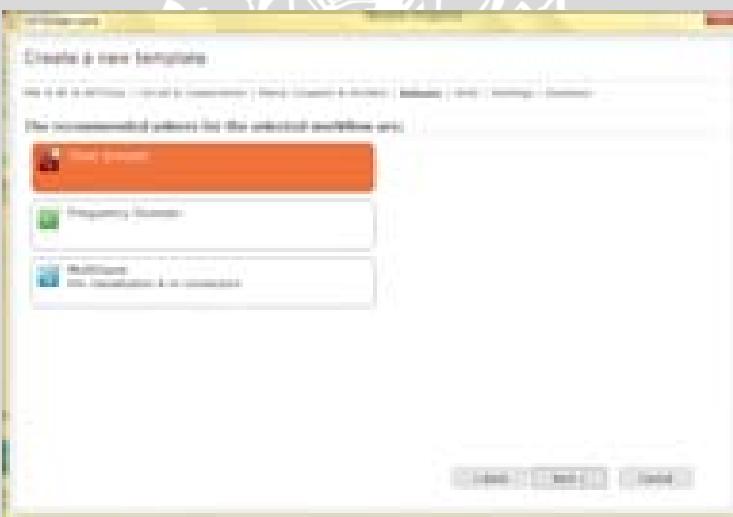
Gambar 2. Pemilihan Application Area dan Workflow

- c. Pada langkah selanjutnya pilih *Planar Couplers & Dividers* dan klik *Next*.



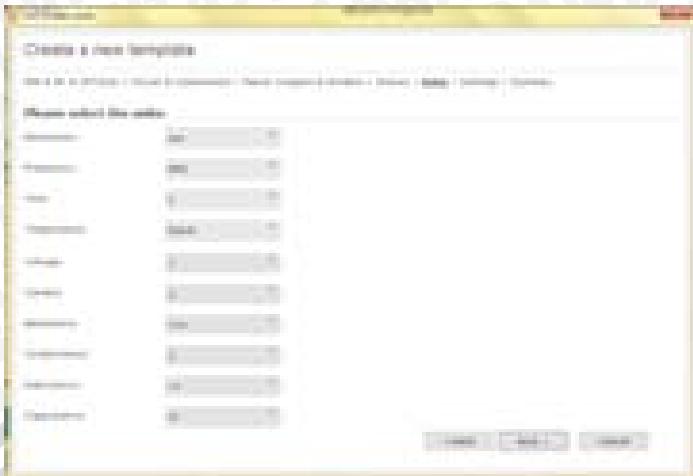
Gambar 3. Pemilihan Workflow

- d. Pada langkah selanjutnya yaitu pemilihan solvers, pilih *Time Domain* lalu klik *Next*.



Gambar 4. Pemilihan Jenis Solver

- e. Langkah selanjutnya yaitu pengaturan satuan. Atur satuan seperti pada Gambar 5, kemudian klik *Next*.



Gambar 5. Pengaturan Satuan

- f. Langkah setelah pengaturan satuan dapat dilewati dan langsung menuju pada *Summary* yang menandakan proses pembuatan *project* baru telah selesai. Kemudian klik *Finish* dan akan muncul lembar kerja baru.



Gambar 6. Rangkuman Pengaturan Pembuatan *Project* Baru



Gambar 7. Tampilan Awal *Project* Baru

2. Perancangan Substrat

- a. Atur frekuensi maksimum dan minimum untuk desain yang akan dirancang dengan cara klik menu *Simulation*, kemudian klik *Frequency*. Kemudian akan muncul jendela *Frequency Range Settings* dan masukkan nilai frekuensi maksimum dan minimum, lalu klik *OK*.



Gambar 8. Pengaturan Frekuensi

- b. Klik menu *Modelling* kemudian klik icon *Brick*, kemudian tekan tombol *escape* pada keyboard.



