



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN CHEBYSHEV POWER COMBINER 2:1
FREKUENSI 2400 MHZ MENGGUNAKAN PCB**

SKRIPSI

**ADI JEXSON MARBUN
0606042222**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN CHEBYSHEV POWER COMBINER 2:1
FREKUENSI 2400 MHZ MENGGUNAKAN PCB**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**ADI JEXSON MARBUN
0606042222**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : ADI JEXSON MARBUN
NPM : 0606042222
Tanda Tangan :
Tanggal : 12 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : ADI JEXSON MARBUN
NPM : 0606042222
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO EKSTENSI
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN CHEBYSHEV POWER
COMBINER 2:1 FREKUENSI 2400 MHZ
MENGUNAKAN PCB

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Ekstensi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Arman D. Diponegoro (.....)
Penguji : Prof. Dr. Eko Tjipto Rahardjo (.....)
Penguji : Fitri Yuli Zulkifli ST. M.Sc (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 5 Januari 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir Arman Djohan D, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
3. Sahabat dan kekasih saya yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 12 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adi Jexson Marbun
NPM : 0606042222
Program Studi : Ekstensi
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

RANCANG BANGUN CHEBYSHEV POWER COMBINER 2:1 FREKUENSI
2400 MHz MENGGUNAKAN PCB

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Desember 2008.

Yang menyatakan

(Adi Jexson Marbun)

ABSTRAK

Nama : ADI JEXSON MARBUN
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : RANCANG BANGUN CHEBYSHEV POWER COMBINER
2:1 FREKUENSI 2400 MHZ MENGGUNAKAN PCB

Skripsi ini membahas penggunaan *power combiner* dalam sistem komunikasi radio. Pada skripsi ini, akan mencoba merealisasikan *power combiner* dengan menggunakan *chebyshev multisection matching transformer*, untuk optimasi bandwidth. Bahan yang digunakan berupa berupa PCB (Printed Circuit Board) jenis FR4 fiber (permitivitas relatif = 4.4, tebal dielektrik = 1 mm). Metoda yang digunakan untuk merealisasikan *power combiner* tersebut yaitu saluran *microstrip*, dengan pertimbangan penggunaan saluran *microstrip* dapat lebih mudah difabrikasi dibanding saluran transmisi lain seperti coaxial dan cavity dan juga biaya yang murah dalam pembuatan.

Kata kunci:

Power Combiner, *chebyshev multisection matching transformer*, PCB, saluran *microstrip*

ABSTRACT

Name : ADI JEXSON MARBUN
Study Program: Teknik Elektro
Title : DESIGN AND IMPLEMENTATION CHEBYSHEV POWER
COMBINER 2:1 FREQUENCY 2400 MHZ USING PCB

The focus of this study is to describe the uses of power combiner in radio communication. In this study will realize power combiner using *chebyshev multisection matching transformer*, for bandwidth optimization. Material used is PCB (Printed Circuit Board), type FR4 fiber (relative permittivity= 4.4, thickness= 1mm). The method to realize power combiner is microstrip line, because microstrip line is easy to fabrication, compare with other transmission line such coaxial and cavity, and also cheap in making.

Key words:

Power Combiner, chebyshev multisection matching transformer, PCB, microstripline

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penulisan	1
1.3 Perumusan Masalah	1
1.4 Batasan Penulisan	1
1.5 Metodologi Penulisan	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
BAB II	4
KONSEP DASAR POWER DIVIDER/COMBINER, SALURAN MIKROSTRIP, CHEBYSHEV TRANSFORMER	4
2.1 Power Divider/Combiner	4
2.1.1 Struktur Power Divider/Combiner	5
2.1.2 Wilkinson Power Divider	6
2.1.3 S-parameter	9
2.2 Saluran Mikrostrip	10
2.2.1 Impedansi Karakteristik Saluran Transmisi Mikrostrip	11
2.2.2 Konstanta Dielektrik Relatif	12
2.2.2 Panjang Gelombang $\frac{1}{4} \lambda$	12

2.3	Chebyshev Matching Transformer	13
2.4	Pemilihan Bahan	17
	BAB III	18
	PERANCANGAN DAN SIMULASI ALAT	18
3.1	Spesifikasi Power Combiner	18
3.2	Perancangan Secara Teoritis	19
3.2.1	Menentukan Tebal Substrat	19
3.2.2	Diagram Blok Alat	19
3.2.3	Menentukan Impedansi Karakteristik Tiap Tingkat	20
3.2.4	Menentukan Lebar Saluran Tiap Tingkat	21
3.2.5	Menentukan ϵ_{ff} dan λ	21
3.2.6	Menentukan Panjang Saluran Transformer $\lambda/4$	22
3.2.7	Karakteristik Power Divider dan Combiner	22
3.2.7.1	Estimasi Koefisien pantul Tiap Tingkat	22
3.2.7.2	Menentukan Redaman Tiap Tingkat	23
3.3	Perancangan Secara Simulasi	24
3.3.1	Pengukuran S-parameter	25
3.4	Perancangan Lay Out Power Combiner	26
	BAB IV	28
	PENGUKURAN UNJUK KERJA ALAT DAN ANALISIS DATA	28
4.1	Pendahuluan	28
4.2	Data dan Asumsi Yang Digunakan	28
4.3	Pengukuran Unjuk Kerja Memakai Alat Ukur	29
4.3.1	Pengukuran Return Loss	29
4.3.1.1	Analisis Hasil Pengukuran Return Loss	31
4.3.2	Pengukuran Insertion Loss	34
4.3.2.1	Analisis hasil pengukuran Insertion loss	36
4.3.3	Pengukuran Isolasi Antara Port	37
4.3.3.2	Analisa Hasil Pengukuran Antara Port	38
4.4	Analisis Karakteristik Power Combiner	39
4.5	Pengukuran Memakai Perangkat WLAN	39
4.5.1	Hasil Pengukuran	40

4.5.2 Analisis Hasil Pengukuran	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
DAFTAR REFERENSI	43
DAFTAR LAMPIRAN	44



DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Power divider dan combiner	4
Gambar 2.2	Struktur pohon power divider/combiner	5
Gambar 2.3	Efisiensi Combiner	5
Gambar 2.4.a	Wilkinson power divider ideal dengan dua Port	6
Gambar 2.4.b	Prinsip Wilkinson power divider dengan transformator $\lambda/4$	7
Gambar 2.5.a	Contoh Wilkinson dengan input menggunakan transformer $\frac{1}{4} \lambda$	8
Gambar 2.5.b	Parameter-S wilkinson dengan input transformer $\lambda/4$	8
Gambar 2.6	Contoh Wilkinson divider dengan tambahan transformer $\lambda/4$ dan resistor isolasi	9
Gambar 2.7	Konsep S-parameter dalam Wilkinson Divider	10
Gambar 2.8	Penampang melintang saluran mikrostrip dan distribusi medan magnetik H dan medan listrik E	11
Gambar 2.9	Penampang saluran transmisi mikrostrip	11
Gambar 2.10	Koefisien Reflection Magnitude vs Frekuensi pada Chebyshev Transformer	13
Gambar 3.1	Diagram blok alat secara umum	19
Gambar 3.2	Sebuah two - section quarter-wave transformer	23
Gambar 3.3	Schematic power combiner	25
Gambar 3.4	Grafik S-parameter simulasi <i>power combiner</i>	25
Gambar 3.5	Design <i>layout</i> perancangan <i>combiner</i> 2:1	27
Gambar 4.1	Blok diagram pengukuran <i>Return Loss</i>	29
Gambar 4.2.a	Hasil pengukuran <i>Return Loss port 1</i>	31
Gambar 4.2.b	Hasil pengukuran <i>Return Loss port 2</i>	29
Gambar 4.2.c	Hasil pengukuran <i>Return Loss port 3</i>	30
Gambar 4.3.a	Hasil pengukuran <i>SWR port 1</i>	33
Gambar 4.3.b	Hasil pengukuran <i>SWR port 2</i>	33
Gambar 4.3.c	Hasil pengukuran <i>SWR port 3</i>	33
Gambar 4.4	Blok diagram pengukuran <i>Insertion Loss</i>	34
Gambar 4.5.a	Hasil pengukuran <i>Insertion Loss port 1-3</i>	36
Gambar 4.5.b	Hasil pengukuran <i>Insertion Loss port 2-3</i>	36
Gambar 4.6	Blok diagram pengukuran <i>Isolasi antar port input</i>	37
Gambar 4.7	Hasil pengukuran <i>Isolasi antar port input</i>	38
Gambar 4.8	Blok pengukuran fungsi <i>Power Combiner</i> pada perangkat <i>WLAN</i>	39
Gambar 4.9.a	Hasil pengukuran memakai Antena dipole	41
Gambar 4.9.b	Hasil pengukuran memakai Antena Kaleng	41
Gambar 4.9.c	Hasil pengukuran memakai 2 Antena (Antena Kaleng dan Antena Dipole)	41
Gambar 4.9.d	Hasil pengukuran memakai 2 Antena dengan <i>software</i> USB <i>WLAN</i>	41

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 3.1	Hasil pengukuran S-parameter dengan simulasi	26
Tabel 4.1	Hasil pengukuran <i>Return Loss port</i>	31
Tabel 4.2	Tabel perhitungan <i>Return Loss</i>	34
Tabel 4.3	Hasil pengukuran <i>Insertion Loss port 1-3</i>	36
Tabel 4.4	Hasil pengukuran <i>Isolasi antar port input</i>	38
Tabel 4.5	Hasil pengukuran <i>power combiner</i>	39

DAFTAR SINGKATAN

PCB	Printed Circuit Board
TEM	Transverse Electromagnetic Mode
S-Parameter	Scatter Parameter
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
WLAN	Wireless Local Area Network
dB	deciBel
USB	Universal Serial Bus
SNR	Signal to Noise Ratio

ABSTRAK

Nama : Adi Jexson Marbun
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Chebyshev Power Combiner 2:1 Frekuensi
2400 MHz menggunakan PCB

Skripsi ini membahas penggunaan *power combiner* dalam sistem komunikasi radio. Pada skripsi ini, akan mencoba merealisasikan *power combiner* dengan menggunakan *chebyshev multisection matching transformer*, untuk optimasi bandwidth. Bahan yang digunakan berupa berupa PCB (Printed Circuit Board) jenis FR4 fiber (permitivitas relatif = 4.4, tebal dielektrik = 1 mm). Metoda yang digunakan untuk merealisasikan *power combiner* tersebut yaitu saluran *microstrip*, dengan pertimbangan penggunaan saluran *microstrip* dapat lebih mudah difabrikasi dibanding saluran transmisi lain seperti coaxial dan cavity dan juga biaya yang murah dalam pembuatan.

Kata kunci:

Power Combiner, *chebyshev multisection matching transformer*, PCB, saluran *microstrip*

ABSTRACT

Name : Adi Jexson Marbun
Study Program : Electrical Engineering
Title : Design and Implementation Chebyshev Power Combiner 2:1
Frequency 2400 MHz using PCB

The focus of this study is to describe the uses of power combiner in radio communication. In this study will realize power combiner using *chebyshev multisection matching transformer*, for bandwidth optimization. Material used is PCB (Printed Circuit Board), type FR4 fiber (relative permittivity= 4.4, thickness= 1mm). The method to realize power combiner is microstrip line, because microstrip line is easy to fabrication, compare with other transmission line such coaxial and cavity, and also cheap in making.

Key words:

Power Combiner, chebyshev multisection matching transformer, PCB, microstripline

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Power combiner dapat digunakan untuk pengiriman daya ke satu antena. Aplikasi pemakaian *power combiner* dapat digunakan pada sistem komunikasi radio.

Pada skripsi ini, akan mencoba merealisasikan *power combiner* dengan menggunakan *chebyshev multisection matching transformer*, untuk optimasi bandwidth. Bahan yang digunakan berupa PCB (Printed Circuit Board) jenis FR4 fiber (permitivitas relatif = 4.4, dan tebal dielektrik = 1 mm). Aplikasi penggunaan *power combiner* akan digunakan pada perangkat WLAN (Wireless Local Area Network).

Metoda yang digunakan untuk merealisasikan *power combiner* tersebut yaitu saluran *microstrip*, dengan pertimbangan penggunaan saluran *microstrip* dapat lebih mudah difabrikasi dibanding saluran transmisi lain seperti coaxial dan cavity dan juga biaya yang murah dalam pembuatan.[1].

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah “Merancang bangun *power combiner* sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan”.

1.3 Perumusan Masalah

1. Fabrikasi dari rancangan *microstrip* harus presisi.
2. Level daya yang dapat dilewatkan pada saluran *microstrip*.

1.4 Batasan Masalah

1. Frekuensi kerja 2300-2500 MHz, dengan frekuensi *center* 2400 MHz.
2. Pengukuran power tidak dilakukan karena keterbatasan alat.
3. Tidak membahas pengaruh pemakaian dua jenis antena.

1.5 Metodologi Penulisan

1. Studi Literatur

Pada tahap ini penulis mencoba mencari literatur yang berkaitan dengan perancangan alat, yaitu power combiner/divider memakai *chebyshev multisection matching transformer*. Berdasarkan hal ini, kemudian ditentukan spesifikasi teknis yang lebih rinci.

2. Perancangan

Dengan spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada tahap ini penulis mencoba merancang skema rinci dari alat yang dirancang.

3. Simulasi

Pada tahap ini penulis mensimulasikan perancangan awal untuk mendapatkan hasil yang optimal dari rancangan yang akan dibangun.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, penyusunan dibagi dalam lima bab dan selanjutnya diperjelas dalam beberapa sub-bab. Secara keseluruhan tugas akhir ini disusun dalam sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Mengungkapkan alasan dan gambaran umum dari permasalahan pokok yang menjadi topik dari perancangan, spesifikasi awal bahan perancangan, teknik perancangan *power combiner*, serta sistematika pembahasan.

BAB II KONSEP DASAR POWER DIVIDER/COMBINER, SALURAN MIKROSTRIP, CHEBYSHEV TRANSFORMER

Memberikan penjelasan dasar – dasar teori perancangan power combiner dengan beberapa faktor pendukung lainnya.

BAB III PERANCANGAN DAN SIMULASI ALAT

1. Perancangan Alat

Mencakup perhitungan teoritis dari desain rancangan yang akan dibangun.

2. Simulasi Rancangan

Memberikan gambaran awal dari perancangan, dimulai dari *lay out* mikrostrip dan skema rangkaian yang digunakan untuk merealisasikan alat itu.

BAB IV PENGUKURAN UNJUK KERJA ALAT DAN ANALISIS DATA

Memberikan penjelasan tentang langkah – langkah pengukuran dan hasil pengukuran. Pada hasil pengukuran akan disajikan dalam bentuk foto – foto hasil pengukuran.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

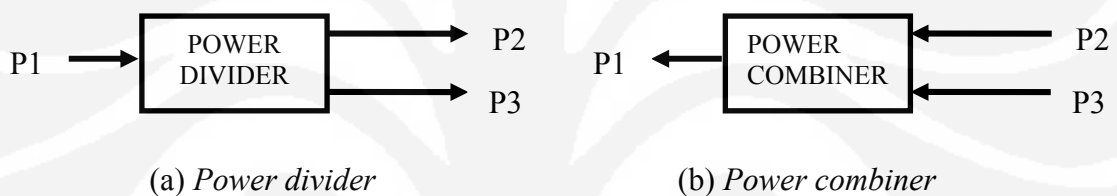
Berisi kesimpulan terhadap seluruh pembahasan tugas akhir.

BAB II

KONSEP DASAR POWER DIVIDER/COMBINER, SALURAN MIKROSTRIP, CHEBYSHEV TRANSFORMER

2.1 Power Divider/Combiner

Power divider/combiner merupakan komponen pasif *microwave* yang digunakan untuk membagi atau menggabungkan daya, karena baik *port input* maupun *port outputnya match*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Dengan kata lain, *power divider* berfungsi sebagai *reciprocal passive device*, yang dapat digunakan sebagai *power combiner*. Dalam membagi daya, sebuah input sinyal dibagi oleh *power divider/combiner* menjadi dua atau lebih sinyal dengan daya yang lebih kecil, hal ini diakibatkan *loss* yang terjadi.

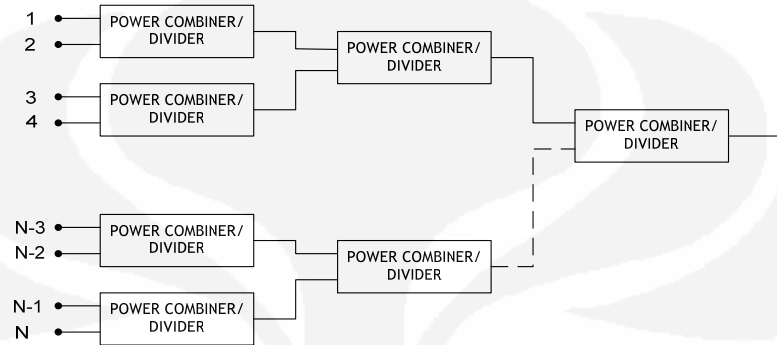


Gambar 2.1. *Power divider* dan *combiner*

Microwave power divider/combiner, seperti *Wilkinson divider* dapat direalisasikan dalam teknologi microstrip atau jalur strip, umumnya menggunakan transformasi $\frac{1}{4} \lambda$, dimana transformasi ini digunakan untuk mengubah input impedansi, yang umumnya 50 ohm menjadi impedansi output yang direpresentasikan dengan kombinasi parallel dari *multiple output*. Tipe *microwave power divider/combiner* yang direalisasikan pada skripsi ini mempunyai 2 input masukan dan 1 input keluaran [6].

