



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN POWER SPLITTER 1:2 FREKUENSI
935-960 MHZ MENGGUNAKAN STRIPLINE**

SKRIPSI

**ARI PURWANTO
0706199092**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN POWER SPLITTER 1:2 FREKUENSI
935-960 MHZ MENGGUNAKAN STRIPLINE**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar menjadi
Sarjana Teknik**

**ARI PURWANTO
0706199092**

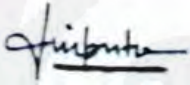
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : ARI PURWANTO

NPM : 0706199092

Tanda Tangan : 

Tanggal : 23 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ari Purwanto
NPM : 0706199092
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN POWER SPLITTER 1:2
FREKUENSI 935-960 MHZ
MENGUNAKAN STRIPLINE**

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : **Dr. Ir. Kalamullah Ramli M.Eng**
Penguji 1 : **Dr. Ir. Arman D. Diponegoro**
Penguji 2 : **Ir. Arifin Djauhari MT**

Kalamullah
(.....)
Arman D. Diponegoro
(.....)
Arifin Djauhari
(.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 23 Juni 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, 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 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, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Kalamullah Ramli M.Eng,

Selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.

Harapan penulis kiranya skripsi ini dapat memberikan pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah pada kita semua. Amin.

Depok, 23 Juni 2009

Penulis

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

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

Nama : Ari Purwanto
NPM : : 0706199092
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : 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 POWER SPLITTER 1:2 FREKUENSI 935-960
MHZ MENGGUNAKAN STRIPLINE”**

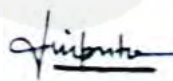
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 23 Juni 2009

Yang menyatakan



(Ari Purwanto)

ABSTRAK

Nama : Ari Purwanto
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : **RANCANG BANGUN POWER SPLITTER 1:2
FREKUENSI 935-960 MHZ MENGGUNAKAN
STRIPLINE**

Skripsi ini membahas pengembangan dan penggunaan *power splitter* dalam sistem komunikasi GSM *indoor*. Telah dirancang suatu *power splitter* dengan menggunakan transformator $\lambda/4$ dari Parad dan Moynihan. Bahan yang digunakan adalah PCB (*Printed Circuit Board*) jenis FR4 (permitivitas relatif = 4,5 dan tebal dielektrik = 1,6 mm). Metode yang digunakan untuk merancang *power splitter* adalah metode *stripline*, dengan pertimbangan *stripline* lebih mudah difabrikasi dibandingkan saluran transmisi lain seperti *coaxial*.

Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan parameter utama dari *Power Splitter* :

- *Return Loss* $\leq -19,511$ dB
- VSWR $\leq 1,2366$
- *Insertion Loss* $\leq 0,579$ dB
- Isolasi > 26 dB

Parameter tersebut cukup baik bila dibandingkan dengan standar ANSI 153 2008.

Kata Kunci : *Power Splitter, Stripline, Transformer $\lambda/4$* .

ABSTRACT

Name : Ari Purwanto
Study Program : Electrical Engineering
Title : **POWER SPLITTER 1:2 FREQUENCY 935-960 MHZ
DESIGN AND BUILD USING STRIPLINE**

The focus of this final project is to describe the development and the use of power splitter in GSM indoor communication system. A power splitter using $1/4 \lambda$ transformer from Parad and Moynihan is designed and implemented. The material used is FR4 PCB (Printed Circuit Board), (relative permittivity = 4,5 and dielectric thickness = 1,6 mm). Stripline is selected as the method to build power splitter, because it is easier for fabrication as compared to other transmission lines such as coaxial.

The measurement shows that the parameters of the Power Splitter are as follows :

- *Return Loss* $\leq -19,511$ dB
- *VSWR* $\leq 1,2366$
- *Insertion Loss* $\leq 0,579$ dB
- *Isolasi* > 26 dB

Those parameters can be considered good as compared to the ANSI 153 2008 standard.