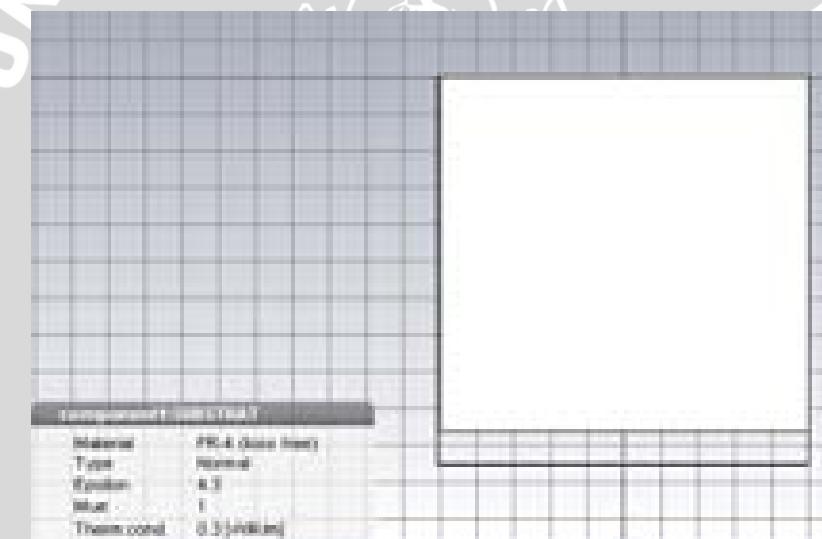
Gambar 9. Pembuatan Balok

- c. Masukkan *input* berupa ukuran, koordinat, dan jenis bahan yang digunakan (FR-4) untuk substrat yang dirancang, kemudian klik *OK*.





Gambar 10. Ukuran Balok Substrat



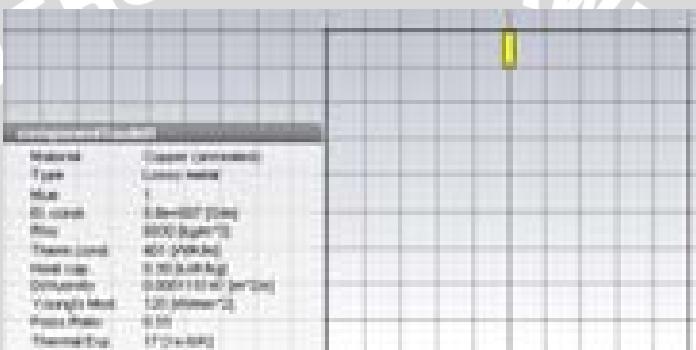
Gambar 11. Tampilan Substrat

3. Perancangan Saluran *Input Power Divider*

- Klik menu *Modelling* kemudian klik icon *Brick*. Kemudian tekan tombol *escape* pada *keyboard* dan masukkan *input* berupa ukuran, koordinat, dan jenis bahan yang digunakan (*Copper annealed*), kemudian klik *OK*.



Gambar 12. Ukuran Balok Saluran *Input*



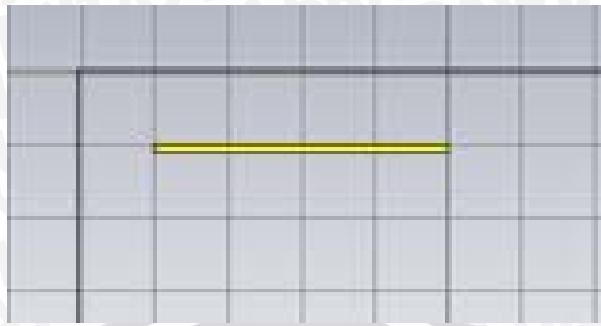
Gambar 13. Tampilan Saluran *Input*

4. Perancangan Saluran *Transformer*

- Klik menu *Modelling* kemudian klik icon *Brick*. Kemudian tekan tombol *escape* pada *keyboard* dan masukkan *input* berupa ukuran, koordinat, dan jenis bahan yang digunakan (*Copper annealed*), kemudian klik *OK*.