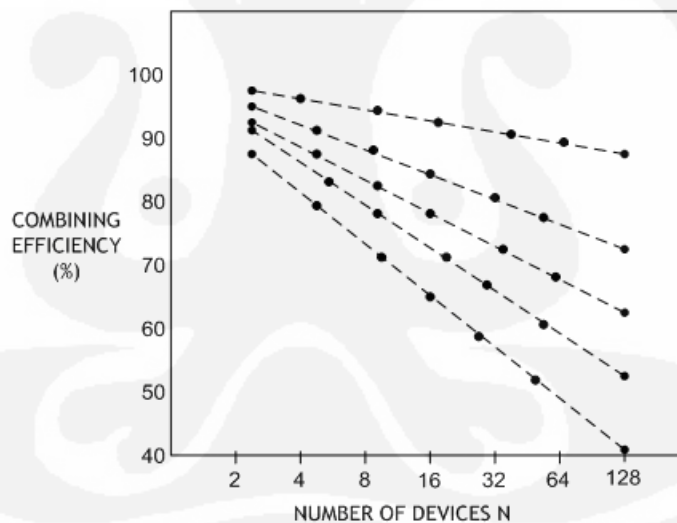
2.1.1 Struktur Divider/Combiner

Jumlah perangkat yang digabung untuk tipe struktur *combiner/divider* ini adalah *biner*. Ini berarti bahwa perangkat yang dipakai harus sama dengan $2N$. Tipe ini disebut juga *tree/corporate structure* (seperti yang terlihat pada Gambar 2.2)



Gambar 2.2. Struktur pohon *power divider/combiner*

Pada Gambar 2.3 dibawah dapat dilihat grafik hubungan jumlah perangkat N dengan persentasi efisiensi di bawah ini.



Gambar 2.3. Efisiensi *Combiner*

Berdasarkan grafik di atas, Efisiensi dari *combiner* akan turun saat jumlah perangkat yang digabung bertambah. Secara umum terdapat 2 fitur khusus pada struktur *combiner* yaitu *port* masukan *matched* dengan *port* keluaran dan *port* masukan terisolasi dari *port* masukan lainnya. Dalam aplikasi frekuensi gelombang mikro adakalanya daya ditransfer ke *port* keluaran akan dipantulkan

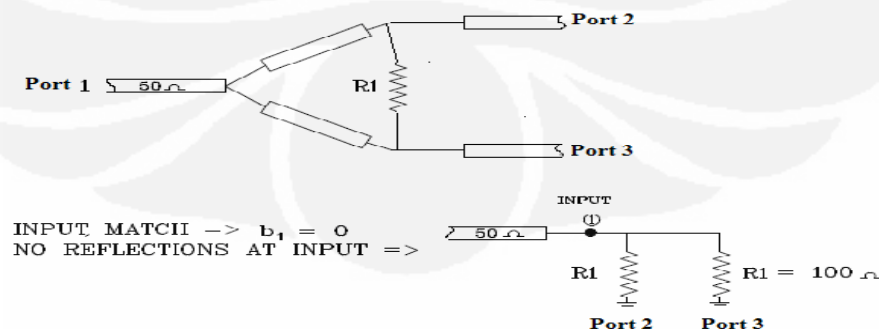
kembali. Untuk menghindarinya, port keluarannya harus dibuat *match*. Jika kondisi *match* tidak diperoleh, maka akan terjadi pengurangan daya akibat pantulan. Usaha yang bisa dilakukan adalah meminimalisasi pantulan tersebut dengan mengupayakan keempat *port* keluarannya *match* [2].

2.1.2 Wilkinson Power Divider

Wilkinson power divider ditemukan sekitar tahun 1960 oleh seorang insinyur yang bernama Ernest Wilkinson. *Wilkinson power divider* berfungsi membagi sinyal masukan menjadi beberapa sinyal keluaran dengan fasa yang sama [3]. Prinsip utamanya adalah menyediakan isolasi tinggi antar output, dengan membatasi efek dari refleksi sinyal, karena *lossless reciprocal, three-port network* tidak mempunyai *port-port* yang secara simultan *match*. Wilkinson menambahkan sebuah resistor untuk mengupayakan ketiga *port* keluarannya *match* dan secara penuh mengisolasi *port 2* dari *port 3* (Gambar 2.4) pada frekuensi tengah (f_c). Keuntungannya adalah resistor tidak menimbulkan *resistive loss* pada *power divider/combiner*, sehingga idealnya *Wilkinson divider* memiliki efisiensi 100% [3]. Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa jenis *power divider* ini memiliki empat bagian yang berbeda yaitu sebagai berikut [3]:

1. *Input port*
2. *Quarter-wave transformers*
3. *Isolation resistors*
4. *Output ports*

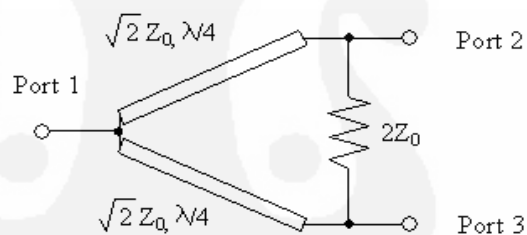
Pada Gambar 2.4 dibawah dapat dilihat rangkaian sederhana dari *wilkinson power divider*.



Gambar 2.4. Wilkinson *power divider* ideal dengan dua Port [2]

Konfigurasi sederhana ini memiliki *bandwidth* yang terbatas, tetapi dengan penambahan *transformer section* (*transformator* $\lambda/4$) dan resistor isolasi ($R_1 = 100\Omega$) dapat meningkatkan lebar *bandwidth*. Namun peningkatan tersebut juga cenderung ke arah peningkatan ukuran dimensi dan *insertion loss* [4].

Ketika sebuah sinyal input masuk port 1, dibagi kedalam sinyal keluaran yang memiliki amplitudo dan fasa sama pada *port* 2 dan 3. Karena tiap ujung ada resistor isolasi antara *port* 2 dan 3, sehingga tidak ada arus yang mengalir sepanjangnya. Terminasi pada dua *port* keluaran paralel terhadap input, sehingga harus ditransformasikan menjadi $2Z_0$ pada masing-masing *port* input untuk dikombinasikan ke Z_0 . Transformer $\lambda/4$ digunakan dalam rangkaian ini untuk memudahkan kita dalam memahami kondisi *match*, tanpa *quarter-wave transformer*, impedansi yang menggabungkan dua keluaran pada port 1 menjadi $Z_0/2$. Impedansi karakteristik saluran *quarter-wave* harus sama dengan $\sqrt{2}Z_0$ sehingga masukan menjadi *match* ketika *port* 2 dan 3 diterminasi Z_0 seperti yang terlihat pada Gambar 2.5 dibawah ini:

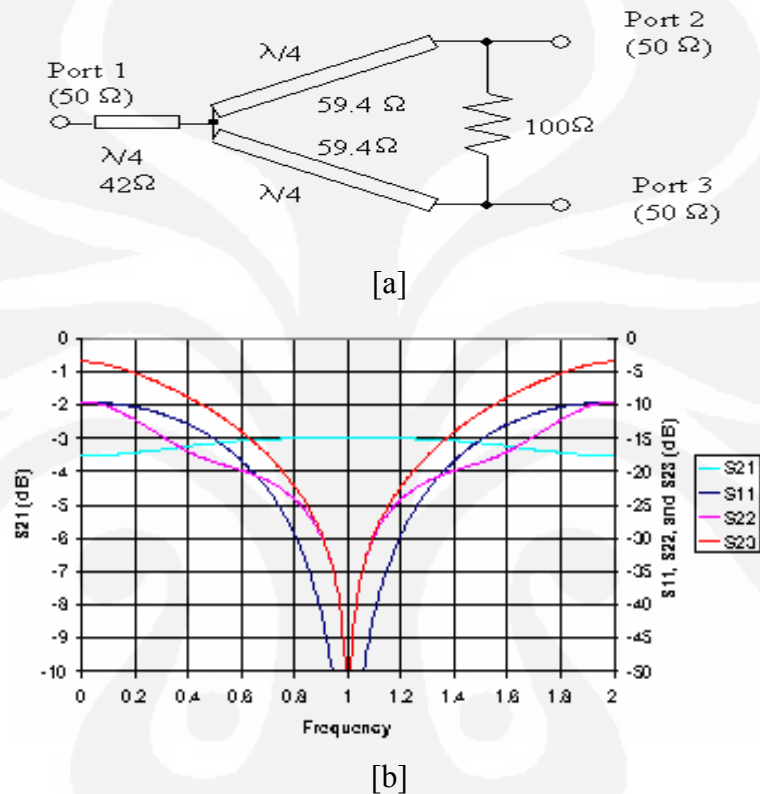


Gambar 2.5. Prinsip Wilkinson *power divider* dengan *transformator* $\lambda/4$ [3]

Sebuah *power divider/combiner* ideal, satu sinyal input akan menghasilkan dua sinyal output dengan isolasinya tidak terbatas pada tiap *port* atau dua sinyal input akan menghasilkan satu sinyal output, sehingga pembagian daya input terhadap output terjadi tanpa mengalami kebocoran sinyal yang tidak dikehendaki antar *port*. *Two-way power divider/combiner* memiliki keistimewaan yaitu dua *port output* isolasinya tidak terbatas, sehingga pembagian daya input terhadap output terjadi tanpa mengalami kebocoran sinyal yang tidak dikehendaki antar *port*. Akan tetapi kenyataannya, isolasi dibatasi oleh jenis-jenis nilai komponen, toleransi manufaktur dan faktor lainnya. Isolasi tinggi merupakan ukuran kualitas

tinggi dari *power divider/combiner*, secara spesifik idealnya >20dB [5]. Seperti *insertion loss* dan nilai isolasi *power divider/combiner* akan berbeda berdasarkan frekuensi, dan nilainya akan menurun ketika frekuensi dinaikkan [6].

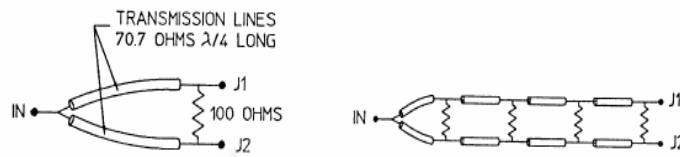
Gambar di bawah ini menunjukkan sebuah contoh untuk memperlebar *bandwidth* dari *Wilkinson splitter/combiner* dengan menggunakan *quarter-wave transformer*.



Gambar 2.6 [a] Contoh Wilkinson dengan input menggunakan *transformer* $\frac{1}{4} \lambda$

[b] Parameter-S wilkinson dengan input *transformer* $\frac{1}{4} \lambda$

Sebuah pembagi daya *Wilkinson 2-way divider*, yang terdiri dari 2 buah *transformer* $\lambda/4$ dengan impedansi karakteristik (Z_0) masing - masing sebesar 70,7Ω, hasil dari transformasi impedansi saluran 50Ω ke impedansi beban 100Ω dan resistor 100Ω di antara keduanya. Namun untuk memperlebar *bandwidth*, tambahan *transformer* $\lambda/4$ dan resistor isolasi perlu ditambahkan, seperti yang terlihat pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7. Contoh Wilkinson divider dengan tambahan transformer $\lambda/4$ dan resistor isolasi [4]

Adapun proses kerja dari power divider tersebut yaitu pada port keluaran masing – masing keluaran 50Ω dan dua saluran dihubungkan resistor 100Ω secara paralel, apabila terjadi *mismatch* pada salah satu *port* keluarannya, maka sinyal pantul akan terbagi dua dan memisah melalui saluran transmisi. Dari sinyal pantul tersebut yang dikembalikan ke *port* masukan tadi, akan terbagi dua lalu menuju ke dua port keluaran yang ada sehingga pada *port* keluaran terdapat dua buah sinyal dengan amplituda yang sama, namun fasanya berbeda 180^0 yang secara sempurna akan saling menghilangkan [3].

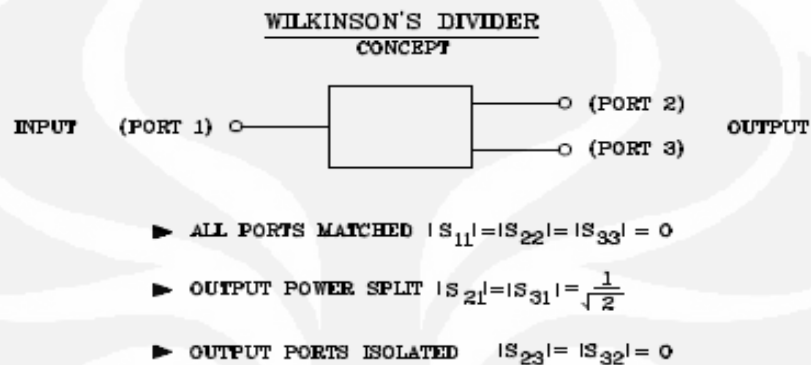
Proses kerja dari power combiner, yaitu sama seperti power divider. Pada combiner, misalkan sinyal input berada di port 2, dalam hal ini sinyal dibagi ke port 1 dan resistor R1 [Gambar.2.4], resistor R1 digunakan untuk mengisolasi port 2 dan port 3. Setiap inputan dari port 2 dan port 3, setengah daya sinyal menuju ke resistor dan setengah ke port 1. Pada *port* keluaran (port 1 dan pemisahan port 2 ke resistor), terdapat dua buah sinyal dengan amplituda yang sama, namun fasanya berbeda 180^0 yang secara sempurna akan saling menghilangkan, sehingga sinyal yang masuk ke resistor akan hilang dan pada port 3 tidak ada sinyal yang masuk [3].

Transformer $\lambda/4$ digunakan dalam rangkaian ini untuk memudahkan kita dalam memahami kondisi *match*. *Match* dari *port* keluaran sangatlah penting untuk transfer daya yang maksimum dari masukan ke keluaran atau sebaliknya. Jika *port* keluaran *match*, maka tidak ada daya yang dipantulkan dari *port* keluaran.

2.1.3 S-parameter

Scattering parameter atau disingkat S-parameter berhubungan dengan penggunaan 2 port input/output. S parameter menghasilkan pengukuran

gelombang berjalan yang dihamburkan atau dipantulkan ketika sebuah jaringan dimasukkan kedalam sebuah jalur saluran transmisi yang mempunyai parameter impedansi tertentu (Z_l). S parameter diukur dalam dB (deciBell). Konsep Wilkinson divider menggambarkan S parameter dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Keterangan gambar:

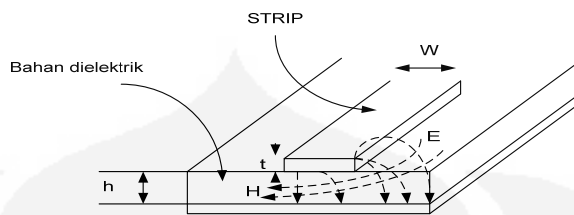
- S11 = power yang dipantulkan dari terminal input 1.
- S12 = power yang disalurkan dari terminal input 1 ke terminal output 2.
- S13 = power yang disalurkan dari terminal input 1 ke terminal output 3.
- S21 = power yang disalurkan dari terminal output 2 ke terminal input 1.
- S22 = power yang dipantulkan dari terminal output 2.
- S23 = power yang disalurkan dari terminal output 2 ke terminal output 3.
- S31 = power yang disalurkan dari terminal output 3 ke terminal input 1.
- S32 = power yang disalurkan dari terminal output 3 ke terminal output 2.
- S33 = power yang dipantulkan dari terminal output 3.

Gambar 2.8. Konsep S-parameter dalam Wilkinson Divider

2.2 Saluran Mikrostrip

Saluran transmisi Mikrostrip terdiri dari potongan konduktor dan sebuah *ground plane* yang dipisahkan oleh dielektrik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9. Saluran mikrostrip banyak dipakai dalam penguat daya gelombang mikro, *filter* gelombang mikro, *mixer* gelombang mikro karena mudah dibuat dengan teknik cetak rangkaian (*printed-circuit*). Penggantian induktansi dan kapasitansi

yang kecil biasa dipakai dalam rangkaian *matching* dan dengan mudah dapat direalisasikan dengan saluran mikrostrip pada frekuensi gelombang mikro [1].