Key Words : Power Splitter, Stripline, Transformer $1/4 \lambda$

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| UCAPAN TERIMAKASIH..... | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR SINGKATAN..... | xiii |
| DAFTAR RUMUS..... | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. LATAR BELAKANG MASALAH..... | 1 |
| 1.2. TUJUAN PENULISAN..... | 2 |
| 1.3. BATASAN MASALAH..... | 2 |
| 1.4. METODOLOGI PENULISAN..... | 2 |
| 1.5. SISTEMATIKA PENULISAN..... | 3 |
| BAB 2 KONSEP DASAR POWER SPLITTER DAN STRIPLINE..... | 4 |
| 2.1. Power Splitter..... | 4 |
| 2.1.1. Struktur Power Splitter..... | 4 |
| 2.1.2. Wilkinson Power Splitter..... | 5 |
| 2.1.3. S-Parameter..... | 9 |
| 2.2. Saluran Planar Stripline..... | 10 |
| 2.2.1. Latar Belakang..... | 11 |
| 2.2.2. Impedansi Karakteristik Stripline..... | 12 |
| 2.2.3. Bahan Dasar Pembuatan Stripline..... | 16 |
| 2.2.4. Bahan Dielektrik..... | 16 |
| 2.2.5. Bahan Konduktor..... | 17 |
| 2.2.6. Kemampuan Daya..... | 18 |
| 2.2.7. Panjang Gelombang $1/4\lambda$ | 18 |
| 2.3. Implementasi Power Splitter..... | 19 |
| BAB 3 PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT..... | 20 |
| 3.1. Diagram Alir Perancangan..... | 20 |
| 3.2. Spesifikasi Power Splitter..... | 20 |
| 3.3. Perancangan Secara Teoritis..... | 21 |
| 3.3.1. Menentukan Impedansi Karakteristik Saluran..... | 21 |
| 3.3.2. Penambahan Kompensasi Saluran $\lambda/4$ | 22 |
| 3.3.3. Menentukan Lebar Saluran Untuk Masing-Masing Z_0 | 23 |
| 3.3.4. Menghitung Panjang Gelombang dan Saluran Transmisi $\lambda/4$... | 24 |
| 3.3.5. Menghitung Resistivitas Permukaan Konduktor..... | 24 |
| 3.4. Perancangan Secara Simulasi..... | 24 |
| 3.5. Perancangan Layout Power Splitter..... | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 3.6. Pembuatan Film..... | 28 |
| 3.7. Pembuatan PCB..... | 28 |
| 3.8. Pemasangan Resistor Isolasi..... | 29 |
| 3.9. Pemilihan Konektor..... | 29 |
| 3.10. Perancangan dan Realisasi Pengemas Stripline..... | 29 |
| BAB 4 PENGUKURAN KINERJA DAN ANALISIS DATA..... | 33 |
| 4.1. Metode Pengukuran <i>Return Loss</i> | 33 |
| 4.2. Data dan Analisis Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> | 35 |
| 4.3. Metode Pengukuran <i>Insertion Loss</i> | 41 |
| 4.4. Data dan Analisis Hasil Pengukuran <i>Insertion Loss</i> | 42 |
| 4.5. Metode Pengukuran Isolasi Antar <i>Port Output</i> | 46 |
| 4.6. Data dan Analisis Pengukuran Isolasi Antar <i>Port Output</i> | 48 |
| 4.7. <i>Benchmarking</i> Dengan <i>Power Splitter</i> Yang Ada di Pasaran..... | 50 |
| 4.8. Analisis Data Pengukuran dan Data Parameter BXSM-2-NFT..... | 51 |
| 4.9. Standar ANSI untuk <i>Power Splitter</i> 1:2..... | 52 |
| BAB 5 KESIMPULAN..... | 53 |
| DAFTAR REFERENSI..... | 54 |
| LAMPIRAN..... | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|---------------|--|----|
| Gambar 2.1 | <i>Power Splitter</i> | 4 |
| Gambar 2.2 | Struktur Pohon <i>Power Splitter</i> | 5 |
| Gambar 2.3 | Wilkinson <i>Power Splitter</i> Ideal dengan Dua Port | 6 |
| Gambar 2.4 | Prinsip Wilkinson <i>Power Splitter</i> dengan Transformator $\lambda/4$ | 7 |
| Gambar 2.5 | Wilkinson 2-way <i>Power Splitter</i> | 7 |
| Gambar 2.6 | Parameter-S Wilkinson dengan Input Transformer $\lambda/4$ | 8 |
| Gambar 2.7 | Desain <i>Power Splitter</i> dari Parad dan Moynihan..... | 8 |
| Gambar 2.8 | Konsep S-Parameter dalam Wilkinson Divider | 9 |
| Gambar 2.9.a | Saluran Mikrostrip | 10 |
| Gambar 2.9.b | <i>Stripline</i> | 10 |
| Gambar 2.9.c | Saluran Koplanar | 10 |
| Gambar 2.9.d | <i>Slotted Line</i> | 10 |
| Gambar 2.10.a | Diagram Skematik pada <i>Stripline</i> | 11 |
| Gambar 2.10.b | Konfigurasi Medan pada <i>Stripline</i> | 11 |
| Gambar 2.11 | Struktur Geometri <i>Stripline</i> | 13 |
| Gambar 2.12 | Model Kapasitansi Dari <i>Stripline</i> | 13 |
| Gambar 2.13.a | Impedansi Karakteristik Terhadap W/b untuk beberapa nilai t/b | 14 |
| Gambar 2.13.b | Impedansi Karakteristik Terhadap W/b untuk beberapa nilai t/b | 15 |
| Gambar 2.14 | Skematik Diagram GSM <i>Indoor</i> | 19 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Perancangan <i>Power Splitter</i> | 20 |
| Gambar 3.2 | Wilkinson <i>Power Splitter</i> | 22 |
| Gambar 3.3 | <i>Schematic Power Splitter</i> | 25 |
| Gambar 3.4 | Grafik S-Parameter Simulasi <i>Power Splitter</i> | 26 |
| Gambar 3.5 | Desain <i>Layout Jalur Power Splitter</i> | 27 |
| Gambar 3.6 | Film Positif..... | 28 |
| Gambar 3.7 | Film Negatif | 28 |
| Gambar 3.8 | Pengemas <i>Stripline</i> Bagian Bawah | 30 |
| Gambar 3.9 | Pengemas <i>Stripline</i> Bagian Atas | 30 |
| Gambar 3.10 | Pengemas <i>Stripline</i> Setelah Digabung (Tampak Depan) | 31 |
| Gambar 3.11 | Pengemas <i>Stripline</i> Setelah Digabung (Tampak Belakang) . | 31 |
| Gambar 3.12 | Pengemas <i>Stripline</i> Setelah Digabung (Tampak Atas) | 32 |
| Gambar 3.13 | Pengemas <i>Stripline</i> Setelah Digabung (Tampak Bawah) | 32 |
| Gambar 4.1 | Blok Diagram Pengukuran <i>Return Loss</i> | 34 |
| Gambar 4.2.a | Foto Pengukuran <i>Return Loss Port 1 (Port Input)</i> | 35 |
| Gambar 4.2.b | Grafik Pengukuran <i>Return Loss Port 1 (Port Input)</i> | 35 |
| Gambar 4.3.a | Foto Pengukuran <i>Return Loss Port 2 (Port Output)</i> | 37 |
| Gambar 4.3.b | Grafik Pengukuran <i>Return Loss Port 2 (Port Output)</i> | 37 |
| Gambar 4.4.a | Foto Pengukuran <i>Return Loss Port 3 (Port Output)</i> | 38 |
| Gambar 4.4.b | Grafik Pengukuran <i>Return Loss Port 3 (Port Output)</i> | 38 |
| Gambar 4.5 | Blok Diagram Pengukuran <i>Insertion Loss</i> | 41 |
| Gambar 4.6 | Foto Hasil Pengukuran <i>Loss Kabel</i> | 42 |
| Gambar 4.7.a | Foto Pengukuran <i>Insertion Loss</i> Antara Port 1 dan Port 2... | 42 |
| Gambar 4.7.b | Grafik Pengukuran <i>Insertion Loss Port 1 dan Port 2</i> | 43 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 4.8.a | Foto Pengukuran <i>Insertion Loss</i> Antara <i>Port 1</i> dan <i>Port 3</i> ... | 44 |
| Gambar 4.8.b | Grafik Pengukuran <i>Insertion Loss</i> <i>Port 1</i> dan <i>Port 3</i> | 44 |
| Gambar 4.9 | Blok Diagram Pengukuran Isolasi Antar <i>Port Output</i> | 47 |
| Gambar 4.10 | Foto Pengukuran Isolasi Antara <i>Port 2</i> dan <i>Port 3</i> | 48 |
| Gambar 4.11 | Fotol Pengukuran Isolasi Antara <i>Port 3</i> dan <i>Port 2</i> | 48 |



DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 2.1 | Sifat Elektrik dari Beberapa Konduktor..... | 17 |
| Tabel 3.1 | Nilai Z_0 dan Lebar Saluran W..... | 24 |
| Tabel 3.2 | Hasil Pengukuran S-Parameter dengan Simulasi..... | 26 |
| Tabel 4.1 | Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> | 39 |
| Tabel 4.2 | Perbandingan <i>Return Loss</i> Terburuk pada Frekuensi Kerja 935-960 MHz | 40 |
| Tabel 4.3 | Hasil Pengukuran <i>Insertion Loss</i> | 45 |
| Tabel 4.4 | Perbandingan <i>Insertion Loss</i> pada Terburuk pada Frekuensi Kerja 935-960 MHz | 45 |
| Tabel 4.5 | Hasil Pengukuran Isolasi Antar <i>Port Output</i> | 49 |
| Tabel 4.6 | Perbandingan Isolasi Antar <i>Port Output</i> pada Frekuensi Kerja 935-960 MHz | 49 |
| Tabel 4.7 | Perbandingan <i>Power Splitter</i> yang Dibuat Penulis (PS-1) dengan <i>Power Splitter</i> Merk Korinwell Tipe BXSM-2-NFT | 51 |

DAFTAR ISTILAH

| | |
|-------------|---------------------------------|
| dB | deciBel |
| MIC | Microwave Integrated Circuit |
| PCB | Printed Circuit Board |
| S-Parameter | Scatter Parameter |
| TEM | Transverse Electromagnetic Mode |
| VSWR | Voltage Standing Wave Ratio |

DAFTAR RUMUS

| | |
|--------------|---|
| λ | Panjang Gelombang (m) |
| α_d | Loss dielektrik (neper/m) |
| α_c | Loss konduktor (neper/m) |
| e | Bilangan natural (2,178) |
| $\tan\delta$ | Loss tangen (untuk FR-4 0,02) |
| R_s | Surface resistivity |
| S_r | Metal roughness (mm) |
| ω | Kecepatan sudut (radian) |
| μ_0 | Permeabilitas udara bebas ($4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m) |
| σ | Konduktivitas (tembaga $5,76 \cdot 10^7$) |
| η_0 | Impedansi udara bebas ($120\pi\Omega$) |
| ϵ_0 | Permitifitas absolut ($8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m) |
| ϵ_r | Konstanta dielektrik relatif |
| ϵ | Permitifitas ($\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$) |
| c | Kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s) |
| 1 neper | $20 \log e^1$ dB |
| 1 feet | 0,3048 m |
| 1 inch | 0,254 m |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Ketika berada dalam suatu gedung, sering kali kita tidak mendapatkan sinyal GSM yang bagus. Hal ini disebabkan sinyal yang diperoleh merupakan sinyal-sinyal pantulan yang sudah terkena redaman tembok gedung, sekat-sekat atau ruangan gedung yang terletak di bawah tanah sehingga sinyal dari BTS *outdoor* tidak mampu menjangkaunya. Oleh sebab itu maka dibuatlah BTS *indoor*. Pada sistem komunikasi GSM di dalam ruangan (*indoor*) dibutuhkan suatu *power splitter* untuk membagi daya ke beberapa buah antena sehingga mampu menjangkau daerah di setiap ruangan tersebut. *Power splitter* GSM untuk penggunaan di dalam ruangan (*indoor*) yang digunakan di pasaran berasal dari Luar Negeri dan memiliki harga yang relatif mahal.

Pada skripsi ini akan dicoba direalisasikan *power splitter 1:2* dengan menggunakan bahan PCB jenis FR4 untuk aplikasi pada GSM *indoor* dengan frekuensi 935-960 MHz.

Metode yang digunakan untuk merealisasikan *power splitter* tersebut yaitu *stripline*, dengan pertimbangan *stripline* lebih mudah dipabrikasi dibanding saluran transmisi lain seperti coaxial dan *waveguide* dan juga biaya yang lebih murah dalam pembuatannya [8]. Berdasarkan hal tersebut penulis mencoba untuk menulis tugas akhir yang berjudul *Rancang Bangun Power Splitter 1:2 Frekuensi 935-960 MHz Menggunakan Stripline*.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini, adalah sebagai berikut :

- Merancang *power splitter 1:2* sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
- Merealisasikan *power splitter 1:2* yang mempunyai spesifikasi sesuai dengan rancangan.
- Melakukan pengukuran dan analisis data terhadap kinerja *power splitter*

1.3 BATASAN MASALAH

Pada pembuatan tugas akhir ini hanya dibatasi pada perancangan dan perealisasiian *power splitter* dengan batasan-batasan sebagai berikut:

- Frekuensi kerja : 935-960 MHz
- Frekuensi tengah : 947,5 MHz
- *Insertion Loss* : $\leq 0,5$ dB
- VSWR : $\leq 1,5$
- Isolasi : > 20 dB
- Pengukuran power tidak dilakukan karena keterbatasan alat ukur
- Pengukuran alat di BTS tidak dilakukan karena tidak memungkinkan

1.4 METODELOGI PENULISAN

Dalam penulisan tugas akhir ini, metode yang dilakukan meliputi tahap-tahap sebagai berikut:

- Studi Literatur
Pada tahap ini penulis mencoba mencari literatur yang berkaitan dengan perancangan alat, yaitu *power splitter*. Berdasarkan hal ini, kemudian ditentukan spesifikasi teknis yang lebih rinci.
- Perancangan
Dengan spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada tahap ini penulis mencoba merancang skema rinci dari alat yang dirancang.
- Simulasi
Pada tahap ini penulis mensimulasikan perancangan awal untuk mendapatkan hasil yang optimal dari rancangan yang akan dibangun.
- Realisasi
Setelah mendapatkan rancangan, maka pada tahap ini penulis mencoba menginventarisir kebutuhan komponen. Berikutnya penulis membuat *power splitter 1:2*.
- Analisis
Menganalisis kinerja alat yang telah direalisasikan.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Pokok-pokok penulisan laporan ini disusun dan dikelompokkan menjadi 5 (lima) bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penulisan dan sistematika penulisan laporan.

BAB II KONSEP DASAR POWER SPLITTER DAN STRIPLINE

Memberikan penjelasan dasar-dasar perancangan power splitter dengan beberapa faktor pendukung lainnya.

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

- Perancangan Alat

Mencakup perhitungan teoritis dari desain rancangan yang akan dibangun.

- Simulasi Perancangan

Memberikan gambaran awal dari perancangan, dimulai dari skema rangkaian yang digunakan untuk merealisasikan alat itu.

- Realisasi alat

Memberikan gambaran proses pembuatan dan realisasi dimulai dari *layout stripline, pcb, dan casing*.