Gambar 14. Ukuran Balok Pertama Saluran *Transformer*



Gambar 15. Tampilan Balok Pertama Saluran *Transformer*

- b. Buat balok kedua, ketiga, dan keempat dengan cara yang sama seperti langkah 4 a dengan ukuran dan jenis bahan seperti Gambar 16 – 18.



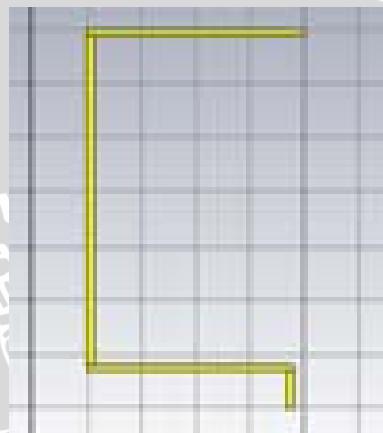
Gambar 16. Ukuran Balok Kedua Saluran *Transformer*



Gambar 17. Ukuran Balok Ketiga Saluran *Transformer*



Gambar 18. Ukuran Balok Keempat Saluran *Transformer*



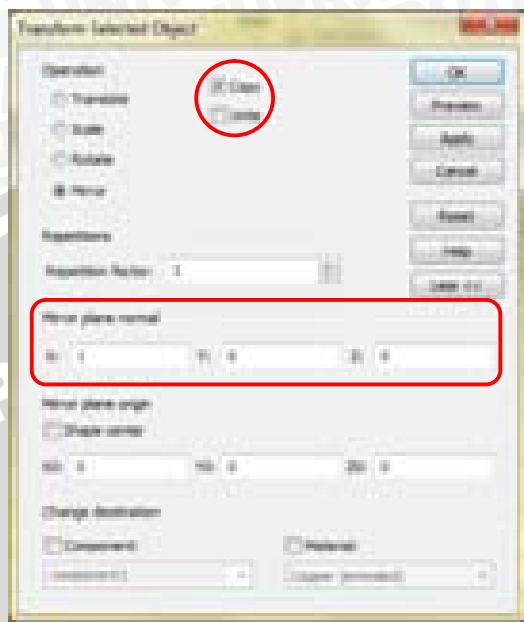
Gambar 19. Tampilan Saluran *Transformer* untuk Saluran *Output* Pertama

- Pembuatan saluran *transformer* untuk saluran *output* kedua. Pilih balok pertama sampai balok keempat dengan cara tekan tombol *ctrl* dan klik pada nama bangun untuk balok pertama sampai keempat. Kemudian pada menu *Modelling* klik *Transform* dan klik *Mirror*.

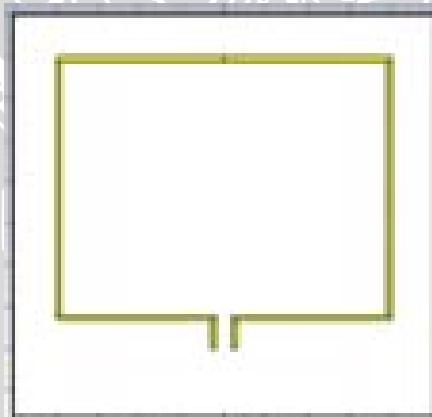


Gambar 20. Penggandaan *Object*

- d. Akan muncul jendela *Transform Selected Object*, kemudian centang pada pilihan *Copy*. Pada *Mirror plane normal* masukkan angka 1 pada sumbu X dan 0 pada sumbu Y dan Z.



Gambar 21. Pengaturan Penggandaan



Gambar 22. Tampilan Saluran Transformer Keseluruhan

5. Perancangan Saluran *Output Power Divider*

- a. Klik menu *Modelling* kemudian klik icon *Brick*. Kemudian tekan tombol *escape* pada *keyboard* dan masukkan *input* berupa ukuran, koordinat, dan jenis bahan yang digunakan (*Copper annealed*), kemudian klik *OK*.