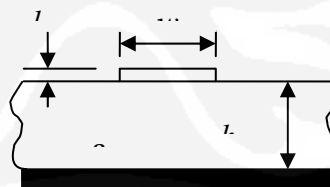


Gambar 2.9. Penampang melintang saluran mikrostrip dan distribusi medan magnetik H dan medan listrik E

Pada mikrostrip, medan listrik dan medan magnet tidak memenuhi substrat sepenuhnya, sehingga mode propagasinya bukan mode propagasi *Transverse Electromagnetic Mode* (TEM) murni melainkan mode quasi TEM. Hal ini terjadi karena mikrostrip hanya terdiri dari sebuah *ground plane* saja. Sehingga hanya bagian yang terdiri dari dielektrik saja yang dipenuhi oleh medan listrik dan magnet [3].

2.2.1 Impedansi Karakteristik Saluran Transmisi Mikrostrip

Dilihat dari Gambar 2.10, Saluran transmisi mikrostrip terdiri dari konduktor dengan lebar w , ketebalan bahan (h), dan permitivitas efektif relatif (ϵ_r). Adapun Impedansi karakteristik saluran transmisi mikrostrip merupakan parameter penting untuk menentukan lebar (w).



Gambar 2.10. Penampang saluran transmisi mikrostrip

Berikut dibawah ini, persamaan impedansi karakteristik dari saluran transmisi mikrostrip[2]:

- a. Untuk $w/d < 1$

$$Z_0 = \frac{60}{\epsilon_{eff}} \ln \left(\frac{8d}{w} + \frac{w}{4d} \right) \quad (2.1)$$

b. Untuk $w/d > 1$

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \left[\frac{w}{d} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{w}{d} + 1.444 \right) \right]} \quad (2.2)$$

2.2.2 Konstanta Dielektrik Efektif

Konstanta dielektrik dari suatu saluran mikrostrip dipengaruhi oleh konstanta dielektrik relative (ϵ_r), tinggi (h) dari substrat dielektrik, lebar (w) dari konduktor strip dan juga frekuensi operasi untuk $t/h \ll 0.005$ yang dikemukakan oleh Bahl dan Triveli.

a. untuk $w/h < 1$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{w} \right)}} + 0.04 \left(1 - \left(\frac{w}{h} \right) \right)^2 \right] \quad (2.3)$$

b. untuk $w/h \geq 1$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{w} \right)}} \quad (2.4)$$

2.2.3 Panjang Gelombang $\frac{1}{4} \lambda$

Quarter wave transformer (transformator $\frac{1}{4} \lambda$) merupakan potongan saluran transmisi dengan panjang $\frac{1}{4} \lambda$ yang memiliki kemampuan dapat mentransformasikan suatu impedansi riil ke impedansi riil yang lain. Selain itu, penambahan transformator $\lambda/4$ bertujuan untuk memperlebar *bandwidth* saluran.

Panjang gelombang dalam saluran transmisi mikrostrip tergantung pada konstanta dielektrik efektif yaitu :

$$\lambda_c = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{f_c \cdot \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.5)$$

$$L_n = \frac{\lambda_c}{4} \quad (2.6)$$

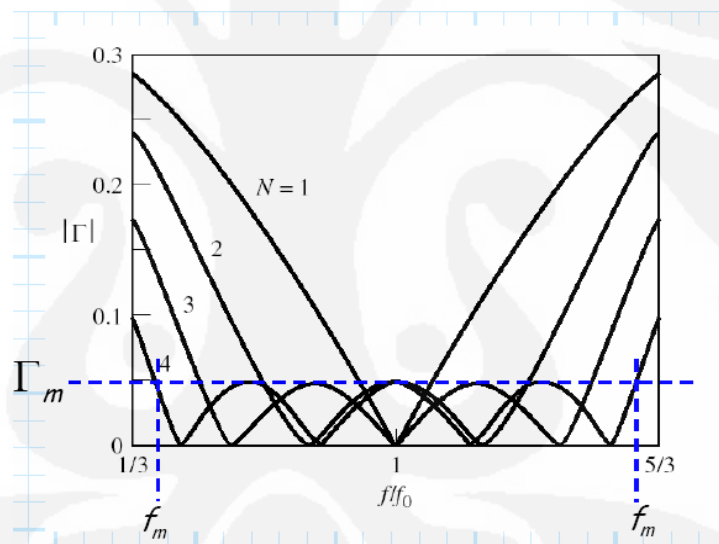
λ_0 = panjang gelombang dalam ruang bebas

Dimana: L_n = panjang saluran transmisi pada *section* n

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

2.3 Chebyshev Matching Transformer

Sebuah *Transformer* tipe *Chebyshev* dapat menghasilkan bandwidth yang lebih besar dari tipe *Transformer Binomial*. Peningkatan *bandwidth* ini juga menyebabkan peningkatan *ripple* dalam teknik *matching transformer*. *Transformator Chebyshev* dirancang dengan cara menyamakan $\Gamma(\theta)$ dengan *Polinomial Chebyshev*. [7]. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.10 dibawah ini:



Gambar 2.11. Koefisien *Reflection Magnitude* vs Frekuensi pada *Chebyshev Transformer*

Orde ke n dari *Polinomial Chebyshev* adalah polinomial dengan derajat n, dan dinyatakan dengan $T_n(x)$. Dua *Polinomial Chebyshev* pertama adalah:

$$T_1(x) = x \quad (2.7)$$

$$T_2(x) = 2x^2 - 1 \quad (2.8)$$

Orde yang lebih tinggi dapat dicari dengan formulasi:

$$T_n(x) = 2xT_{n-1}(x) - T_{n-2}(x) \quad (2.9)$$

- Untuk $-1 \leq x \leq 1$, $T_n(x) \leq 1$. Pada daerah ini *Polinomial Chebyshev* berosilasi diantara ± 1 . Ini merupakan sifat *equal ripple*.

- b. Untuk $|x| > 1$, $T_n(x) > 1$, dan kenaikan makin tajam untuk n yang lebih besar.

Bila x diganti dengan $\cos \theta$, maka akan diperoleh $1 \leq T_n(\cos \theta) \leq 1$, untuk $0 \leq \theta \leq \pi$. Yang berhubungan dengan $|x| \leq 1$. Karena itu polynomial chebyshev akan menjadi:

$$T_n(\cos \theta) = \cos n \theta$$

Dengan mengingat $\cos n \theta = \cos (n-2m) \theta$, untuk $N=2$, dapat dituliskan menjadi:

$$T_1(\sec \theta_m \cos \theta) = \sec \theta_m \cos \theta \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} T_2(\sec \theta_m \cos \theta) &= \sec^2 \theta_m (1 + \cos 2\theta) - 1 \\ &= \sec^2 \theta_m \cos 2\theta + (\sec^2 \theta_m - 1) \end{aligned} \quad (2.11)$$

Langkah-langkah untuk menentukan impedansi transformasi tiap tingkat adalah sebagai berikut [7]:

1. Tentukan nilai N (jumlah elemen *stub matching*), mengacu kepada bandwidth dan ripple yang dibutuhkan. Bandwidth berhubungan dengan N , semakin besar N , semakin besar bandwidth. Ripple berhubungan dengan koefisien refleksi (Γ_m). Persamaan polynomial:

$$\Gamma_m = \frac{Z_l - Z_o}{Z_l + Z_o} \quad (2.12)$$

Dimana: Z_l = Impedansi beban saluran (ohm)

Z_o = Impedansi beban input (ohm)

$$\Gamma_m = |A| \quad (2.13)$$

2. Tentukan fungsi chebyshev

$$\Gamma(\theta) = A e^{-jN\theta} T_N(\sec \theta_m \cos \theta) \quad (2.14)$$

$$\sec \theta_m = \pm \cosh \left[\frac{1}{N} \cosh^{-1} \left(\frac{1}{2\Gamma_m} \left| \ln \frac{Z_l}{Z_o} \right| \right) \right] \quad (2.15)$$

$$\text{Dimana: } \cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$\cosh^{-1} x = \pm \ln(x + \sqrt{x^2 - 1}), x \geq 1, y \geq 0$$

$$\text{arc sec}(x) = \sec^{-1} x = \cos^{-1} \left(\frac{1}{x} \right)$$

3. Tentukan semua nilai T_N , dengan cara menyamakan pola dengan persamaan multisection transformer:

$$\Gamma(\theta) = 2e^{-jN\theta} [\Gamma_0 \cos N\theta + \Gamma_1 \cos(N-2)\theta + \dots \\ \dots \Gamma_n \cos(N-2n)\theta + \dots G(\theta)] \quad (2.16)$$

$$G(\theta) \begin{cases} \frac{1}{2} \Gamma_{N/2} & \text{Untuk } N \text{ genap} \\ \Gamma_{(N-1)/2} & \text{Untuk } N \text{ ganjil} \end{cases}$$

Dimana: N = jumlah elemen *stub matching*

Γ = koefisien refleksi

n = elemen ke- n *stub matching*

Untuk Γ dengan jumlah N tertentu, berlaku:

$$\Gamma_0 = \Gamma_4$$

$$\Gamma_1 = \Gamma_3$$

4. Hitung nilai Impedansi Karakteristik saluran ke- n (Z_n) dengan persamaan

$$\Gamma_n = \frac{1}{2} \ln \frac{Z_n + 1}{Z_n} \quad (2.17)$$

$$Z_n = Z_{(n-1)} e^{2\Gamma(n-1)} \quad (2.18)$$

5. Tentukan nilai $l = \lambda_0/4$

Pada saluran transmisi mikrostrip, langkah selanjutnya setelah mendapatkan nilai impedansi karakteristik tiap tingkat adalah mencari lebar saluran tiap tingkat. Dimana Lebar saluran dipengaruhi oleh besarnya faktor impedansi (A) atau (B), impedansi karakteristik tiap tingkat, permitivitas relative (ϵ_r). Dibawah ini persamaan-persamaan untuk menentukan lebar (w) saluran tiap tingkat:

- a. bila $\frac{w}{h} < 2$; h = ketebalan bahan

$$\frac{w}{h} = \frac{8.e^A}{e^{2A} - 2} \quad (2.19)$$

$$\text{Dimana } A = \frac{z_0}{60} \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right)$$

b. bila $\frac{w}{h} > 2$

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \quad (2.20)$$

$$\text{Dimana } B = \frac{377\pi}{20 \cdot Z_0 \cdot \sqrt{\epsilon_r}}$$

Setelah impedansi transformasi tiap tingkat dan lebar saluran diketahui maka langkah selanjutnya adalah menentukan koefisien pantul dan redaman tiap tingkat saluran *microstrip*:

1. Menentukan koefisien pantul (Γ) tiap tingkat

$$\Gamma = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} \quad (2.21)$$

Dimana: Z_1 = Impedansi masukan

Z_0 = Impedansi keluaran

2. Menentukan redaman tiap tingkat (α)

$$\text{a. } \alpha_d = \frac{k_0 \epsilon_r (\epsilon_{eff} - 1) \tan \delta}{2 \sqrt{\epsilon_{eff}} (\epsilon_r - 1)} \quad (2.22)$$

$$\text{b. } k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0} \quad (2.23)$$

$$\text{c. } \alpha_c = \frac{R_s}{Z_0 w} \quad Np/m \quad (2.24)$$

$$\text{d. } \alpha_c = \frac{R_s}{Z_0 w} \quad Np/m \quad (2.25)$$

$$\text{e. } R_s = \sqrt{\omega \mu_0 / 2\sigma} \quad (2.26)$$

$$\text{f. } \alpha = \alpha_c + \alpha_d \quad (2.27)$$

Dimana: α_d = Dielektrik loss (Np/m)

λ_0 = panjang gelombang (m)

$\tan \delta$ = rugi-rugi tangen dielektrik (~ 0.02)

R_s = konduktor *surface resistivity* (ohm)

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}; \sigma = 5,813 \cdot 10^7 \text{ S/m (Konduktifitas copper)}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\epsilon_{\text{eff}} = \text{Impedansi keluaran}$$

$$\alpha_c = \text{konduktor loss (Np/m)}$$

$$\alpha = \text{faktor redaman total (dB/m)}$$

Untuk mendapatkan perhitungan S-parameter (*Scatter-parameter*) yang mana dapat ditunjukkan untuk mendapatkan nilai VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) dari tiap *port* rangkaian, dirumuskan:

$$\text{Return Loss} = (S_{\text{detektor}} + S_{\text{port}}) \quad (2.28)$$

$$\text{Return loss} = 20 \log |\Gamma| \quad (2.29)$$

$$\text{VSWR} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.30)$$

Dimana: S_{detektor} = *Scatter* parameter detektor = 0 dB

S_{port} = *Scatter* parameter pengukuran (dB)

Γ = Koefisien refleksi

2.4 Pemilihan Bahan

Konstanta dielektrik relative ϵ_r , sebagian besar akan mempengaruhi bandwidth, toleransi fabrikasi, impedansi transformasi dan saluran transmisi. Ukuran setiap jalur/*strip* juga dipengaruhi oleh konstanta dielektrik.

Untuk jalur/*strip* yang beroperasi pada frekuensi (f), ketebalan (h), maka substrat harus memenuhi [9]:

$$h \leq \frac{0.3c}{2\pi f \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.31)$$

Dimana: c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s).

BAB III

PERANCANGAN DAN SIMULASI ALAT

3.1 Spesifikasi Power Combiner

Power combiner yang akan direalisasikan ini memiliki 2 input dan 1 output, memiliki spesifikasi desain sebagai berikut :

- a. Frekuensi kerja = 2300 MHz – 2500 MHz, pada $VSWR \leq 1,43$.
- b. Frekuensi *center* = 2400 MHz.
- c. Level daya keluaran kedua *port* sama (kondisi ideal).
- d. *Insertion loss* < 1 dB. Idealnya 0 dB, yang artinya tidak ada daya yang hilang selama perambatan di saluran.
- e. *Isolation*. Semakin besar isolasi antar port, maka semakin kecil juga daya yang hilang pada suatu port akibat pengaruh perambatan daya pada port yang bercabang.
- f. *Return loss* ≤ -15 dB. Semakin besar harga return loss, semakin banyak daya yang dipantulkan kembali, yang berarti tidak ada daya yang hilang.

Bahan yang digunakan pada perancangan *power combiner* ini yaitu PCB (*Printed Circuit Board*) jenis FR4 fiber, dimana memiliki spesifikasi sebagai berikut (referensi: lampiran 1):

- a. Permittivitas relatif bahan (ϵ_r) = 4,4
- b. Tebal dielektrik (h) = 1 mm
- c. Tebal konduktor (t) ≈ 0 (bisa diabaikan)
- d. Rugi-rugi tangeren : 0,02

Perancangan *power combiner* ini menggunakan *microstrip line*, dimana memerlukan satu buah PCB *single layer*.

3.2 Perancangan Secara Teoritis

3.2.1 Menentukan Tebal Subtrat

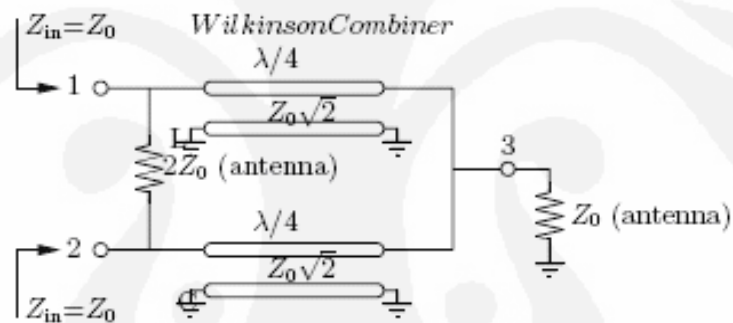
Untuk jalur/*strip* yang beroperasi pada frekuensi tengah (f_c), maka ketebalan (h) substrat harus memenuhi persamaan (2.21) berikut:

$$h \leq \frac{0,3c}{2\pi \cdot f_c \cdot \sqrt{\epsilon_r}} = h \leq \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10^8}{2\pi \cdot 2,4 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{4,4}} = h \leq 2,846 \text{ cm}$$

Artinya untuk frekuensi 2,4 GHz ketebalan substrat yang diperbolehkan maksimal 2,846 cm. Dipasaran tersedia $h = 1 \text{ mm}$, sehingga tebal ini memenuhi syarat.

3.2.2 Diagram Blok Alat

Pada Gambar 3.1 dibawah dapat dilihat blok penggunaan Wilkinson power combiner:



Keterangan gambar :

- Port 1 dan Port 2 sebagai imputan combiner, Port 3 sebagai keluaran
- $Z_{in} \text{ port } 1 = Z_{in} \text{ port } 2 = Z_0 \text{ combiner}_{1,2}$
- $2 Z_0 = 2 \times Z_0 \text{ impedansi masukan} = 2 \times 50 \text{ ohm} = 100 \text{ ohm}$
- $Z_0 \sqrt{2} = \text{Impedansi saluran microstrip wilkinson ideal (ohm)}$
- $\frac{\lambda}{4} = \text{panjang saluran mikrostrip (transformer } \frac{\lambda}{4} \text{)}$

Gambar 3.1. Diagram blok alat secara umum

3.2.3 Menentukan Impedansi Karakteristik Tiap Tingkat

Pada Gambar 2.4. jika terbalik, daya *input* dihubungkan dengan kedua *port input* yang memiliki impedansi karakteristik 50 Ω. Kemudian daya tersebut digabung menjadi satu dengan amplituda dan fasa tertentu dan berjalan ke *port* keluaran. Pada perancangan *power divider/combiner* ini menggunakan beban (Z_L) 100Ω agar *match* dengan impedansi karakteristik (Z_0) 50Ω.