BAB IV PENGUKURAN KINERJA DAN ANALISIS DATA

Memberikan penjelasan tentang langkah-langkah pengukuran dan hasil pengukuran. Pada hasil pengukuran akan disajikan dalam bentuk foto-foto, grafik dan tabel data hasil pengukuran.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dan saran terhadap seluruh pembahasan tugas akhir.

BAB II

KONSEP DASAR POWER SPLITTER DAN STRIPLINE

2.1 *Power Splitter*

Power splitter merupakan perangkat yang menerima sebuah sinyal masukan dan mengirim beberapa sinyal keluaran dengan amplituda tertentu. *Power splitter* juga merupakan komponen pasif gelombang mikro yang digunakan untuk mendistribusikan sinyal gelombang mikro. *Power splitter* tersebut dapat diaplikasikan pada sebuah antena array. Dalam membagi daya, sebuah input sinyal dibagi oleh *power splitter* menjadi dua atau lebih sinyal dengan daya yang lebih kecil.

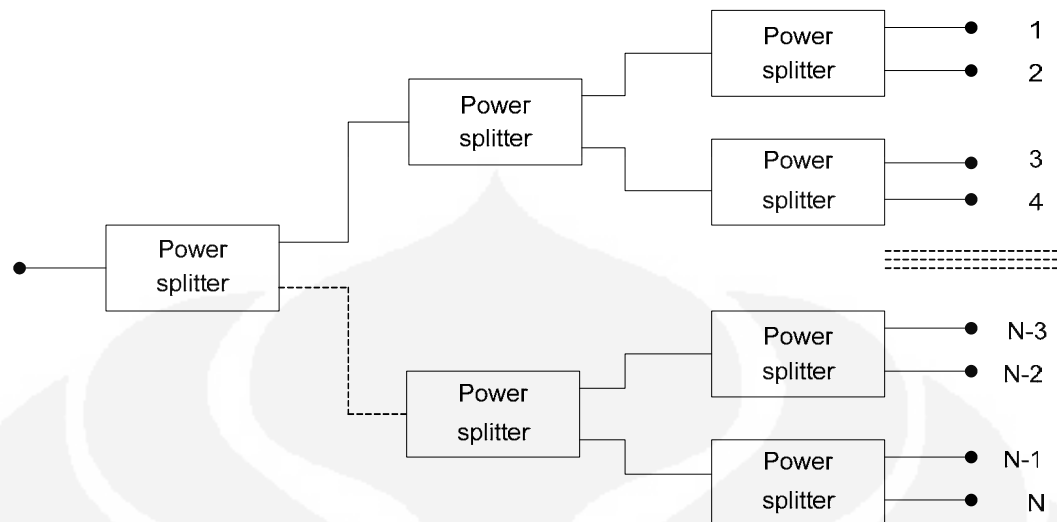


Gambar 2.1 *Power Splitter*

Microwave power splitter, seperti *Wilkinson splitter* dapat direalisasikan dalam teknologi *stripline*, 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 splitter* yang direalisasikan pada skripsi ini mempunyai 1 masukan dan 2 keluaran.

2.1.1 Struktur *Power Splitter*

Jumlah perangkat yang digabung untuk tipe struktur *splitter* ini adalah *biner*. Ini berarti bahwa perangkat yang dipakai harus sama dengan $2N$, dimana N adalah bilangan integer positif. Tipe ini disebut juga *tree/corporate structure*, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



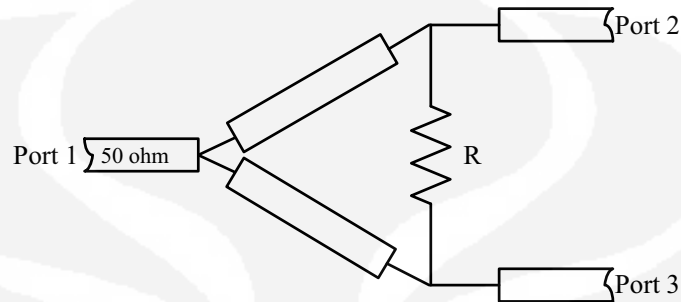
Gambar 2.2 Struktur Pohon *Power Splitter* [3]

Dalam aplikasi pada frekuensi gelombang mikro, adakalanya daya yang ditransfer ke *port* keluaran akan dipantulkan kembali. Untuk menghindarinya, *port* keluaran harus dibuat *match*. Jika kondisi *match* tidak diperoleh, maka akan terjadi pengurangan daya akibat pantulan. Masalah pantulan pada peralatan telekomunikasi bukanlah hal baru. Begitu pula pada *power splitter*, masalah tersebut tidak dapat dihindari atau bahkan dihilangkan. Yang mungkin bisa dilakukan adalah meminimalisasi pantulan tersebut dengan mengupayakan kedua *port* keluarannya *match*.

2.1.2 Wilkinson *Power Splitter*

Wilkinson *power splitter* berfungsi membagi sinyal masukan menjadi beberapa sinyal keluaran dengan amplituda dan fasa yang sama [10]. 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* [3]. Wilkinson menambahkan sebuah resistor untuk mengupayakan ketiga *port* keluarannya *match* dan secara penuh mengisolasi *port 2* dari *port 3* (Gambar 2.3) pada frekuensi tengah (f_c). Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa jenis *power splitter* ini memiliki empat bagian yang berbeda yaitu sebagai berikut :

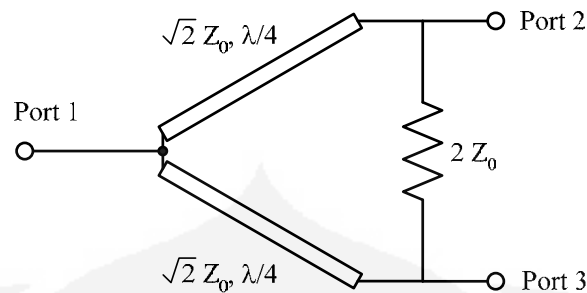
1. *Input port*
2. *Quarter-wave transformers*
3. *Isolation resistors*
4. *Output ports*



Gambar 2.3 Wilkinson *Power Splitter* Ideal dengan Dua Port

Sebuah *power splitter* ideal, satu sinyal input akan menghasilkan dua sinyal output dengan isolasinya tidak terbatas pada tiap *port*, 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 splitter*.