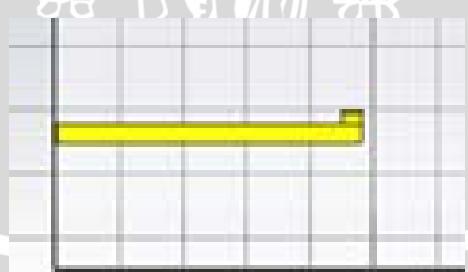


Gambar 23. Ukuran Balok Pertama Saluran *Output*

- b. Buat balok kedua dengan cara yang sama seperti langkah 5 a dengan ukuran dan jenis bahan seperti Gambar 24.



Gambar 24. Ukuran Balok Kedua Saluran *Output*

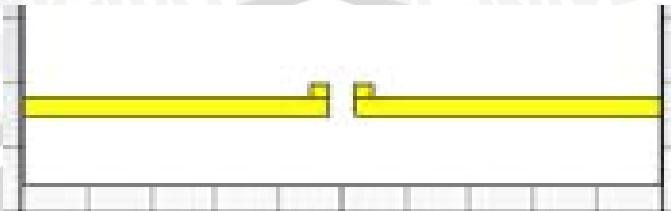


Gambar 25. Tampilan Saluran *Output* Pertama

- c. Pembuatan saluran *output* kedua. Pilih balok pertama dan kedua dengan cara tekan tombol *ctrl* dan klik pada nama bangun untuk balok pertama

dan kedua. Kemudian pada menu *Modelling* klik *Transform* dan klik *Mirror*.

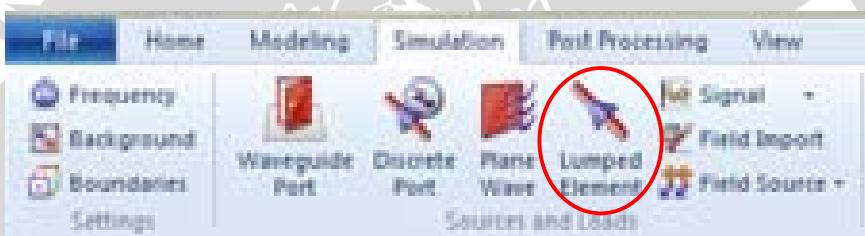
- Akan muncul jendela *Transform Selected Object*, kemudian centang pada pilihan *Copy*. Pada *Mirror plane normal* masukkan angka 1 pada sumbu X dan 0 pada sumbu Y dan Z.



Gambar 26. Tampilan Saluran *Output* Keseluruhan

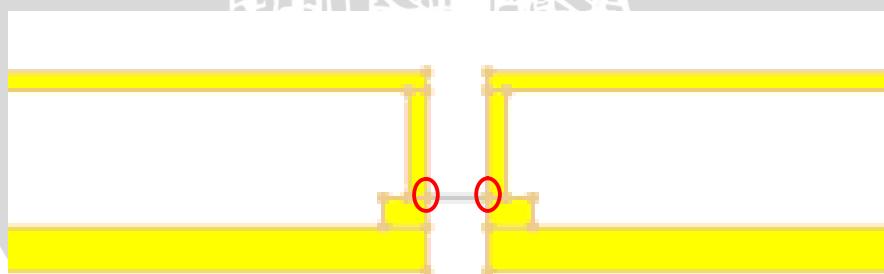
6. Perancangan Resistor Isolasi

- Pada menu *Simulation* klik *Lumped Element*.



Gambar 27. Pembuatan Resistor

- Klik 2x pada ujung akhir saluran *transformer* pertama dan klik lagi 2x pada ujung akhir saluran *transformer* kedua.



Gambar 28. Posisi Peletakkan Resistor

- Akan muncul jendela pengaturan *Lumped Network Element*. Pada Type pilih *RLC Serial*. Pada kolom *R* masukkan nilai 150 dan 0 untuk kolom *L* dan *C*.