Dengan menggunakan persamaan (2.7) sampai (2.18), akan diperoleh nilai impedansi untuk tiap tingkat, adalah sebagai berikut:

$$N = 2 \text{ (jumlah tingkat)}$$

$$Z_L = 100 \text{ ohm (impedansi beban wilkinson divider), } Z_0 = 50 \text{ ohm}$$

$$\text{a). } \Gamma_m = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{100 - 50}{100 + 50} = \frac{50}{150} = \frac{1}{3} = 0,3$$

$$\Gamma_m = |A|, A = 0,3$$

$$\text{VSWR} = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} = \frac{1 + 0,3}{1 - 0,3} = 1,85$$

$$\text{b). } \text{Sec } \theta_m = \cosh \left[\frac{1}{2} \cosh^{-1} \left(\frac{1}{2 \times 0,3} \left| \ln \frac{100}{50} \right| \right) \right]$$

$$\text{Sec } \theta_m = \cosh (0,2188)$$

$$\text{Sec } \theta_m = 1,024 : \text{ maka } \theta_m = \text{arc sec } 1,024$$

$$\theta_m = 12,42^\circ$$

$$\text{c). } \Gamma(\theta) = 2e^{-j2\theta} \left[\Gamma_0 \cos 2\theta + \frac{1}{2} \Gamma_1 \right]$$

$$= A e^{-j2\theta} T_2(\text{sec } \theta_m \cos \theta)$$

$$T_2(\text{sec } \theta_m \cos \theta) = \text{sec}^2 \theta_m \cos 2\theta + (\text{sec}^2 \theta_m - 1)$$

$$\Gamma(\theta) = 2e^{-j2\theta} \left[\Gamma_0 \cos 2\theta + \frac{1}{2} \Gamma_1 \right] \quad (3.1)$$

$$= A e^{-j2\theta} (\text{sec}^2 \theta_m \cos 2\theta + (\text{sec}^2 \theta_m - 1)) \quad (3.2)$$

Dengan menyamakan persamaan (3.1) dan (3.2)

$$\Gamma_0 = \frac{A}{2} \text{sec}^2 \theta_m, \text{ --> } \Gamma_0 = \frac{0,3}{2} \text{sec}^2(12,42) = 0,157$$

$$\Gamma_1 = A (\text{sec}^2 \theta_m - 1), \text{ --> } \Gamma_1 = 0,3 \{ \text{sec}^2(12,42) - 1 \} = 0,014$$

d). Impedansi karakteristik saluran:

$$Z_{in} = 50 \Omega \text{ (Impedansi masukan awal saluran)}$$

$$Z_1 = Z_0 e^{2\Gamma_0} = 50 e^{2 \times 0,157} = 68,44 \Omega \text{ (Impedansi } \lambda/4 \text{ transformer pertama)}$$

$$Z_2 = Z_1 e^{2\Gamma_1} = 68,44 e^{2 \times 0,014} = 70,38 \Omega \text{ (Impedansi } \lambda/4 \text{ transformer kedua)}$$

3.2.4 Menentukan Lebar Saluran Pada Tiap Tingkat

Dengan menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20) untuk mendapatkan nilai lebar saluran pada tiap tingkat, adalah sebagai berikut ; Impedansi transformasi untuk lebar Strip ($w/h < 2$) adalah

$$Z_1 = 68,44 \Omega$$

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

$$A = \frac{68,44}{60} \sqrt{\frac{4,4 + 1}{2}} + \frac{4,4 - 1}{4,4 + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{4,4} \right) = 2,034$$

$$\frac{w_1}{h} = \frac{8 \cdot e^A}{e^{2A} - 2} = \frac{8 \cdot e^{2,034}}{e^{2 \times 2,034} - 2} = 1,083$$

$$w_1 = 1,083 \times 1 \text{ mm} = 1,083 \text{ mm}$$

Dengan memasukkan nilai $Z_2 = 70,38 \Omega$ dan $Z_3 = 70,71 \Omega$, didapatkan nilai $w_2 = 1,023 \text{ mm}$ dan $w_3 = 1,013 \text{ mm}$

3.2.5 Menentukan ϵ_{eff} dan λ

Permittivitas Efektif (ϵ_{eff}) dan Panjang Gelombang (λ), didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.3), (2.5) dan (2.6) untuk panjang gelombang pada tiap tingkat transformer dengan frekuensi tengah (f_c) = 2400 MHz, didapatkan:

$$Z_1 = 68,44 \Omega$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \sqrt{1 + \frac{12h}{w_1}}} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2 \sqrt{1 + \frac{12 \cdot 1}{1,083}}} = 3,189$$

$$\lambda_1 = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2400 \cdot 10^6 \sqrt{3,189}} = 6,999 \text{ cm}$$

Dengan memasukkan nilai $Z_2 = 70,38\Omega$ dan $Z_3 = 70,71\Omega$, didapatkan $\lambda_2 = 7,013\text{cm}$ dan $\lambda_3 = 7,016\text{cm}$.

3.2.6 Menentukan Panjang Saluran Transformer $\lambda/4$

Pada perancangan *power divider/combiner* ini, untuk mengurangi efek *diskontinuitas* yang terjadi antar sambungan akibat lebar saluran yang berlainan, maka diperlukan kompensasi $\lambda/4$ pada bagian pemisah dayanya. Selain itu, penambahan kompensasi $\lambda/4$ bertujuan untuk memperlebar *bandwidth* saluran. Dengan persamaan (2.6) didapatkan panjang saluran transformer $\lambda/4$ untuk tiap tingkat saluran:

$$L_1 = \frac{\lambda_1}{4} = \frac{6,999 \text{ cm}}{4} = 1,749 \text{ cm}$$

Dengan memasukkan $\lambda_2 = 7,013\text{cm}$ dan $\lambda_3 = 7,016\text{cm}$ kedalam persamaan diatas didapatkan nilai $L_2 = 1,753 \text{ cm}$ dan $L_3 = 1,754 \text{ cm}$

3.2.7 Karakteristik Power Divider/Combiner

3.2.7.1 Estimasi Koefisien Pantul Tiap Tingkat

a. Menentukan Perkiraan Impedansi Karakteristik Tiap Tingkat

Untuk mendapatkan perkiraan impedansi karakteristik tiap tingkat (berdasarkan dimensi saluran mikrostrip) menggunakan persamaan (2.2), dimana impedansi tersebut dapat menunjukkan estimasi pantulan untuk tiap tingkat.

a. Menentukan impedansi Z_1

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w_1}}} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12 \cdot 1}{1,083}}} = 3,189$$

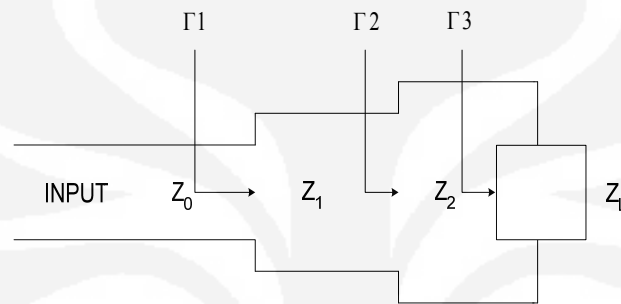
$$Z_1 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \cdot \frac{1}{\left[\frac{w_1}{h} + 1,393 + 0,667 \ln \left(\frac{w_1}{h} + 1,444 \right) \right]}$$

$$Z_1 = \frac{120\pi}{\sqrt{3,189}} \cdot \frac{1}{\left[\frac{1,083}{1} + 1,393 + 0,667 \ln \left(\frac{1,083}{1} + 1,444 \right) \right]} = 68.189 \Omega$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilai $Z_2 = 70.049 \Omega$ dan $Z_3 = 70,368 \Omega$.

b. Menentukan Koefisien Pantul

Setelah impedansi karakteristik tiap tingkat diketahui, selanjutnya menentukan koefisien pantul (Γ). Koefisien pantul disebabkan oleh setiap tahapan pada impedansi karakteristik saluran transmisi. Seperti contoh sebuah *three-section quarter-wave transformer*, yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2, dengan panjang $l = \lambda/4$ (secara umum, diasumsikan bahwa $Z_L > Z_0$).



Gambar 3.2. Sebuah *two - section quarter-wave transformer*

Untuk mendapatkan koefisien pantul dari saluran transmisi mikrostrip digunakan persamaan (2.21).

$$\Gamma_1 = \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} = \frac{68,189 - 50,193}{68,189 + 50,193} = 0,152$$

Dengan cara yang sama didapatkan $\Gamma_2 = 0,013$ dan $\Gamma_3 = 0,173$.

3.2.7.2. Menentukan Redaman Tiap Tingkat

Untuk menentukan redaman pada saluran transmisi mikrostrip digunakan persamaan (2.21) - (2.27). Dengan memasukkan nilai spesifikasi awal rancangan:

$$fc = 2400 \text{ MHz}; \epsilon_r = 4,4; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}; \tan \delta = 0,02.$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} (\mu_0 = \text{Permeabilitas ruang bebas}); \sigma = 5,813 \cdot 10^{-7} \text{ S/m}$$

Didapatkan:

$$k_0 = \frac{2\pi \cdot f}{c} = \frac{2\pi \cdot 2400 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^8} = 50,24$$

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 2400 \cdot 10^6 = 1,5072 \cdot 10^{10}$$

$$R_s = \sqrt{\omega\mu_0 / 2\sigma} = \sqrt{\frac{1,5072 \cdot 10^{10} \cdot 4\pi \cdot 10^7}{2,5,813 \cdot 10^7}} = 0,1276 \cdot 10^{-6}$$

a. Untuk $Z_1 = 68.189 \Omega$, $\epsilon_{eff1} = 3,189$, $w1 = 1,083$ mm

$$\alpha_d = \frac{k_0 \epsilon_r (\epsilon_{eff} - 1) \tan \delta}{2\sqrt{\epsilon_{eff}} (\epsilon_r - 1)} = \frac{50,24 \cdot 4,4 \cdot (3,189 - 1) \cdot 0,02}{2 \cdot \sqrt{3,189} (4,4 - 1)} = 0,7969 \text{ Np / m}$$

$$\alpha_c = \frac{R_s}{Z_1 \cdot w1} = \frac{0,1276 \cdot 10^{-6}}{68,189 \cdot 1,083} = 1,7278 \cdot 10^{-9} \text{ Np / m}$$

$$\alpha = \alpha_d + \alpha_c = (0,7969 + 1,7278 \cdot 10^{-9}) \text{ Np / m} = 0,7969 \text{ Np / m}$$

$$\alpha = 0,7969 \cdot 8,688 = 6,9234 \text{ dB / m}$$

$$\alpha_1 = L_1 \cdot 6,9234 = 0,01749 \cdot 6,9234 = 0,1210 \text{ dB}$$

Artinya pada saluran transmisi mikrostrip tingkat pertama sepanjang $\lambda/4$ terjadi redaman sebesar 0,1210 dB.

Dengan cara yang sama, bila nilai $Z_2 = 70,049 \Omega$, $\epsilon_{eff2} = 3,176$, $w2 = 1,023$ mm dan $Z_3 = 70,368 \Omega$, $\epsilon_{eff3} = 3,174$, $w3 = 1,013$ mm, dimasukkan kedalam perhitungan didapatkan: $\alpha_2 = 0,1208$ dB dan $\alpha_3 = 0,0119$ dB.

Artinya pada saluran transmisi mikrostrip dengan impedansi karakteristik ($Z_0 = 50$ Ohm) terjadi redaman sebesar 0,0119 dB.

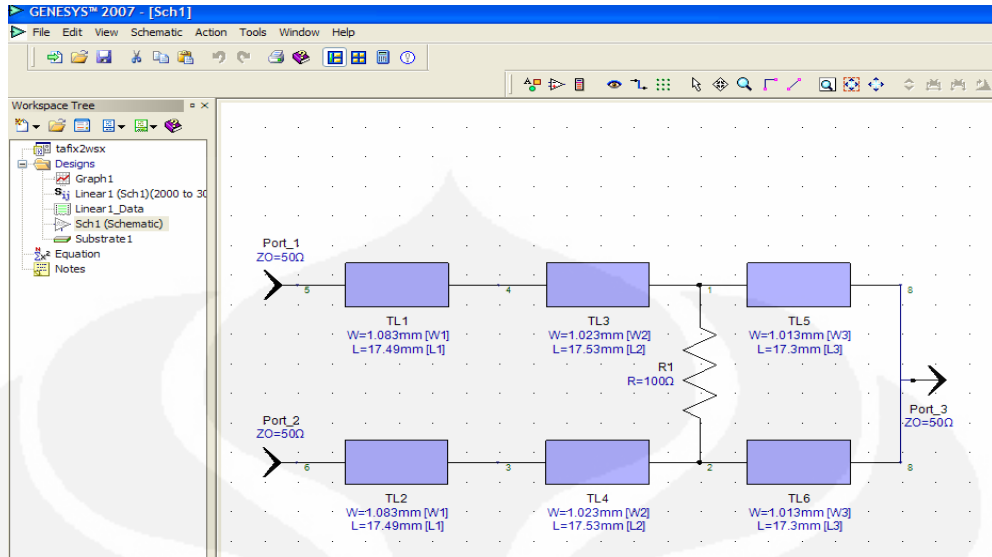
Sehingga dapat diketahui bahwa estimasi redaman total yang terjadi sepanjang saluran transmisi pada *power combiner* ialah sebagai berikut:

$$\alpha_{total} = (0,1210 + 0,1208 + 0,0119) \text{ dB} = 0,2537 \text{ dB}$$

Untuk saluran *combiner* dengan impedansi masukan awal 50 Ohm, redaman yang terjadi sebanyak dua kali karena saluran transmisi dirancang pada satu masukan dan dua keluaran.

3.3. Perancangan Secara Simulasi

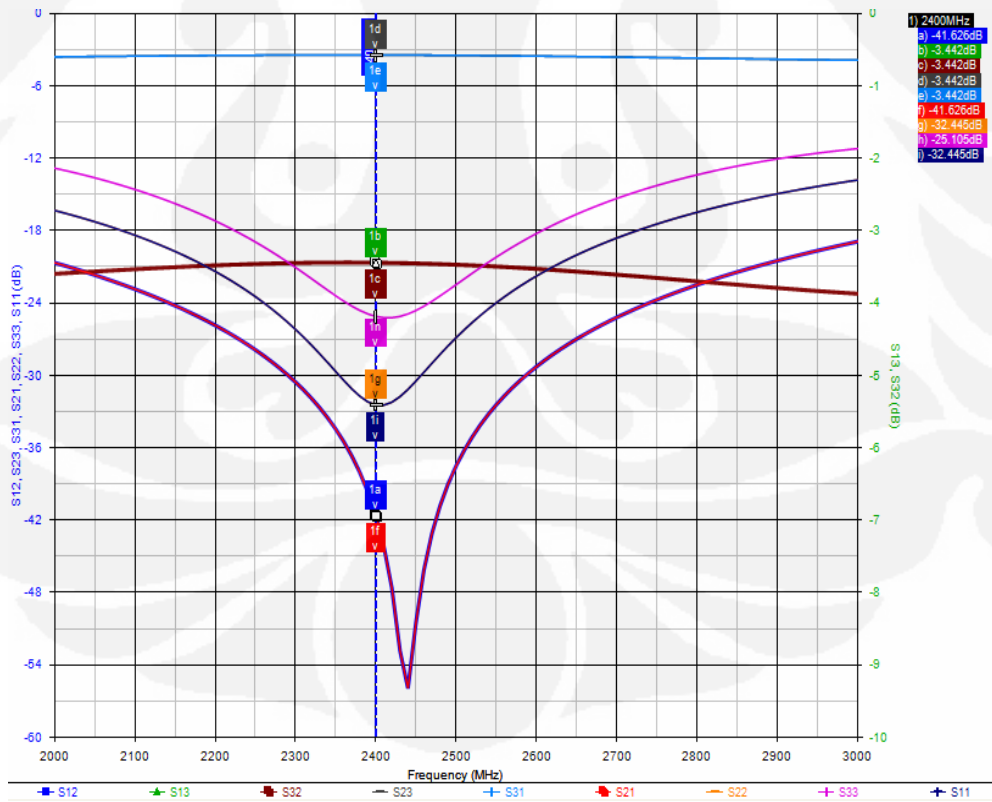
Perancangan secara simulasi menggunakan software Genesys 2007, ditujukan untuk menerapkan nilai parameter perhitungan secara teoritis, agar tercapai spesifikasi desain awal yang diinginkan. Layout realisasi alat secara simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3. Schematic power combiner

3.3.1 Pengukuran S-parameter

Pengukuran S-parameter secara simulasi, menghasilkan nilai-nilai S-parameter di tiap *port* dan juga S-parameter tiap *port* terhadap *port* lainnya, seperti pada Gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4. Grafik S-parameter simulasi power combiner

Hasil pengukuran S-parameter dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini :

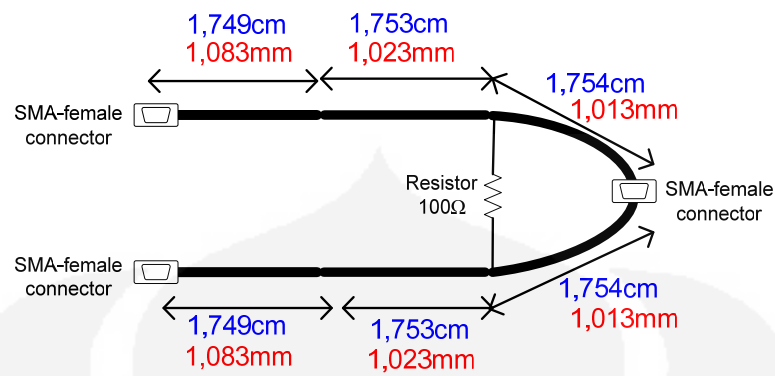
Tabel 3.1. Hasil pengukuran S-parameter dengan simulasi

Frekuensi (Mhz)	S-Parameter dalam deciBell (dB)								
	S11	S12	S13	S21	S22	S23	S33	S31	S32
2300	-26.185	-30.549	-3.447	-30.549	-26.185	-3.447	-21.046	-3.447	-3.447
2310	-26.823	-31.2	-3.445	-31.2	-26.823	-3.445	-21.508	-3.445	-3.445
2320	-27.494	-31.904	-3.443	-31.904	-27.494	-3.443	-21.98	-3.443	-3.443
2330	-28.197	-32.67	-3.442	-32.67	-28.197	-3.442	-22.456	-3.442	-3.442
2340	-28.926	-33.511	-3.441	-33.511	-28.926	-3.441	-22.93	-3.441	-3.441
2350	-29.669	-34.441	-3.44	-34.441	-29.669	-3.44	-23.395	-3.44	-3.44
2360	-30.406	-35.482	-3.44	-35.482	-30.406	-3.44	-23.839	-3.44	-3.44
2370	-31.105	-36.665	-3.44	-36.665	-31.105	-3.44	-24.249	-3.44	-3.44
2380	-31.719	-38.031	-3.441	-38.031	-31.719	-3.441	-24.608	-3.441	-3.441
2390	-32.186	-39.648	-3.441	-39.648	-32.186	-3.441	-24.899	-3.441	-3.441
2400	-32.445	-41.626	-3.442	-41.626	-32.445	-3.442	-25.105	-3.442	-3.442
2410	-32.455	-44.161	-3.444	-44.161	-32.455	-3.444	-25.212	-3.444	-3.444
2420	-32.214	-47.645	-3.445	-47.645	-32.214	-3.445	-25.212	-3.445	-3.445
2430	-31.76	-52.787	-3.447	-52.787	-31.76	-3.447	-25.107	-3.447	-3.447
2440	-31.155	-55.942	-3.45	-55.942	-31.155	-3.45	-24.902	-3.45	-3.45
2450	-30.459	-50.446	-3.452	-50.446	-30.459	-3.452	-24.613	-3.452	-3.452
2460	-29.722	-46.078	-3.455	-46.078	-29.722	-3.455	-24.255	-3.455	-3.455
2470	-28.977	-43.057	-3.458	-43.057	-28.977	-3.458	-23.848	-3.458	-3.458
2480	-28.246	-40.79	-3.462	-40.79	-28.246	-3.462	-23.406	-3.462	-3.462
2490	-27.539	-38.985	-3.466	-38.985	-27.539	-3.466	-22.944	-3.466	-3.466
2500	-26.863	-37.487	-3.47	-37.487	-26.863	-3.47	-22.472	-3.47	-3.47

Keterangan: Frekuensi 2400 MHz = frekuensi *center* rancangan

3.4 Perancangan Lay Out Power Combiner

Setelah harga Z_0 , lebar masing-masing saluran dan panjang gelombang $\lambda/4$ diperoleh, Perancangan lay-out memakai software visio 2003. Maka gambar *layout* dari *2-way power combiner* dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini :



Gambar 3.5. Design *layout* perancangan *combiner* 2:1

Keterangan desain dari perancangan *combiner* dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3.2. Nilai spesifikasi perancangan *layout combiner*

Impedansi Karakteristik $Z_0(\Omega)$	Panjang Saluran strip L (cm)	Lebar saluran W (mm)
68,44	1,749 cm	1,083
70,38	1,753 cm	1,023
70,71	1,754 cm	1,013

BAB IV

PENGUKURAN UNJUK KERJA ALAT

DAN ANALISIS DATA

4.1 Pendahuluan

Pengukuran bertujuan untuk memperoleh data-data pengukuran *power combiner* yang telah direalisasikan. Hasil pengukuran ini akan dibandingkan dengan spesifikasi *power combiner* yang telah ditentukan sebelumnya. Dari perbandingan tersebut akan diketahui karakteristik alat yang telah dibuat untuk selanjutnya dianalisis.

Parameter-parameter yang diukur pada pengukuran *power combiner* ini adalah:

- a. *Insertion Loss*
- b. Isolasi
- c. *Return Loss*
- d. Pengujian fungsi *Power Combiner*

Secara umum, Peralatan yang digunakan untuk pengukuran parameter – parameter diatas, antara lain :

1. *Advantest R3770 Network Analyzer, HP 8753E Network Analyzer*
Alat ukur ini digunakan untuk mendapatkan nilai parameter-S, *SWR*, *Bandwidth*. *Network Analyzer* akan menampilkan grafik hasil pengukuran parameter-parameter yang diukur tersebut.
2. *Multimeter digital PROHEX DT830B*
Alat ukur ini digunakan untuk pengecekan terhubungnya *stripline* yang telah dirancang sehingga menentukan pengukuran dilakukan pada DUT atau tidak.
3. Terminasi 50Ω

4.2 Data dan Asumsi Yang Digunakan

Data yang digunakan dalam perealisasiian *power combiner* ini secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

a. Data pendesainan secara teoritis

Data ini dihasilkan dengan perhitungan secara teoritis dengan menggunakan *formula* pendesainan mikrostrip secara umum.

b. Data optimisasi *power combiner*

Data optimisasi diperoleh dengan melakukan simulasi dengan menggunakan data hasil pendesainan secara teoritis sebelumnya. Simulasi yang menggunakan *software Genesys 2007*. Data optimisasi mengacu pada spesifikasi dan hasil perhitungan dengan teknik-teknik yang tidak ada dalam perhitungan teoritis seperti inisialisasi lebar lingkup udara, dan inisialisasi *port*.

c. Data hasil pengukuran *power combiner*

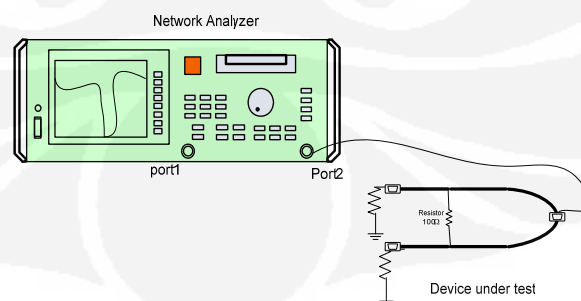
Data pengukuran hasil realisasi merupakan data yang digunakan untuk menentukan spesifikasi kerja. Data pengukuran mencakup parameter spesifikasinya. Keseluruhan data hasil pengukuran didapatkan dari pengukuran secara langsung menggunakan perangkat ukur dan hasil pengukuran langsung dalam perangkat Wireless Local Area Network (WLAN).

4.3 Pengukuran Unjuk Kerja Memakai Alat Ukur

4.3.1 Pengukuran *Return Loss*

Return Loss merupakan besar daya pantul yang disebabkan oleh tidak *matched*-nya beban dengan saluran transmisi. Besar *return loss* bergantung perbandingan tegangan yang dipantulkan dengan tegangan yang datang dari sumber. Semakin besar nilai daya yang dipantulkan kembali, semakin bagus kinerja alat tersebut.

Prosedur pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.1:

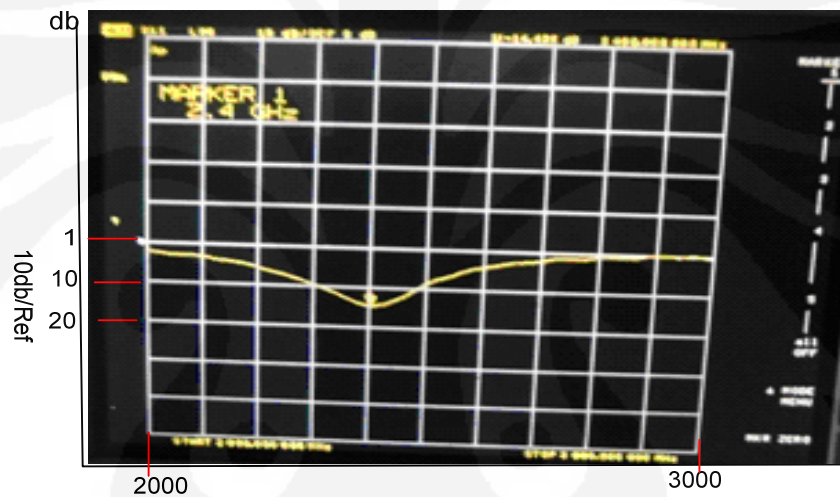


Gambar 4.1. Blok diagram pengukuran *Return Loss*

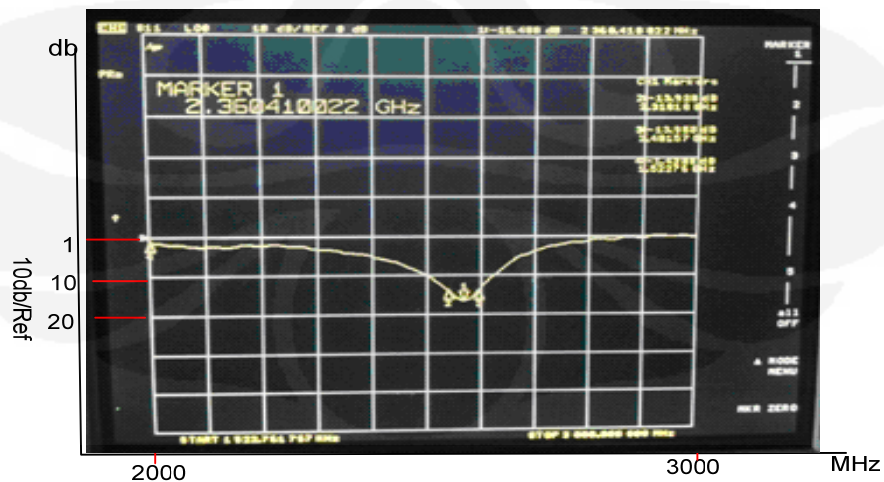
Langkah-langkah pengukuran yaitu:

1. Lakukan proses kalibrasi pada *Network Analyzer* dengan *calibration kit* yang tersedia sesuai dengan *range* frekuensi kerja *Network Analyzer*.
2. Set skala pada *Network Analyzer* pada frekuensi tengah dan *range* frekuensi dari 2000MHz sampai dengan 3000MHz.
3. Hubungkan *port 2* pada *Network Analyzer* dengan salah satu *port konektor*, *marker* frekuensi di 2400 MHz sebagai frekuensi tengah.
4. Terminasi *port-port* konektor yang tidak dipergunakan dengan beban 50 Ohm
5. Ulangi langkah 3 dan 4 untuk mengukur besar *Insertion Loss* di *port 2* dan 3.

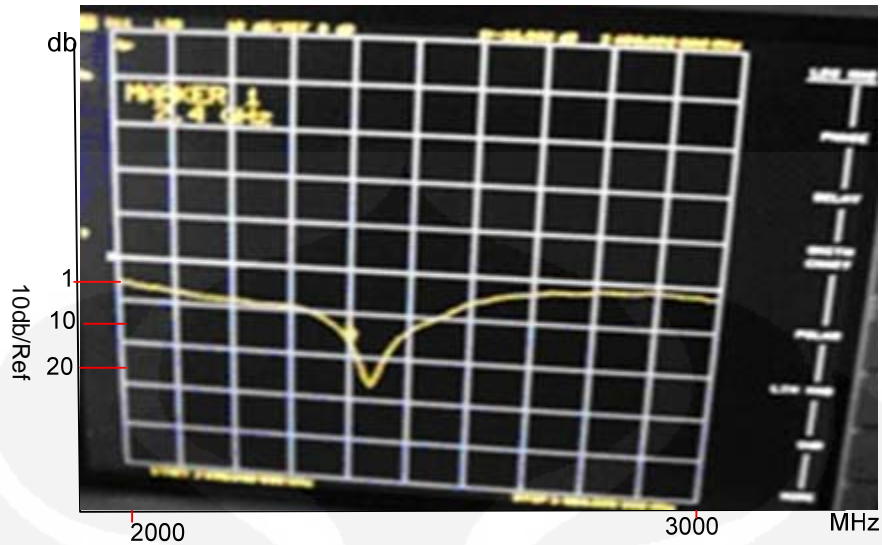
Hasil pengukuran *Returnn Loss* dapat dilihat pada Gambar 4.2 [a], [b], [c] dibawah ini :



[a]



[b]



[c]

Gambar 4.2 [a]. Hasil pengukuran *Return Loss* port 1

[b] Hasil pengukuran *Return Loss* port 2

[c] Hasil pengukuran *Return Loss* port 3

Return Loss frekuensi tengah ditiap port dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1. Hasil pengukuran *Return Loss* port

Frequency (MHz)	Return Loss (dB)		
	Port 1	Port 2	Port 3
2400	-16.19	-13.958	-17.093

4.3.1.1 Analisis hasil pengukuran *Return Loss*

Analisis pengukuran return loss dilakukan pada 3 port yaitu port 1 dan 2 sebagai port masukan dan port 3 sebagai port keluaran, analisisnya:

Pada port 1

Dari hasil pengukuran *port 1* didapatkan nilai *Return loss* pada frekuensi tengah (2400 MHz) sebesar -16.19 dB. Dengan persamaan 2.28 – 2.30, didapatkan:

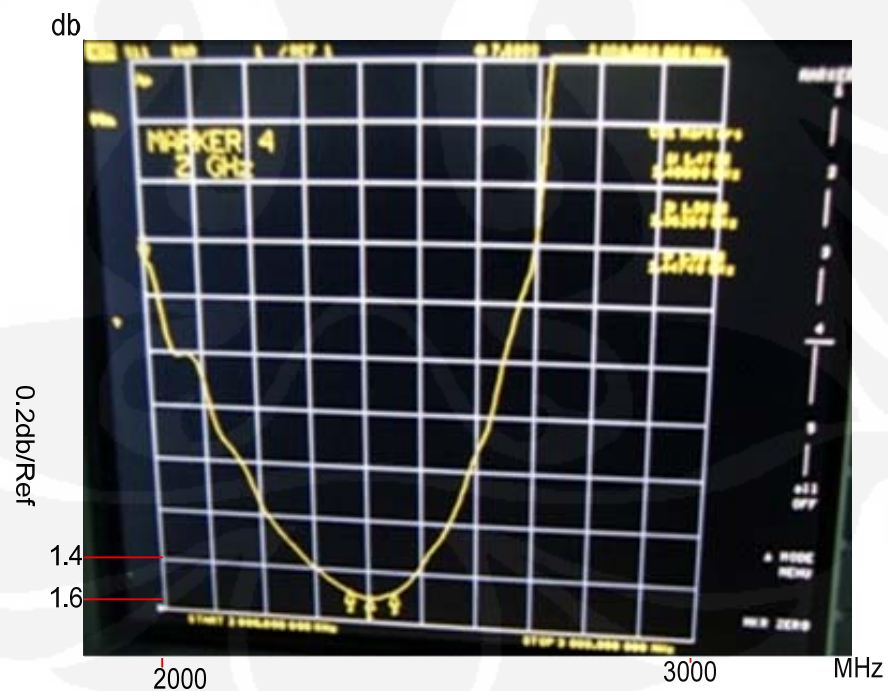
$$Return\ loss = (0 + (-16.19)) = -16.19\ dB$$

$$\begin{aligned}
 \text{Return loss} &= 20 \log |\Gamma| \\
 -16.19/20 &= \log |\Gamma| \\
 -0.8095 &= \log |\Gamma| \\
 |\Gamma| &= \log^{-1} -0.8095 \\
 |\Gamma| &= 0.1550
 \end{aligned}$$

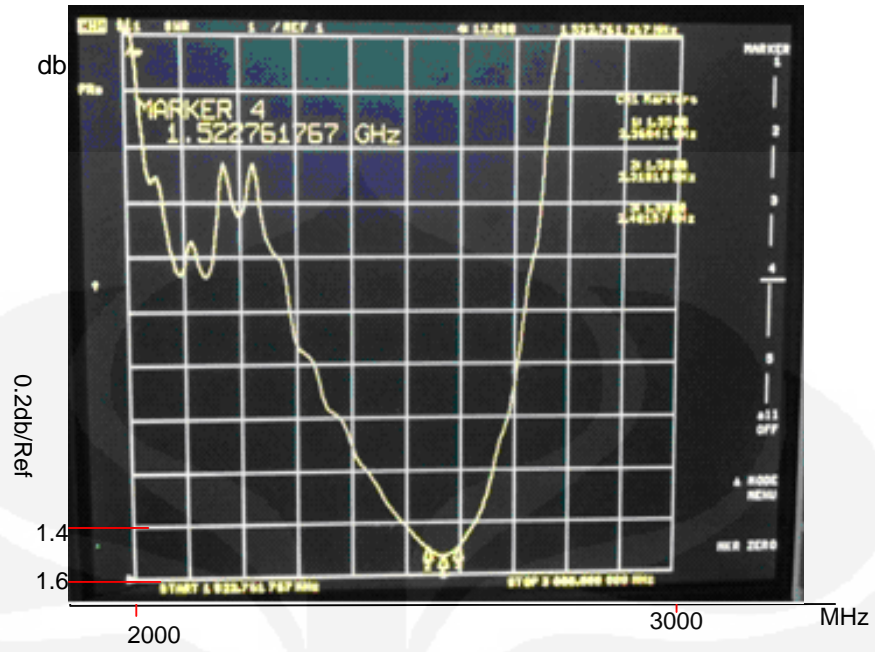
$$\begin{aligned}
 \text{VSWR} &= \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \\
 &= \frac{1+0.1550}{1-0.1550} \\
 &= 1.36
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan nilai VSWR hasil pengukuran pada port 2 = 1,5 dan port 3 = 1,32.