Ketika sebuah sinyal input masuk port 1, maka akan 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 [10]. 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 2.4 dibawah ini:

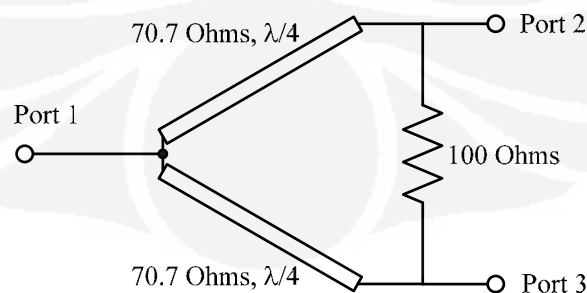


Gambar 2.4 Prinsip Wilkinson *Power Splitter* dengan Transformator $\lambda/4$ [10]

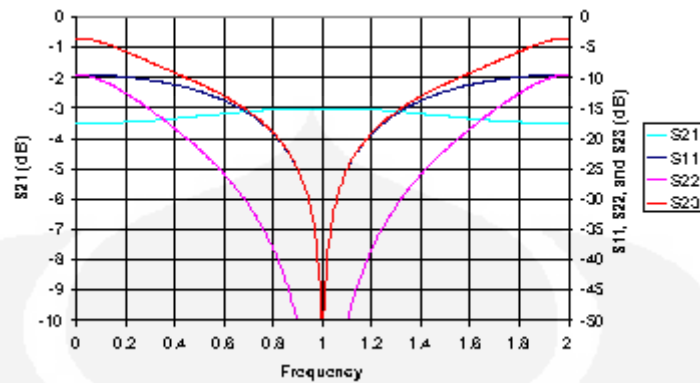
Sebuah Wilkinson *power splitter* sederhana adalah *2-way power splitter*, yang terdiri dari dua buah *transformer* $\lambda/4$ dengan impedansi karakteristik (Z_0) masing-masing sebesar $70,7 \Omega$, dan resistor 100Ω diantara keduanya. *Port* keluaran mempunyai beban 50Ω , maka diperlukan saluran $\lambda/4$ untuk mentransformasikan saluran 100Ω ke beban 50Ω , sehingga diperoleh impedansi karakteristik (Z_0) saluran $\lambda/4$ tersebut adalah sebagai berikut :

$$Z_0 \lambda/4 = \sqrt{100 \times 50} = 70,7 \Omega$$

Apabila terjadi *mismatch* pada salah satu *port* keluarannya, maka sinyal pantul akan terbagi dua dan memisah melalui saluran transmisi. Dari sinyal pantul tersebut, salah satunya dikembalikan ke *port* masukan sedangkan sinyal pantul lainnya pada *port* keluaran yang lain. Dari sinyal pantul yang dikembalikan ke *port* masukan tadi, akan terbagi dua, lalu menuju kedua *port* keluaran yang ada sehingga pada *port* keluaran terdapat dua buah sinyal dengan amplituda yang sama, namun fasanya berbeda 180° , yang secara sempurna akan saling menghilangkan [3].

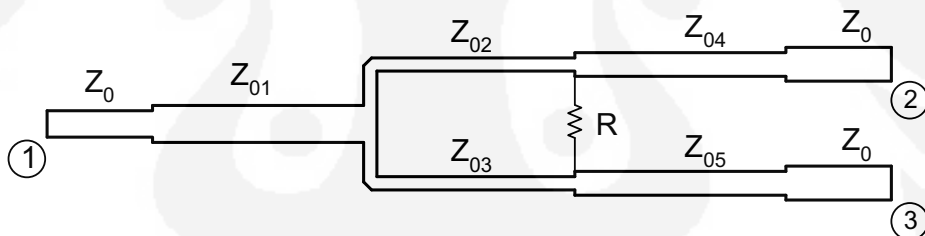


Gambar 2.5 Wilkinson *2-Way Power Splitter*



Gambar 2.6 Parameter-S Wilkinson dengan *Input Transformer* $\lambda/4$ [10]

Parad dan Moynihan menambahkan rangkaian kompensasi $\lambda/4$ di depan bagian pemisah dayanya (bagian yang memiliki impedansi karakteristik $70,7 \Omega$). Kompensasi ini berupa *transformator step* $\lambda/4$ yang bertujuan untuk memperlebar *bandwidth* saluran. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Desain *Power Splitter* dari Parad dan Moynihan

Dengan Z_0 adalah impedansi terminasi, yaitu 50Ω dan Z_{0n} adalah impedansi karakteristik saluran ke- n , $n= 1, 2, \dots, 5$.

Berikut ini persamaan-persamaan dari Parad dan Moynihan [2]:

$$K^2 = \frac{\text{Daya pada port 3}}{\text{Daya pada port 2}} \quad (2.1)$$

$$R = Z_0 \left[\frac{1 + K^2}{K} \right] \quad (2.2)$$

$$Z_{01} = Z_0 \left[\frac{K}{1 + K^2} \right]^{1/4} \quad (2.3)$$

$$Z_{02} = Z_0 K^{3/4} (1 + K^2)^{1/4} \quad (2.4)$$

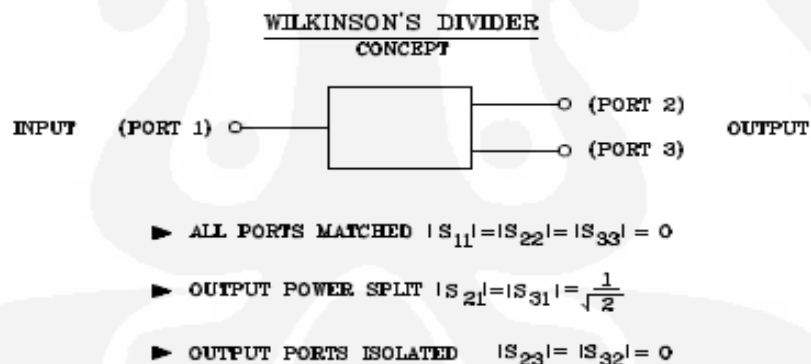
$$Z_{03} = Z_0 \frac{(1 + K^2)^{1/4}}{K^{5/4}} \quad (2.5)$$

$$Z_{04} = Z_0 \sqrt{K} \quad (2.6)$$

$$Z_{05} = \frac{Z_0}{\sqrt{K}} \quad (2.7)$$

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.



Gambar 2.8 Konsep S-parameter dalam Wilkinson Divider [4]

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.