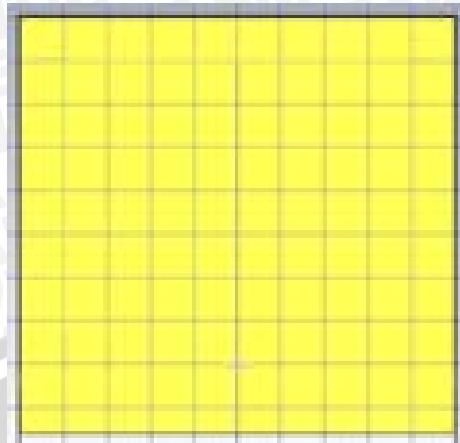
Gambar 29. Pengaturan Nilai Resistor

7. Perancangan *Ground Plane*

- Klik menu *Modelling* kemudian klik icon *Brick*. Kemudian tekan tombol *escape* pada *keyboard* dan masukkan *input* berupa ukuran, koordinat, dan jenis bahan yang digunakan (*Copper annealed*), kemudian klik *OK*.



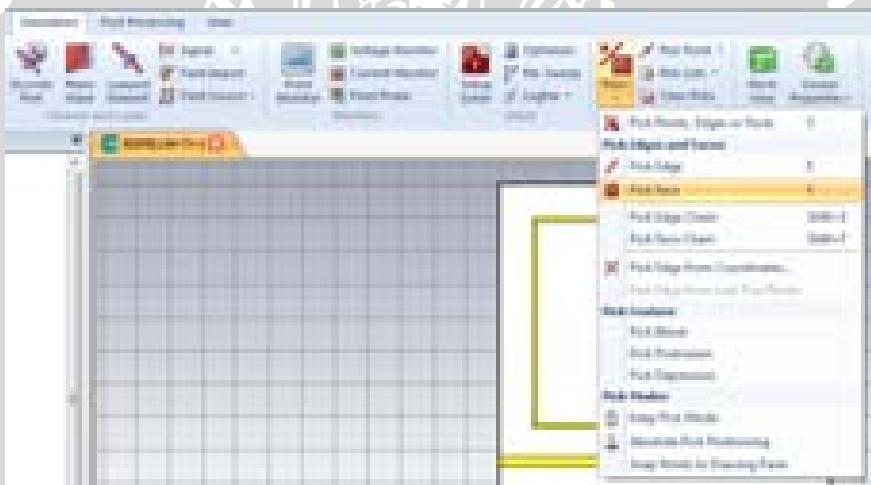
Gambar 30. Ukuran *Ground Plane*



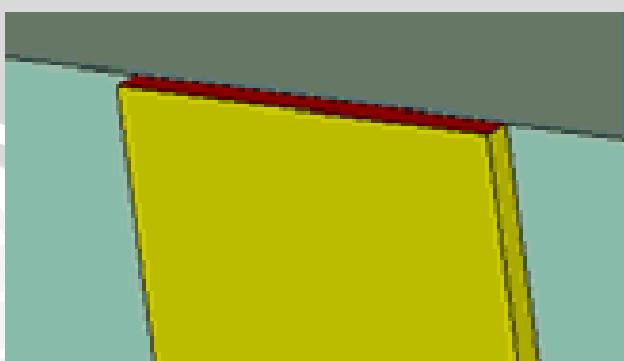
Gambar 31. Tampilan *Ground Plane*

8. Perancangan *Port*

- Untuk pembuatan *port* 1, pilih permukaan ujung saluran *input power divider* dengan menggunakan *Pick Face* pada menu *Simulation*, kemudian klik 2x pada permukaan ujung saluran *input*.



Gambar 32. *Pick Face*



Gambar 33. Pemilihan Permukaan Saluran *Input*

- b. Pada menu *Simulation* klik *Waveguide Port*.



Gambar 34. Pembuatan Port

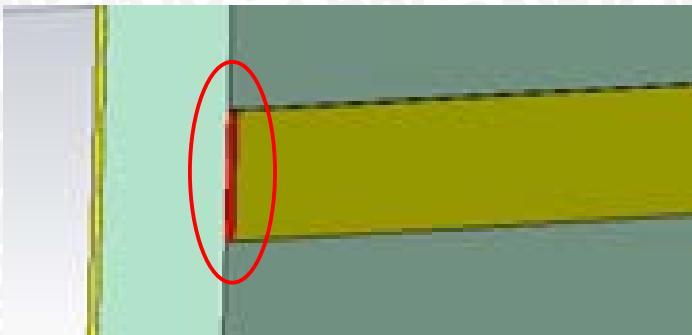
- c. Masukkan ukuran port seperti pada Gambar 35.