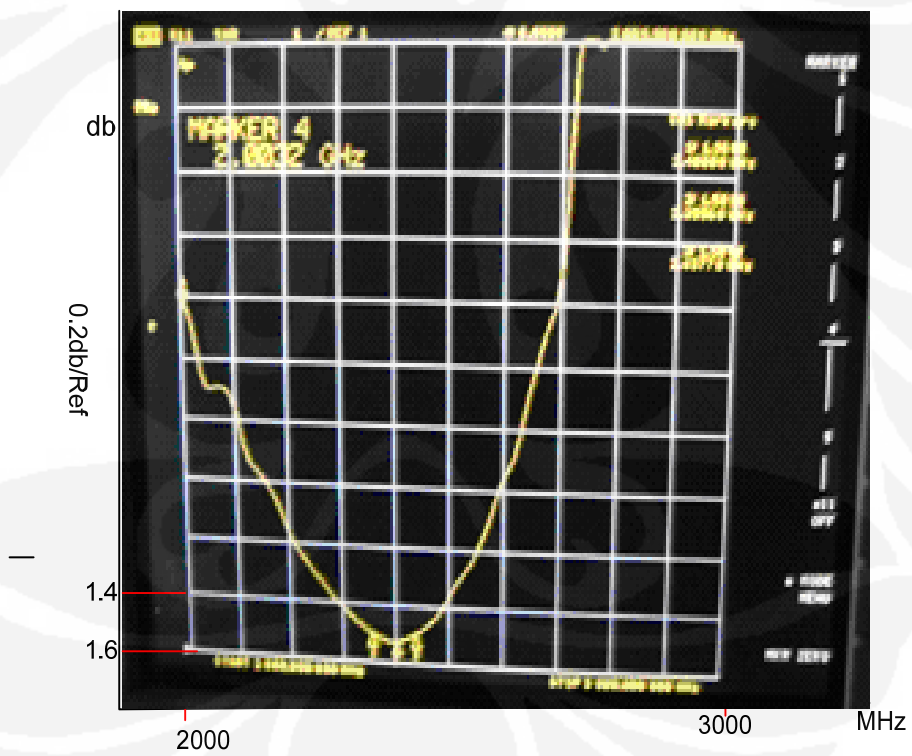
VSWR hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.3 [a], [b], [c] dibawah ini:



[a]



[b]



[c]

Gambar 4.3.[a] Hasil pengukuran SWR port 1

[b] Hasil pengukuran SWR port 2

[c] Hasil pengukuran SWR port 3

Hasil perhitungan *Return Loss* dapat dilihat pada Tabel 4.2. dibawah ini:

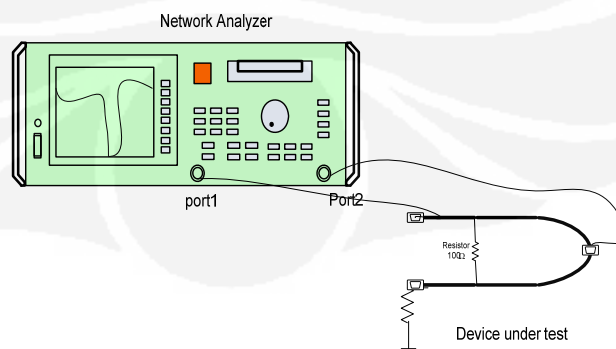
Tabel 4.2. Tabel perhitungan *Retun Loss*

Port	Frekuensi (Mhz)	Return Loss (dB)			VSWR		
		Perancangan awal	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran	Perancangan awal	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
1	2400	< -15	-32.455	-16.19	< 1.43	1.048	1.36
2	2400	< -15	-32.455	-13.958	< 1.43	1.048	1.5
3	2400	< -15	-25.105	-17.09	< 1.43	1.11	1.32

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan simulasi *Return loss*, didapatkan nilai *VSWR* di frekuensi tengah 2400 Mhz sebesar 1.048 untuk port 1 dan port 2 dan 1,11 pada port 3. Pada pengukuran dengan menggunakan *Network analyzer* didapatkan nilai *VSWR* terbesar 1.36 di port 1, 1.5 di port 2 dan 1.32 di port 3. Penyimpangan secara teoritis sebesar 0.312 untuk port 1, 0.452 pada port 2 dan 0,21 untuk port output. Penyimpangan terjadi dikarenakan faktor keakurasian alat ukur dan factor pembuatan alat. Pada port 1 dan port 3, adapun penyimbangan masih dalam *range* spesifikasi desain yaitu *VSWR* < 1.43.

4.3.2 Pengukuran *Insertion Loss*

Pengukuran *Insertion Loss* bertujuan untuk mengetahui berapa daya yang hilang pada *port* keluaran dari daya *input* yang diberikan dalam pentransmisian. Prosedur Pengukuran *Insertion Loss* dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini:



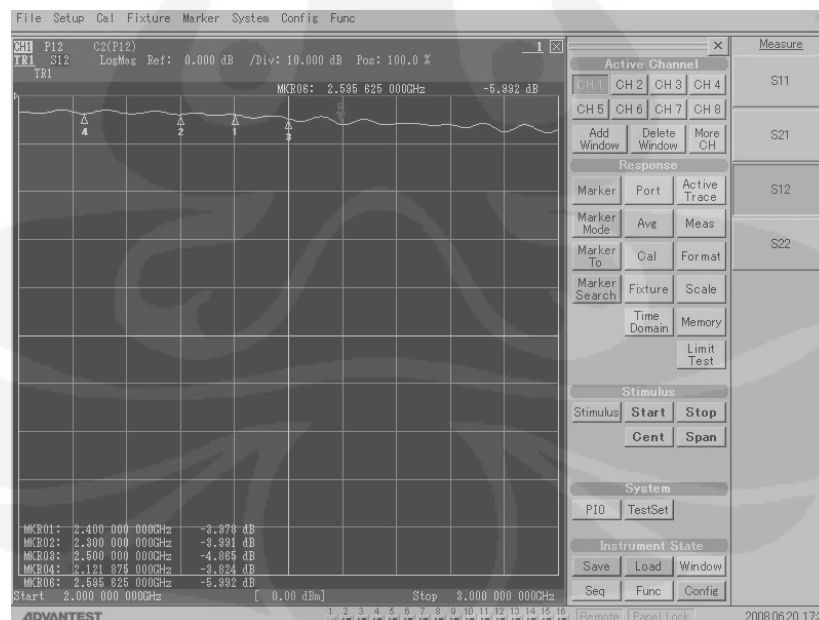
Gambar 4.4. Blok diagram pengukuran *Insertion Loss*

Langkah-langkah pengukuran *insertion loss* yaitu:

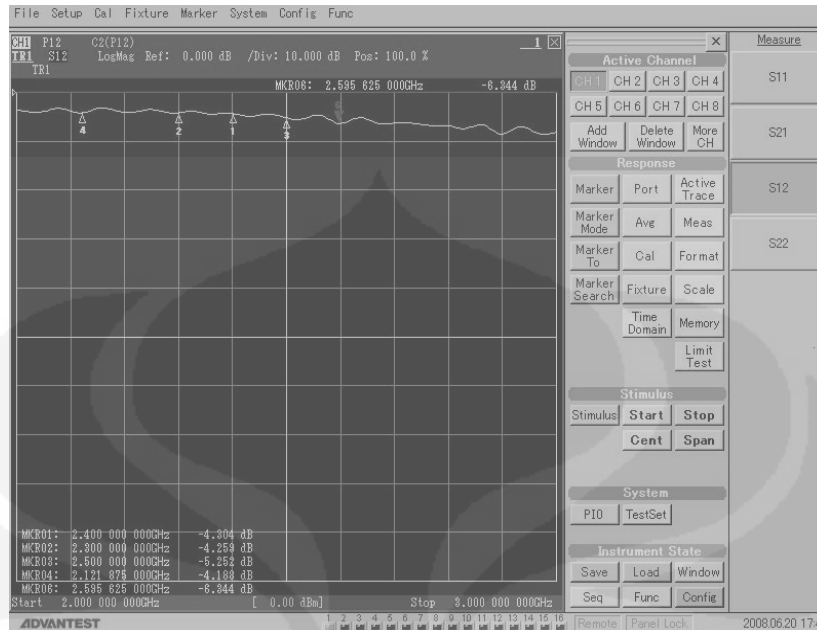
1. Lakukan proses kalibrasi pada *Network Analyzer* dengan *calibration kit* yang tersedia sesuai dengan *range* frekuensi kerja *Network Analyzer*
2. Set skala pada *Network Analyzer* pada frekuensi tengah dan *range* frekuensi dari 2000MHz sampai dengan 3000MHz.
3. Hubungkan *port 2* pada *Network Analyzer* dengan *port input* dari konektor port 1 kemudian *port 3* pada *port* keluaran dari konektor.
4. Terminasi *port-port* konektor yang tidak dipergunakan dengan beban 50 Ohm
5. Ulangi langkah 3 dan 4 untuk mengukur besar *Insertion Loss* di *port 2*

Insertion loss dihitung berdasarkan pengukuran koefisien transmisi yang mana untuk *power combiner* ideal adalah -3 dB. Pada kenyataannya selalu ada *loss* yang disebabkan konduktor dan dielektrik. *Insertion loss* yang dispesifikasikan di awal adalah ≤ -3 dB.

Pengukuran *insertion loss* port 1-3 dan port 2-3 dapat dilihat pada Gambar 4.5 [a], [b] dibawah ini:



[a]



[b]

Gambar 4.5.[a] Hasil pengukuran *Insertion Loss* port 1-3

[b] Hasil pengukuran *Insertion Loss* port 2-3

Dari hasil pengukuran pada Gambar 4.5[a] dan 4.5[b] , dapat ditarik kesimpulan dari perhitungan *Insertion Loss* antar *port*, dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.3. Hasil pengukuran *Insertion Loss*

Port	Frekuensi (Mhz)	Insertion Loss (dB)		
		Perancangan awal	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
1 dan2	2400	< -3	-3.442	-3.978
2 dan 3	2400	< -3	-3.442	-4.304

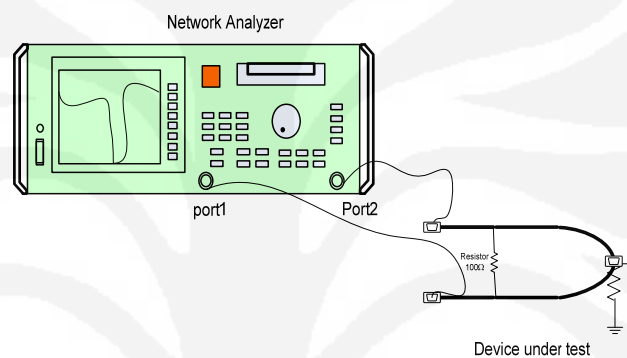
4.3.2.1 Analisis hasil pengukuran *Insertion Loss*

Dari Tabel 4.3 dapat terlihat bahwa nilai *insertion loss* hasil pengukuran terbesar pada port 2-3 yaitu -4.304 dB. Selisih perbedaan *insertion loss* pengukuran dengan hasil simulasi adalah 0.862 dB. Nilai ini masih berada diatas spesifikasi dan simulasi. Penyimpangan nilai *insertion loss* ini karena terganggunya pentransmision daya dalam sistem yang diakibatkan konduktor

bahan dan dielektrik disekitar *device* saat proses pengukuran, faktor *bending*, panjang kabel, redaman kabel atau pencatutan kabel dengan konektor yang kurang sempurna .

4.3.3 Pengukuran Isolasi Antara Port

Combiner akan memberikan nilai yang sama untuk insertion loss antara port input dan port output, dalam hal ini: Isolasi port 1-2 = Isolasi port 2 – 1. Prosedur pengukuran Isolasi antara port dapat diliha tpada Gambar 4.6 dibawah ini

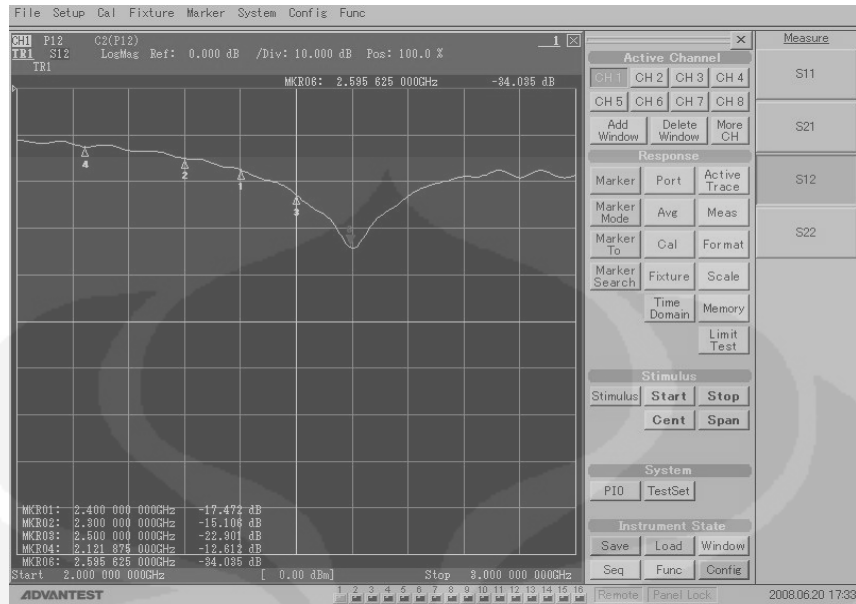


Gambar 4.6. Blok diagram pengukuran *Isolasi* antar *port input*

Langkah – langkah pengukuran yaitu;

1. Lakukan proses kalibrasi pada *Network Analyzer* dengan *calibration kit* yang tersedia sesuai dengan *range* frekuensi kerja *Network Analyzer*
2. Set skala pada *Network Analyzer* pada frekuensi tengah dan *range* frekuensi dari 2000MHz sampai dengan 3000MHz.
3. Hubungkan *port 2 input* pada *Network Analyzer* dengan *port 1 input* dan *port 1 input* pada *Network Analyzer* dengan *port 2 input* dari alat.
4. Terminasi *port* konektor 3 yang tidak dipergunakan dengan beban 50 Ohm

Hasil pengukuran Isolasi antara port input dapat dilihat pada Gambar 4.7 dibawah ini:



Gambar 4.7. Hasil pengukuran *Isolasi* antar port input

Dari hasil pengukuran pada Gambar 4.2, dapat ditarik kesimpulan dari perhitungan *Isolasi* antar port input, seperti terlihat pada Tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.4. Hasil pengukuran *Isolasi* antar port input

Port	Frekuensi (Mhz)	Isolation port (dB)		
		Perancangan awal	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
1 dan 2	2400	Optimal	41.626	17.472
1 dan 3	2400	Optimal	41.626	17.472

4.3.3.1 Analisis hasil pengukuran *Isolasi* Antar Port

Pada frekuensi tengah nilai isolasi antarport input -17.472 dB. Isolasi antarport input bernilai minimum pada band frekuensi 2.121 GHz–2.4 GHz dan maksimum pada band frekuensi 2.5 GHz – 2.595 GHz. Optimisasi dilakukan dengan membawa nilai isolasi pada masing-masing batas dengan nilai minimal. Yang mempengaruhi isolasi antarport input, antara lain pergeseran dimensi saat melakukan *design* alat. Pergeseran ukuran dapat menyebabkan impedansi karakteristik tidak sama dengan 50 Ohm atau *missmatched*.