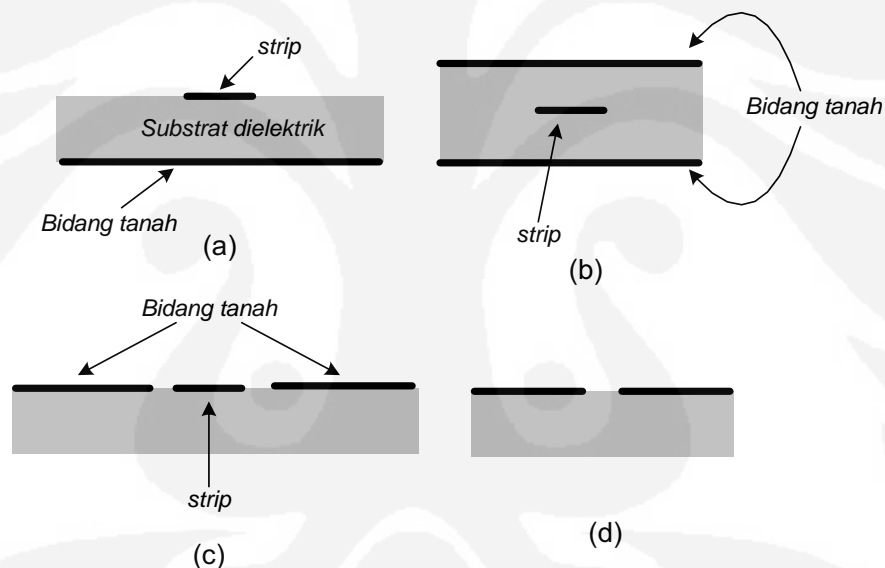
S31 = power yang disalurkan dari terminal output 3 ke terminal input 1.

S32 = power yang disalurkan dari terminal output 3 ke terminal output 2.

S33 = power yang dipantulkan dari terminal output 3.

2.2 Saluran Planar Stripline

Saluran planar adalah saluran transmisi dengan konduktor-konduktor pembentuknya berada pada bidang datar dan paralel. Antar konduktor dipisahkan oleh material dielektrik. Satu konduktor berlaku sebagai saluran (*line*) dan konduktor lain sebagai bidang tanah (*ground plane*). Ada beberapa jenis saluran planar, yang paling sering digunakan adalah saluran mikrostrip dan *stripline*. Gambar 2.9 memperlihatkan jenis-jenis saluran planar.



Gambar 2.9 Saluran Planar (a) Saluran Mikrostrip; (b) *Stripline*; (c) Saluran Koplanar; (d) *Slotted Line* [8]

Gambar 2.9 (a) adalah saluran mikrostrip, terdiri dari saluran berupa strip dan bidang tanah yang terpisahkan oleh substrat berupa bahan dielektrik. *Stripline* diperlihatkan pada Gambar 2.9 (b) terdiri dari dua konduktor berlaku sebagai bidang tanah dan salurannya berupa strip terletak di antara kedua bidang tanah tersebut dan sama jaraknya ke kedua konduktor bidang tanah tersebut. Antara strip dan bidang tanah diisi dengan dielektrik. Gambar 2.9 (c) dan 2.9 (d) adalah

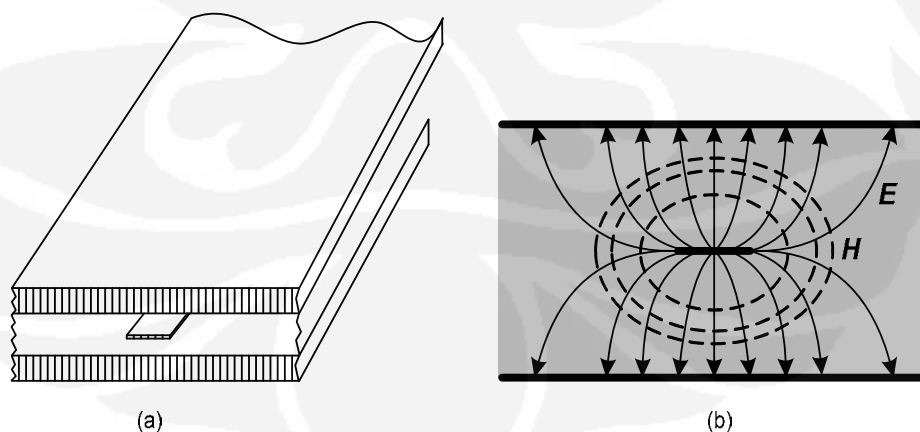
saluran koplanar dan *slotted line*. Semua saluran jenis planar dapat direalisasikan dalam bentuk pcb (*printed circuit board*) [8].

2.2.1 Latar Belakang

Kata *stripline* pada awalnya digunakan untuk menunjukkan semua saluran transmisi planar dengan konduktor berbentuk *strip* termasuk mikrostrip. Sekarang, kata tersebut mempunyai arti yang lebih khusus dan secara umum menunjukkan sebuah struktur yang mempunyai konduktor *strip* yang disisipkan di suatu dielektrik diantara 2 *groundplane* (lihat Gambar 2.10).

Penggunaan “*flat strip coaxial transmission line*” (sekarang dikenal sebagai *stripline*) untuk pertama kali oleh Robert M. Barrett pada tahun 1950 [7], ia menerapkan struktur ini pada *printed circuit board* (PCB) dan sampai sekarang merupakan salah satu struktur saluran transmisi paling populer.

Struktur transmisi yang sesuai dengan berbagai elemen rangkaian pada *Microwave Integrated Circuit* (MIC) adalah struktur planar. Dengan struktur ini, penentuan karakteristik yang diinginkan dapat dilakukan secara mudah dengan mengatur dimensi saluran transmisinya. Selain itu secara mudah dapat dipadukan dengan rangkaian ataupun elemen perangkat lainnya. Dalam hal ini teknik *photolithography* dan *photoetching* sangat membantu dalam pembuatan struktur planar tersebut



Gambar 2.10 (a) Diagram Skematik pada *Stripline* ; (b) Kofigurasi Medan pada *Stripline*

Keterangan :

E = Medan listrik

H = Medan magnet

Konfigurasi medan listrik dan medan magnetik untuk *stripline* diperlihatkan pada Gambar 2.10 (b). Medan listrik muncul dari strip dan berakhir di kedua bidang tanah, sedangkan medan magnetik berputar membentuk loop mengelilingi strip. Medan magnetik ini selalu tegak lurus terhadap medan listrik. Mode gelombang fundamental yang menjalar pada *stripline* adalah mode TEM.

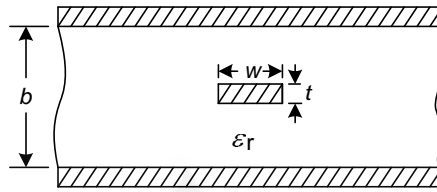
Keuntungan penggunaan *stripline* dari koaksial maupun *waveguide*, yaitu komponen aktif maupun pasif dapat digabungkan sebagai bagian dari rangkaian tersebut. Sehingga dapat dilakukan miniaturisasi dalam sebuah rangkaian yang besar. Disamping itu rangkaian akan jadi lebih kecil, ringan, dan mudah dibuat ulang dengan karakteristik yang sama tanpa memerlukan banyak *tuning* [8].