Gambar 35. Pengaturan Ukuran Port 1

- d. Untuk pembuatan port 2 pilih permukaan ujung saluran *output* pertama *power divider* dengan menggunakan *Pick Face* pada menu *Simulation*, kemudian klik 2x pada permukaan tersebut.





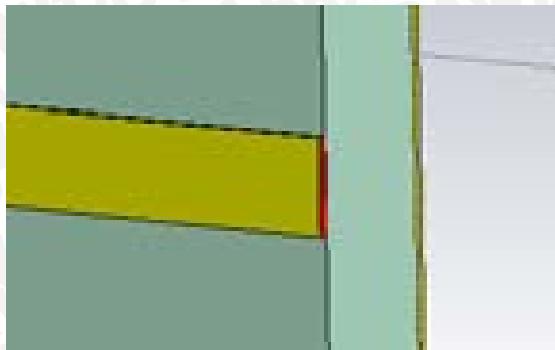
Gambar 36. Pemilihan Permukaan Saluran *Output* Pertama

- e. Pada menu *Simulation* klik *Waveguide Port* dan masukkan ukuran *port*.



Gambar 37. Pengaturan Ukuran *Port* 2

- f. Ulangi langkah d & e untuk pembuatan *port* 3.



Gambar 38. Pemilihan Permukaan Saluran *Output* Kedua



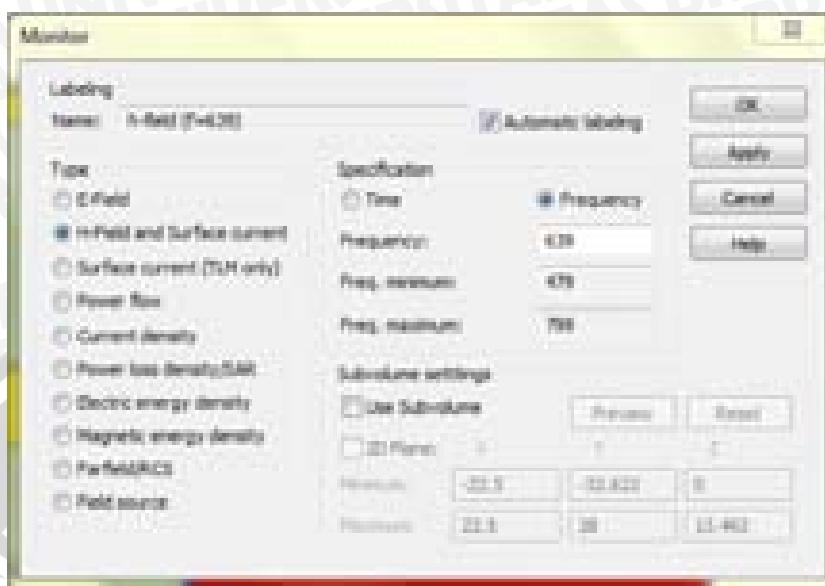
Gambar 39. Pengaturan Ukuran *Port* 3

9. Menjalankan Simulasi
 - a. Klik *Field Monitor* pada menu *Simulation*.



Gambar 40. *Field Monitor*

- b. Pada jendela *Monitor* pilih *H-field and Surface current*, kemudian klik *OK*.



Gambar 41. Pengaturan *Field Monitor*

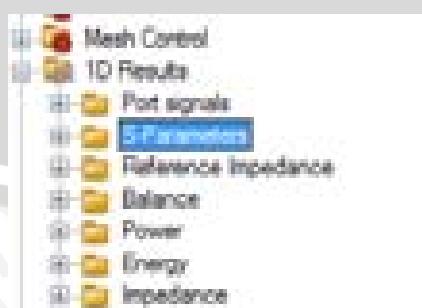
- c. Pada menu *Home* klik *Start Simulation* untuk memulai simulasi.