4.4 Analisis Karakteristik Power Combiner

Unjuk kerja Power Combiner dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini:

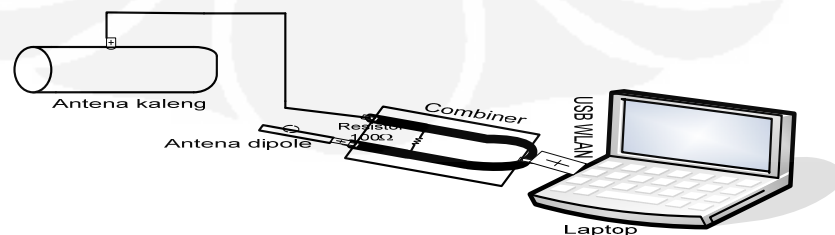
Tabel 4.5. Hasil pengukuran *power combiner*

Spesifikasi	Nilai	Ket
Frekuensi Pengukuran	2.4 GHz	-
Dimensi	58mm x 20mm	-
Impedansi terminasi	70,71 Ω	-
VSWR : <i>input</i>	1.36	Port 1
<i>output</i>	1.32	Port 3
<i>Return loss</i> : <i>input</i>	-16.19 dB	Port 1
<i>output</i>	-17.09 dB	Port 3
<i>Insertion loss</i>	-4.304 dB	Port 2,3
Isolasi antarport	17.472 dB	Max
<i>Bandwidth</i>	\pm 100 MHz	Dilihat dari VSWR
Konektor	N connector to SMA male dan <i>interface</i> SMA female	-

Realisasi *Power combiner* berdasar karakteristik terburuk ketika penggunaan menuntut spesifikasi kerja yang lebih baik. Untuk melakukan hal tersebut ada konsekuensinya yaitu berupa berkurangnya *bandwidth* hasil realisasi.

4.5 PENGUKURAN MEMAKAI PERANGKAT WLAN

Dalam hal ini, perangkat WLAN (Wireless-LAN), yang dipakai adalah USB (*Universal Serial Bus*) WLAN tipe b/g, dengan frekuensi tengah 2,4 Ghz. Penerapan *combiner* pada perangkat WLAN dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini:



Gambar 4.8. Blok pengukuran fungsi *Power Combiner* pada perangkat WLAN

4.5.1 Hasil Pengukuran

Pengukuran menggunakan software Network Stumbler, dan software dari Universal Serial Bus (USB) WLAN tersebut. Hasil pengukuran berupa level penerimaan dari perangkat WLAN terhadap sinyal wireless yang ada disekitarnya. Dengan memakai 2 antenna sekaligus level penerimaan daya akan semakin besar, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.9 [a], [b], [c], [d] dibawah ini:

Network Stumbler - [20081020113212(antena dipole)]

MAC	SSID	Chan	Speed	Vendor	Ty...	Enc...	SNR	Signal+	Noise-	SNR+
001CC5A4A7...	HotSpot-UI, Area FT-2-Kiri	3	54 Mbps	(Fake)	AP			-86	-100	14
001346328115	lantai_2	6	54 Mbps	(Fake)	AP			-80	-100	20
0014D1324130	Chevron	2	54 Mbps	(Fake)	AP			-86	-100	14
00134633F63D	lantai_1	1	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP		-82	-100	18
0018390CF7B5	UIEltro	1	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP		-78	-100	22
00186EC84CA0	HOTSPOT-UI, Area FT	1	54 Mbps	(Fake)	AP			-72	-100	28

[a]

Network Stumbler - [20081020113212(antena kaleng)]

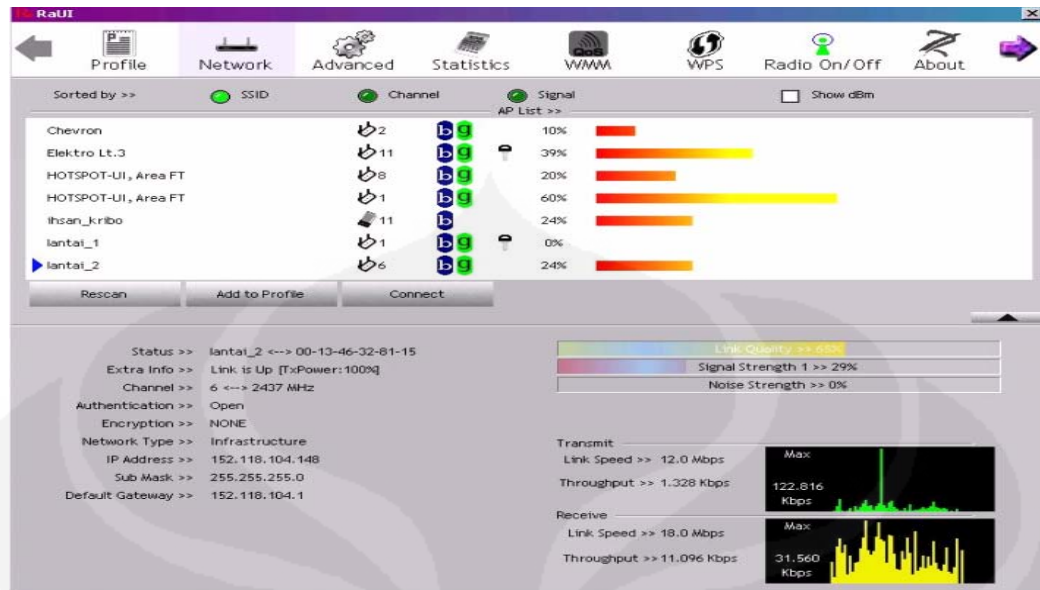
MAC	SSID	Chan	Speed	Vendor	Type	Encryption	SNR	Signal+	Noise-	SNR+
0018390CF9D7	Elektro Lt.3	11	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP		-72	-100	28
0218DE00007B	ihsan_kribo	11	11 Mbps	(User-...	Peer			-74	-100	26
0014D1324130	Chevron	2	54 Mbps	(Fake)	AP			-86	-100	14
001CC5A4A7...	HotSpot-UI, Area FT-2-Kiri	3	54 Mbps	(Fake)	AP			-84	-100	16
00186EC8AE60	HOTSPOT-UI, Area FT	8	54 Mbps	(Fake)	AP			-76	-100	24
001346328115	lantai_2	6	54 Mbps	(Fake)	AP			-78	-100	22
0018390CF7B5	UIEltro	1	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP		-82	-100	18
00186EC84CA0	HOTSPOT-UI, Area FT	1	54 Mbps	(Fake)	AP			-66	-100	34

[b]

Network Stumbler - [20081020113212(antena unknown)]

MAC	SSID	Chan	Speed	Vendor	Type	Encr...	SNR	Signal+	Noise-	SNR+
00134632F19F	manufaktur	6	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP		-88	-100	12
02166F00BE1E	Aisya.Net	11	54 Mbps	(User-defined)	Peer			-84	-100	16
001E584C58C2	mesin	6	54 Mbps	(Fake)	AP			-88	-100	12
00134633F63D	lantai_1	1	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP		-86	-100	14
001CC511B3C0	HotSpot-UI, Area FT	8	54 Mbps	(Fake)	AP			-84	-100	16
001CC511B3C2	HotSpot-UI, Area FT	8	54 Mbps	(Fake)	AP			-86	-100	14
001CC511B3C6	HotSpot-UI, Area FT	8	54 Mbps	(Fake)	AP			-84	-100	16
001CC511B3C4	HotSpot-UI, Area FT	8	54 Mbps	(Fake)	AP			-86	-100	14
0018390CF9D7	Elektro Lt.3	11	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP		-72	-100	28
0218DE00007B	ihsan_kribo	11	11 Mbps	(User-defined)	Peer			-74	-100	26
0014D1324130	Chevron	2	54 Mbps	(Fake)	AP			-84	-100	16
001CC5A4A7...	HotSpot-UI, Area FT-2-Kiri	3	54 Mbps	(Fake)	AP			-84	-100	16
00186EC8AE60	HOTSPOT-UI, Area FT	8	54 Mbps	(Fake)	AP			-76	-100	24
001346328115	lantai_2	6	54 Mbps	(Fake)	AP			-74	-100	26
0018390CF7B5	UIEltro	1	54 Mbps	(Fake)	AP	WEP		-82	-100	18
00186EC84CA0	HOTSPOT-UI, Area FT	1	54 Mbps	(Fake)	AP			-64	-100	36

[c]



[d]

Gambar 4.9. [a] Hasil pengukuran memakai Antena dipole
 [b] Hasil pengukuran memakai Antena Kaleng
 [c] Hasil pengukuran memakai 2 Antena (Antena Kaleng dan Antena Dipole)
 [d] Hasil pengukuran memakai 2 Antena dengan *software* USB WLAN

4.5.2 Analisis hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa, prinsip combiner yaitu mendapatkan level penerimaan yang besar sudah dipenuhi. Gambar 4.9[a] – 4.9[d], menunjukkan level penerimaan WLAN pada perangkat combiner. ditunjukkan oleh SNR+ (Signal to Noise Ratio) dimana $SNR+ = (Noise-) - (Signal+)$. Gambar 4.9[a] menggunakan satu buah antenna dipole pada pengukuran, didapatkan nilai $SNR+ = 28$. Pada Gambar 4.9[b], yang menggunakan antenna kaleng, nilai $SNR+$ optimum di 34. Dan pada pemakain dua buah antenna sekaligus (antenna dipole dan antenna kaleng), $SNR+$ optimum di 36, banyaknya sinyal yang ditangkap menunjukkan bahwa fungsi dua antenna memegang peranan penting dalam penerimaan WLAN khususnya mengurangi efek *diversity* dari satu antenna dan *multipath fading* pada sistem komunikasi radio.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Power Combiner* yang dihasilkan mempunyai karakteristik-karakteristik sebagai berikut :
 - a. *Return loss* masukan terbesar yang diukur pada frekuensi tengah 2400 MHz bernilai 16.19 dB dengan VSWR sebesar 1,36, terdapat pada port 1. Sedangkan pada port keluaran (*port 3*), nilai *return loss* sebesar 17.097 dB, dengan VSWR sebesar 1.32.
 - b. *Insertion loss* pada frekuensi tengah 2400 MHz yaitu: 3,978 dB pada *port 1* dan 4,304 dB pada *port 2*.
 - c. Isolasi keluaran yang dihasilkan pada frekuensi tengah 2400 MHz, pada pengukuran *port 1* dan 2 adalah 17.472 dB.
2. Bandwith rancangan sebesar 200 MHz bergeser pada pengukuran secara langsung, dimana bandwith hasil pengukuran sebesar 100 MHz. Bandwith diukur pada nilai *return loss* ≤ -15 dB, diukur berdasarkan nilai VSWR terbesar $\leq 1,43$.
3. Pengukuran secara langsung pada perangkat WLAN, menunjukkan bahwa pemakaian combiner dapat memaksimalkan cakupan dari perangkat WLAN tersebut. Pemakaian dua buah antenna yaitu antenna dipole dan antenna kaleng menampilkan nilai SNR (Signal to Noise Ratio) sebagai level penerimaan yang berbeda, pada antenna kaleng level penerimaan lebih baik. Pada pemakaian dua buah antenna sekaligus menampilkan nilai SNR yang bervariasi, sinyal yang ditangkap lebih banyak dan sangat berguna mengatasi efek *multipath fading* pada komunikasi radio.

5.2 Saran

Perlu dilakukan perencanaan teknik *matching impedance* pada tiap port berdasarkan pengukuran, untuk optimasi bandwith.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Microstrip, <http://en.wikipedia.org/wiki/Microstrip>, Tanggal akses 28 Oktober 2008 jam 23.00..
- [2] M. L. Edwards, Microwave & RF Circuits (2001). Analysis, Design, Fabrication, & Measurement, (chapter 9).
- [3] Wilkinson power splitters, <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/WilkinsonSplitters.cfm#compactwil>, Tanggal akses 29 Oktober 2008 jam 20.00.
- [4] M561 Application note v2.00, Power Dividers/Combiners, AMP Company. <http://www.macom.com/Application%20Notes/pdf/m561.pdf>, Tanggal akses 29 Oktober 2008 jam 20.00.
- [5] Dividers and Combiners, <http://www.microlab.fxr.com/pdf/divrapps.pdf>, Tanggal akses 13 November 2008 jam 19.20.
- [6] Eight-way Wilkinson example, http://www.microwaves101.com/encyclopedia/wilkinson_8way.cfm#compactwil, Tanggal akses 13 November 2008 jam 19.20.
- [7] Stiles. Jim, The Univ. of Kansas Dept. of EECS, “Chebyshev Multisection Matching Transformer”, http://www.itc.ku.edu/~jstiles/723/handouts/section_5_7_Chebyshev_Multisection_Matching_Transformer_package.pdf, Tanggal akses 13 November 2008 jam 19.20.
- [8] Garg Rames, Bhartia Prakash, Bahl Inder, “Microstrip Antenna Design Handbook”, Artech House, Boston.London, 46.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

DATA SHEET FR4

SELCO Sumber Elektronik

Jalan Jakarta No. 36A, Bandung 40272 Indonesia
 Tel. +62 (22) 7210909, 7215656, 7212777, 7212888
 Fax. +62 (22) 7230799
 E-mail: selco@bdg.centrin.net.id

Copper Clad Laminates

PN: SCCL0601

Features

- FR4 Material
- Good dimensional stability.
- Soldering reliability has been bettered
- Good electrical properties
- High density automatic mounting can be carried out

International Standard Recognition

- UL : E103670
- CSA : LS-93237
- BSI : 6741
- VDE : VDE-Reg-Nr. 4945

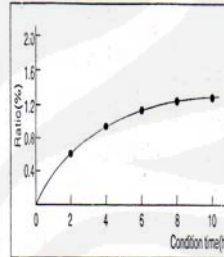
Applications

Computer, Instrumentation, VCR, Television, Electronic Toy, etc

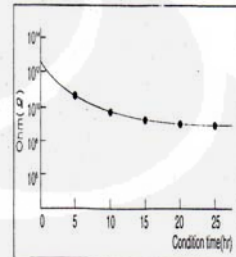
General Properties

Test item	Unit	Treatment Condition	Guaranteed Value
Tg	°C	DSC TMA DMA	> 130 > 130 > 160
CTE x-axis	ppm/°C	Ambient to Tg	< 20
CTE y-axis			< 15
CTE z-axis			< 60
Flammability	-	UL-94	V-0
Insulation Resistance	ohm	C-96/20/65	> 5 x 10 ¹¹
		C-96/20/65+D-2/100	> 1 x 10 ⁹
Volume Resistivity	ohm-cm	C-96/20/65	> 1 x 10 ¹³
		C-96/20/65+C-96/40/90	> 5 x 10 ¹²
Surface Resistance	ohm	C-96/20/65	> 1 x 10 ¹²
		C-96/20/65+C-96/40/90	> 1 x 10 ¹¹
Arc Resistance	min.seconds		> 60
Dielectric Constant (1 MHz)	-	C-96/20/65	< 5.5
		C-96/20/65+D-48/50	< 5.8
Dissipation Factor (1MHz)	-	C-96/20/65	< 0.035
		C-96/20/65+D-48/50	< 0.045
Solder Float (260°C)	sec	A	> 120
Peel Strength	kgf / cm ²	A	> 1.43
Flexural Strength	kgf / cm ²	A	> 32.7
Water Absorption	%	E-24/50+D-24/23	< 0.25
Cooper Foil	oz/ft ²	-	1
	um/yum	-	35/35
Overall Thickness	mm	-	1.6
Standard size	mm x mm	-	915 x 1.220 (± 3)

Water absorption at pressure cooker

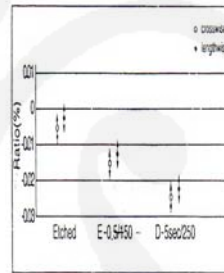


Insulation resistance at pressure cooker



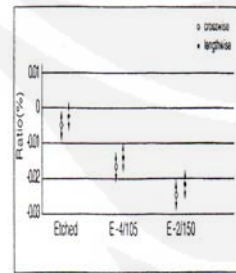
Dimensional stability

PCB process(size:800x10mm spar310x254mm)

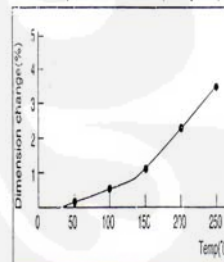


Dimensional stability

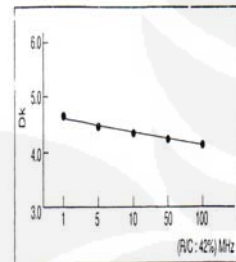
Test method(IPC-TM-650 2.4.39)



Thermal expansion of Z-direction (Test by TMA)



Dielectric constant



SELCO Sumber Elektronik

Jalan Jakarta No. 36A, Bandung 40272 Indonesia
 Tel. +62 (22) 7210909, 7215656, 7212777, 7212888
 Fax. +62 (22) 7230799
 E-mail: selco@bdg.centrin.net.id