Namun disamping keuntungan di atas, *stripline* memiliki beberapa kelemahan dibandingkan dengan koaksial maupun *waveguide*, yaitu dalam hal isolasi antar rangkaian serta kemampuan penanganan dayanya (*power handling capability*) yang rendah [8].

Sedangkan keuntungan penggunaan *stripline* dibandingkan dengan mikrostrip, yaitu pada *stripline* medan diantara dua *groundplane* terkurung dengan baik. Hal ini akan mengurangi kopling antar saluran yang berdekatan. Mode propagasi dominan pada *stripline* adalah TEM (*Transverse Electromagnetic*) karena konduktor tengahnya dikelilingi oleh dielektrik form yang memberikan transmisi uniform pula. Berbeda dengan mikrostrip yang mempunyai struktur terbuka dan dielektrik campuran.

2.2.2 Impedansi Karakteristik Stripline

Stripline dibentuk dari konduktor logam tipis berpenampang empat persegi panjang yang ditanamkan dalam suatu bahan dielektrik uniform diantara dua *groundplane*. Gambar 2.11 menunjukkan struktur geometri sebuah *stripline*.



Gambar 2.11 Struktur Geometri *Stripline*

Impedansi karakteristik *stripline* dapat dinyatakan dengan kapasitansi dan kecepatan fasa gelombang dalam saluran. Karena *stripline* menyalurkan mode gelombang TEM, maka kecepatan fasa gelombang dalam saluran adalah [5]:

$$v_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.8)$$

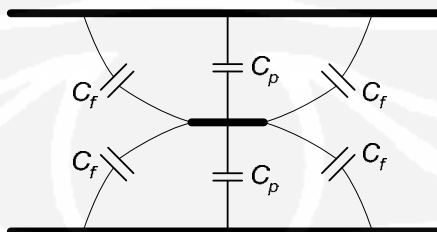
dengan L dan C adalah induktansi dan kapasitansi saluran per satuan panjang, sedangkan c adalah kecepatan cahaya di ruang hampa, dan ϵ_r konstanta dielektrik medium. Induktansi saluran dapat dinyatakan dengan kecepatan fasa dan kapasitansi, yaitu :

$$\sqrt{L} = \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{c\sqrt{C}} \quad (2.9)$$

Impedansi karakteristik saluran adalah :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{cC} = \frac{120\pi\epsilon}{C\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.10)$$

Dengan mensubstitusikan induktansi pada persamaan (2.9) ke persamaan (2.10), dan 120π adalah impedansi intrinsik ruang hampa. Dari persamaan (2.10) kita dapat mengetahui impedansi karakteristik saluran jika kita kapasitansi saluran diketahui.



Gambar 2.12 Model kapasitansi dari *stripline*

Kapasitansi total dari saluran strip, C_s , berdasarkan Gambar 2.12, adalah :

$$C_t = 2C_p + 4C_f \quad (2.11)$$

dengan C_p adalah kapasitansi plat paralel persatuan panjang

$$C_p = \epsilon \frac{2W}{b-t} = 2\epsilon_r \epsilon_0 \frac{W/b}{1-t/b} \quad (2.12)$$

dan C_f adalah kapasitansi luapan (*fringing capacitance*) per satuan panjang, dan dinyatakan oleh pendekatan Balanis [8]:

$$\frac{C_f}{\epsilon} = \frac{1}{\pi} \left[\frac{2}{1-t/b} \ln \left(1 + \frac{1}{1-t/b} \right) - \left(\frac{1}{1-t/b} - 1 \right) \ln \left(\frac{1}{(1-t/b)^2} - 1 \right) \right] \quad (2.13)$$

Dengan demikian impedansi karakteristik saluran strip menjadi :

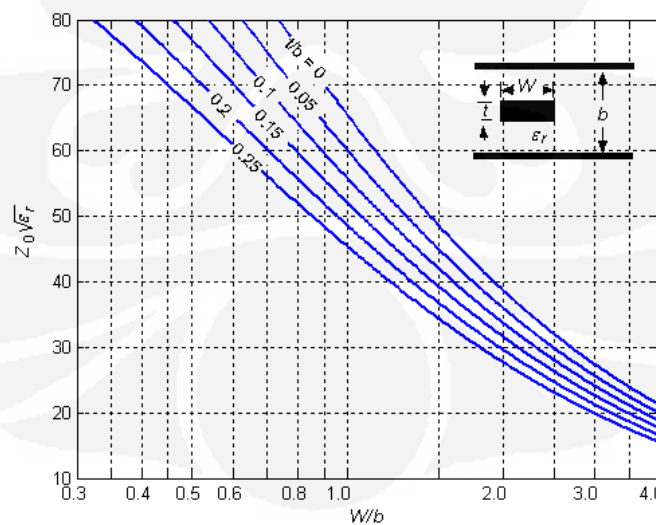
$$Z_0 \sqrt{\epsilon_r} = \frac{120\pi}{C_t/\epsilon} = \frac{120\pi}{(2C_p + 4C_f)/\epsilon} = \frac{30\pi}{\frac{W/b}{1-t/b} + \frac{C_f}{\epsilon}} \quad (2.14)$$

dan untuk ketebalan strip nol ($t = 0$), persamaan (2.13) menjadi :

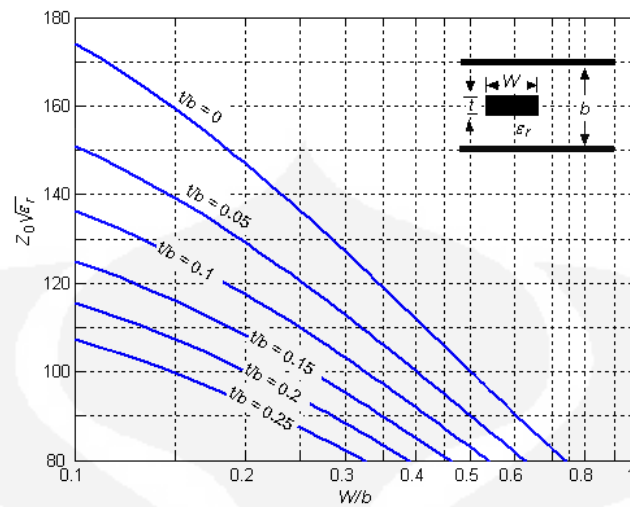
$$\frac{C_f}{\epsilon} = \frac{1}{\pi} (2 \ln 2) = 0,4413 \quad (2.15)$$