Gambar 42. Memulai Proses Simulasi

10. Menampilkan Hasil Simulasi

- a. Buka folder *1D Results* pada *Navigation Tree*, kemudian klik pada folder *S-Parameters*.



Gambar 43. Folder *S-Parameters*



Lampiran 2. Dokumentasi Pengukuran Power Divider

Gambar 44. Power Divider Mikrostrip Hasil Fabrikasi



Gambar 45. Adapter N to BNC



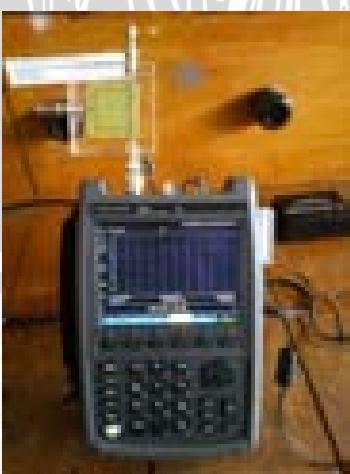
Gambar 46. Terminator 75 Ohm



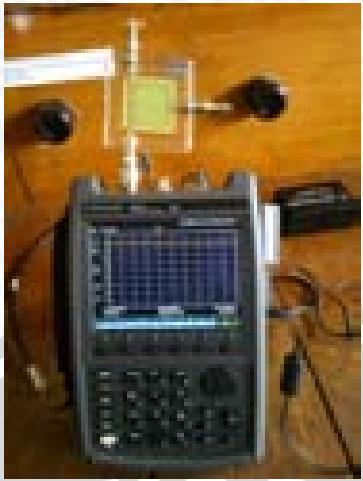
Gambar 47. Agilent N9923A FieldFox *Handheld RF Vector Network Analyzer*



Gambar 48. Rangkaian Pengukuran S11



Gambar 49. Rangkaian Pengukuran S22



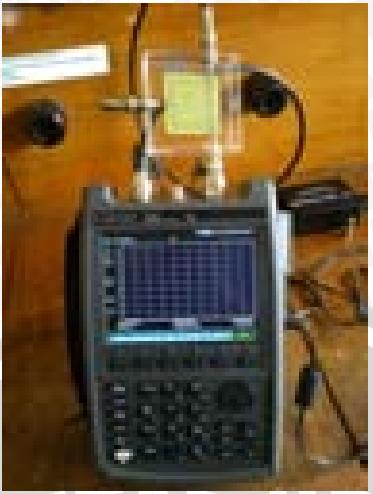
Gambar 50. Rangkaian Pengukuran S33



Gambar 51. Rangkaian Pengukuran S21



Gambar 52. Rangkaian Pengukuran S31



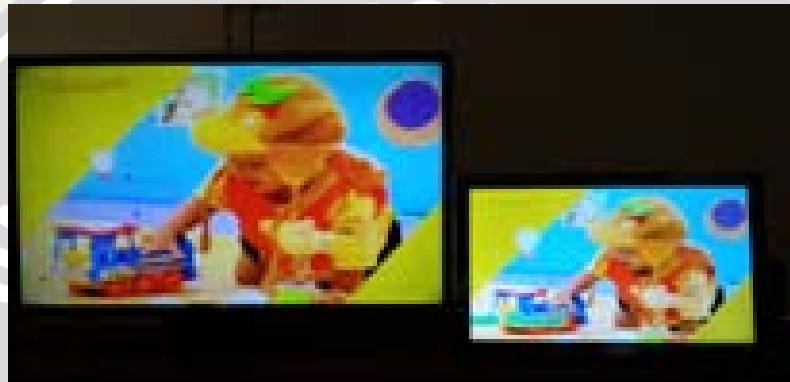
Gambar 53. Rangkaian Pengukuran S23



Lampiran 3. Pengujian Power Divider pada Televisi**Gambar 54.** Trans TV**Gambar 55.** RTV**Gambar 56.** Dhamma TV