LAMPIRAN II

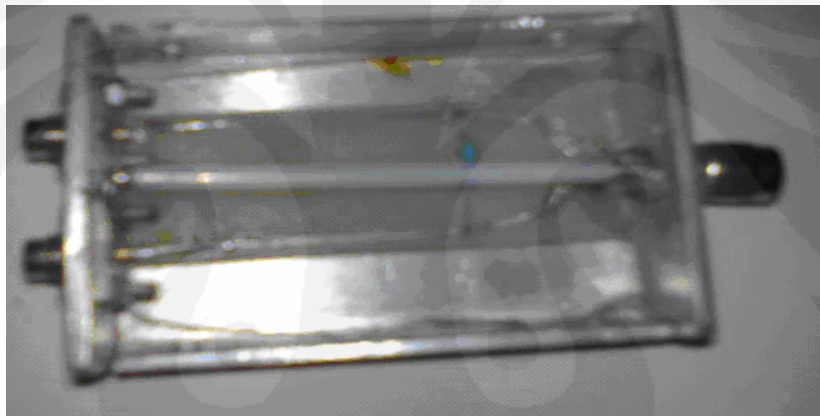
DESIGN ALAT



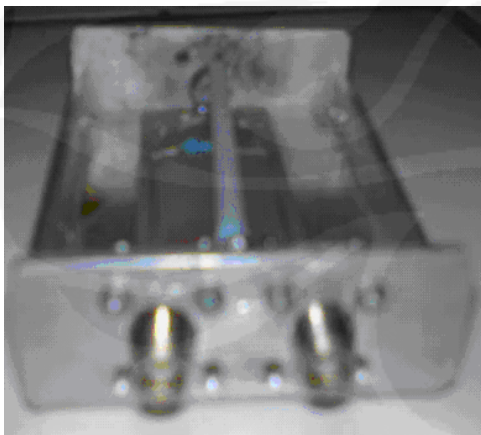
a. Tampak Atas



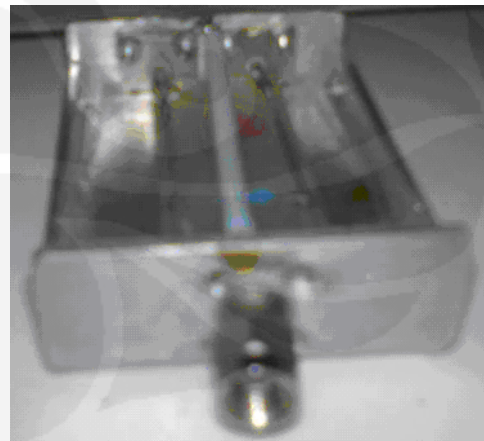
b. Tampak Samping



c. Bagian dalam Alat



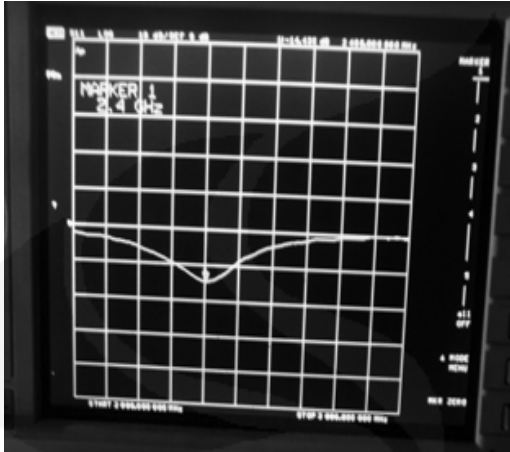
d. 2 Port Masukan



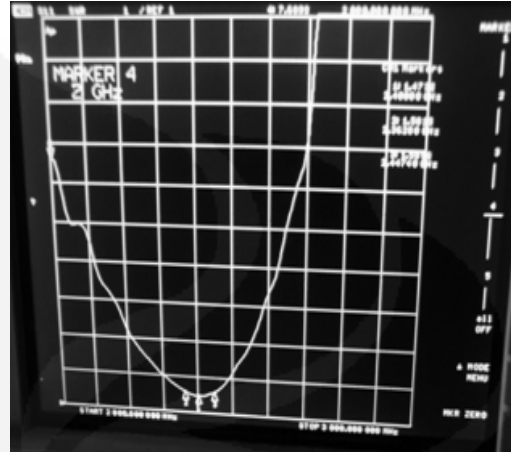
e. 1 Port Keluaran

LAMPIRAN 3

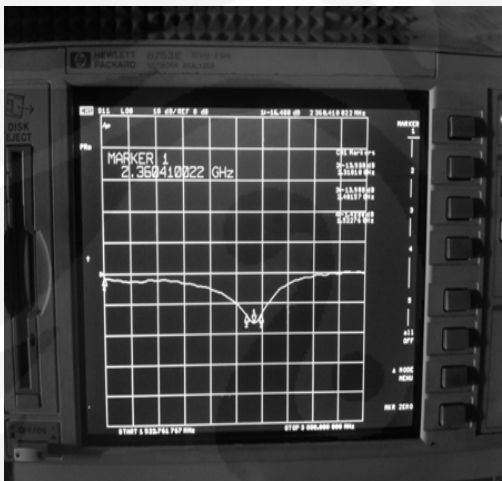
HASIL PENGUKURAN



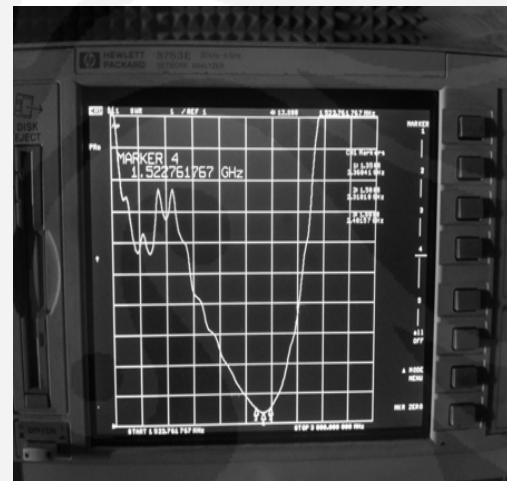
a. Return Loss Port 1



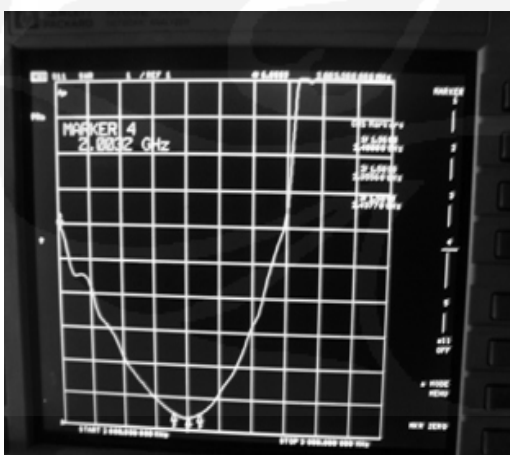
b. VSWR port 1



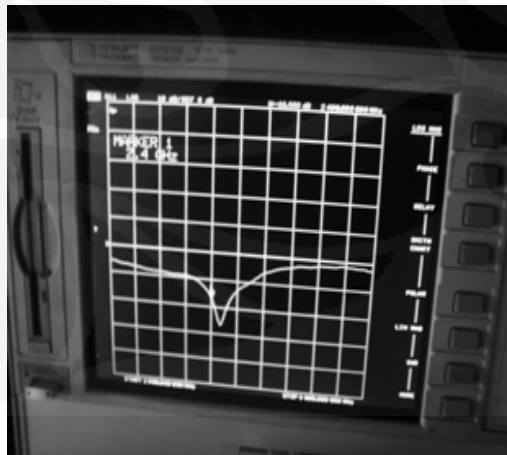
c. Return Loss Port 2



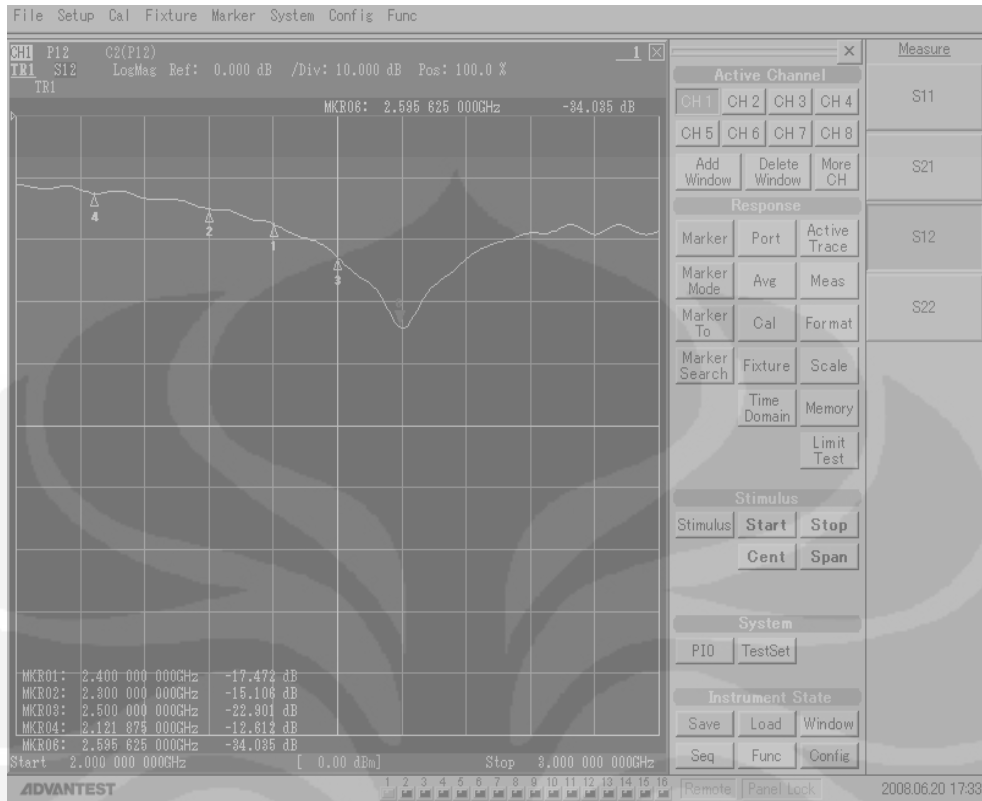
c. VSWR port 2



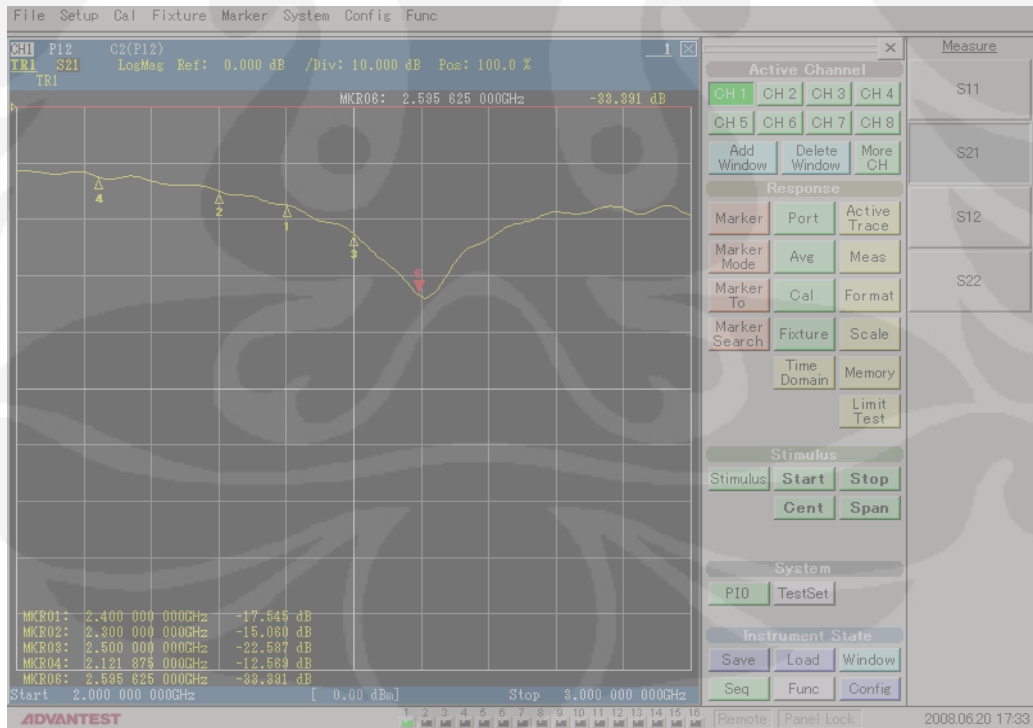
d. Return Loss Port 3



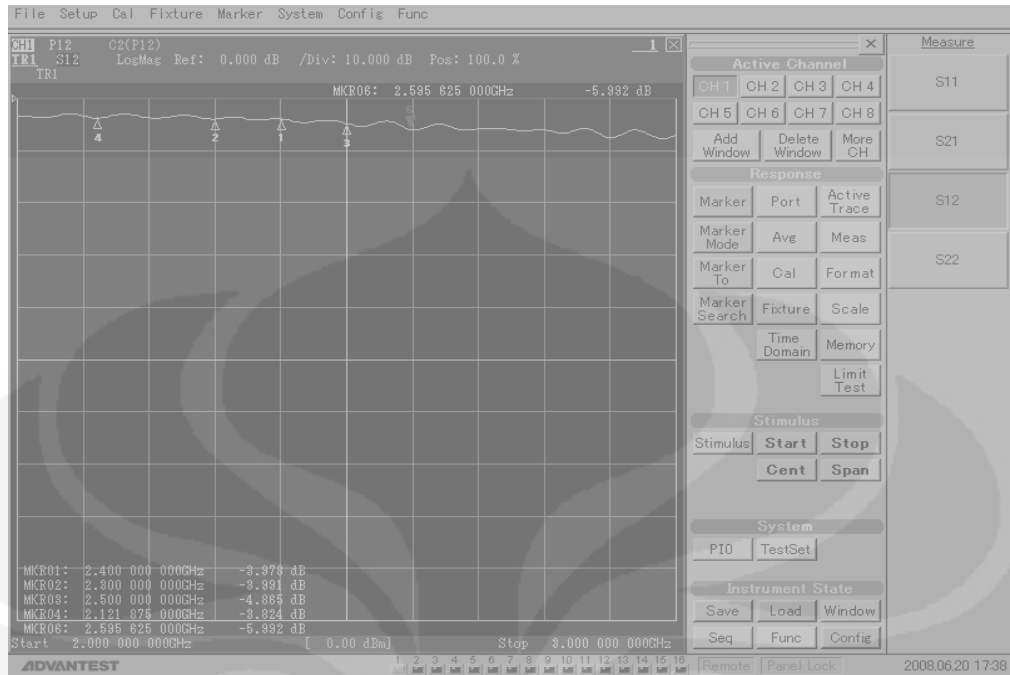
e. VSWR port 3



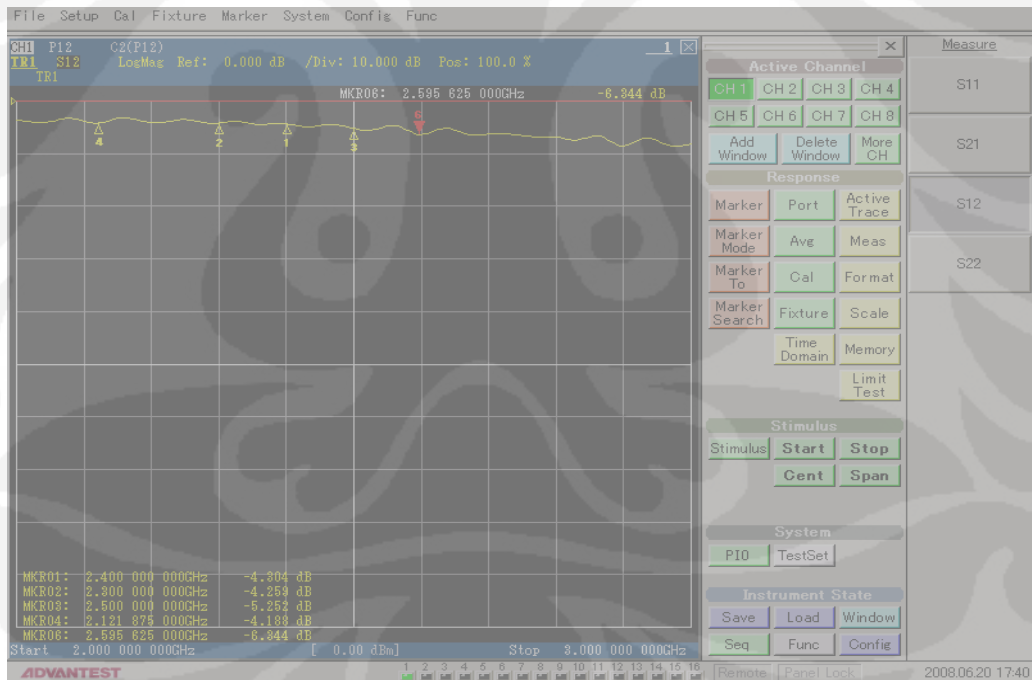
f. Isolasi Port 1-2



g. Isolasi Port 2-1



h. Insertion Loss Port 1-3



i. Insertion Loss Port 2-3