Gambar 57. Gajayana TV



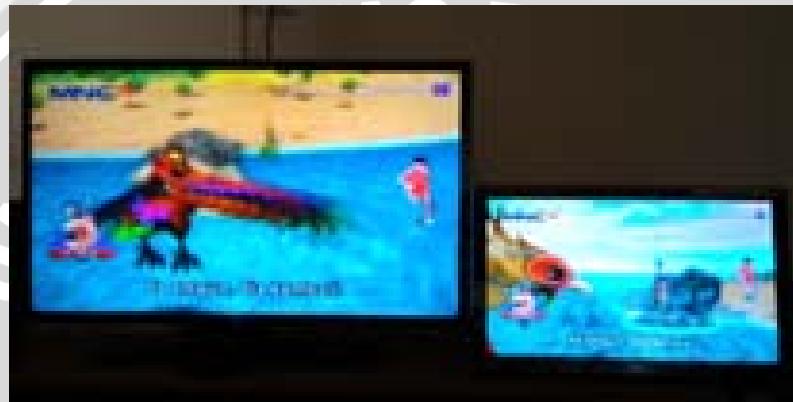
Gambar 58. Global TV



Gambar 59. Atv



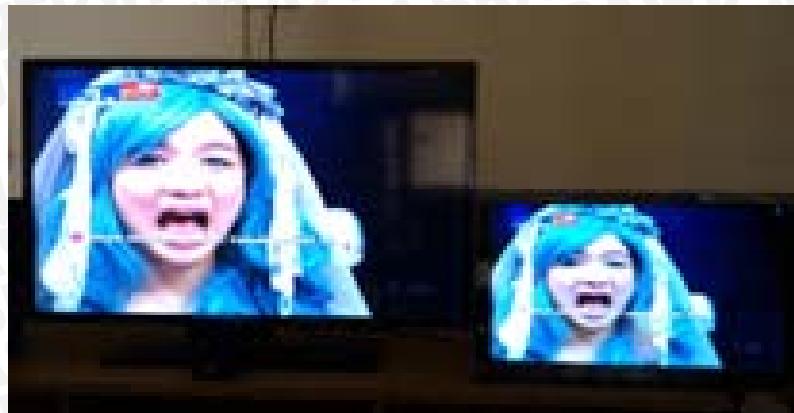
Gambar 60. Jtv



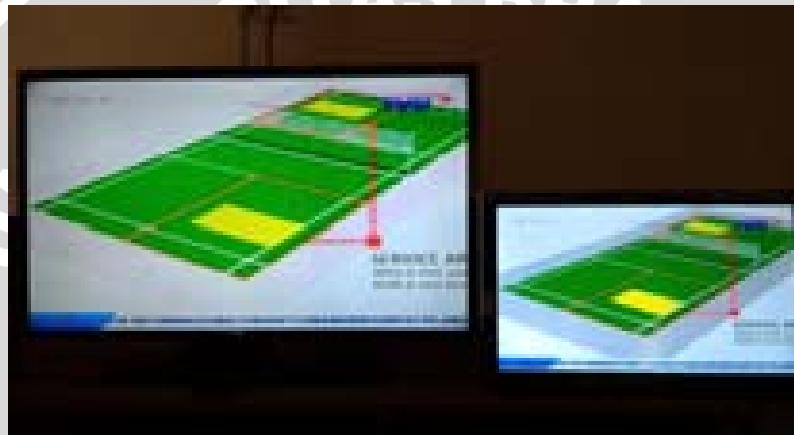
Gambar 61. MNCTV



Gambar 62. Indosiar



Gambar 63. RCTI



Gambar 64. TVRI



Gambar 65. ANTV



Gambar 66. SCTV



Gambar 67. Batu TV



Gambar 68. Malang TV





Gambar 69. MHTV



Gambar 70. TVOne



Gambar 71. Metro TV





Gambar 72. NET



Gambar 73. Trans 7



Gambar 74. CRTV