Sehingga persamaan (2.14) menjadi

$$Z_0 \sqrt{\epsilon_r} = \frac{30\pi}{W/b + 0,4413} \quad (2.16)$$



(a)



(b)

Gambar 2.13 (a) dan (b) Impedansi Karakteristik Terhadap W/b Untuk Beberapa Nilai t/b

Gambar 2.13 (a) dan (b) memperlihatkan grafik impedansi karakteristik ($Z_0\sqrt{\epsilon_r}$) sebagai fungsi dari lebar strip (W/b) untuk berbagai nilai ketebalan strip (t/b). Dari data grafik di atas kita dapat menganalisis impedansi karakteristik dari data yang diketahui, yaitu: W/b dan konstanta dielektrik. Dalam praktek yang kita cari adalah lebar jalur W untuk impedansi karakteristik yang kita inginkan, dengan ketebalan dielektrik b dan konstanta dielektrik ϵ_r yang diketahui. Gambar 2.13 dapat digunakan untuk tujuan tersebut. Jika ingin lebih teliti lagi kita dapat menggunakan persamaan di bawah ini [8] :

$$\frac{W}{b} = \frac{2}{\pi} \times \begin{cases} \cosh^{-1} \left[\left(\frac{e^x + 2}{e^x - 2} \right)^2 \right] & Z_0\sqrt{\epsilon_r} \geq 94,25 \\ \tanh^{-1} \left[\left(\frac{e^{\frac{\pi^2}{x}} - 2}{e^{\frac{\pi^2}{x}} + 2} \right)^2 \right] & Z_0\sqrt{\epsilon_r} \leq 94,25 \end{cases} \quad (2.17)$$

dengan

$$x = \frac{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}{30} \quad (2.18)$$

2.2.3 Bahan Dasar Pembuatan *Stripline*

Pemilihan bahan dasar pada pembuatan *stripline* meliputi konduktor tengah, bahan dielektrik, dan pengemas (*case*). Bahan dielektrik untuk *stripline* dipakai untuk menempelkan saluran transmisi (dalam hal ini konduktor) sebagai media propagasi gelombang elektromagnetik.

2.2.4 Bahan Dielektrik

Bahan dielektrik untuk *stripline* dipakai untuk menempelkan saluran transmisi (konduktor) dan terutama sebagai media propagasi gelombang elektromagnetik. Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan ini adalah:

1. Konstanta dielektrik, nilai konstanta dielektrik yang besar menyebabkan *loss* yang besar
2. *Loss tangent* ($\tan \delta$)
3. Jangkauan temperatur yang dapat digunakan.
4. Stabilitas dimensi terhadap:
 - a. temperatur.
 - b. pemrosesan.
5. Ketahanan terhadap bahan-bahan kimia dan air.
6. Faktor-faktor fisik, antara lain:
 - a. kekuatan terhadap benturan (*impact resistance*).
 - b. konduktivitas thermal.

Bahan dielektrik yang tersedia biasanya berupa bahan murni atau campuran dalam bentuk lembaran (*sheet*) yang biasanya telah dilapisi oleh tembaga pada salah satu/ kedua sisinya.

Berdasarkan pendekatan Pozar [5] rugi-rugi dielektrik (α_d) pada *stripline* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\alpha_d = \frac{\pi \sqrt{\epsilon_r} \tan \delta}{\lambda_0} \quad (2.19)$$

2.2.5 Bahan Konduktor

Pemilihan bahan konduktor sangat penting diperhatikan karena dalam hal ini konduktor sebagai saluran transmisi. Banyak hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan konduktor sehubungan dengan substrat yang digunakan. Hal-hal tersebut antara lain:

- daya lekat yang baik terhadap substrat
- mudah disolder
- tahan terhadap korosi
- ketahanan terhadap pelepuhan
- mudah dietching

Untuk itu terdapat beberapa bahan konduktor yang bisa dipakai, seperti emas, tembaga, dan aluminium. Namun harus diperhatikan juga sifat elektriknya seperti konduktivitas (σ) yang tinggi. Karena semakin besar nilai konduktivitas konduktor, maka redaman yang dihasilkan akan semakin kecil. Tabel 2.1 menunjukkan beberapa konduktor dengan sifat-sifat elektriknya.

Tabel 2.1 Sifat Elektrik dari Beberapa Konduktor [9]

| Bahan | μ_r | ϵ_r | σ (S/m) |
|-----------------|----------|--------------|---------------------------|
| Perak | 0,99998 | 1 | $6,17 \times 10^7$ |
| Tembaga | 0,999991 | 1 | $5,76 \times 10^7$ |
| Aluminium | 1,00002 | 1 | $3,72 \times 10^7$ |
| Sodium | 1 | 1 | $2,1 \times 10^7$ |
| Brass | 1 | 1 | $2,56 \times 10^7$ |
| Timah | 1 | 1 | $0,87 \times 10^7$ |
| Graphite | 1 | 1 | $0,01 \times 10^7$ |
| Emas | 1 | 1 | $4,10 \times 10^7$ |
| Baja | 1000 | | $0,14 - 0,77 \times 10^7$ |
| Stainless Steel | 1000 | | $0,11 \times 10^7$ |
| Mumetal | 100000 | | |
| Solder | 1 | | $0,7 \times 10^7$ |
| Nickel | 600 | | $1,45 \times 10^7$ |

Dari bahan-bahan konduktor di atas, yang sering digunakan adalah logam tembaga dengan konduktivitas yang tinggi dan harganya yang murah.

Berdasarkan pendekatan Pozar [5] redaman karena rugi-rugi konduktor pada *stripline* adalah

$$\alpha_c = \begin{cases} \frac{2,7 \times 10^{-3} R_s \varepsilon_r Z_0}{30\pi(b-t)} A & \sqrt{\varepsilon_r} Z_0 \leq 120 \\ \frac{0,16 R_s}{Z_0 b} B & \sqrt{\varepsilon_r} Z_0 \geq 120 \end{cases} \quad (2.20)$$

dengan

$$A = 1 + \frac{2W}{b-t} + \frac{1}{\pi} \frac{b+t}{b-1} \ln\left(\frac{2b-t}{t}\right) \quad (2.21)$$

$$B = 1 + \frac{b}{(0,5W + 0,7t)} \left(0,5 + \frac{0,414t}{W} + \frac{1}{2\pi} \ln \frac{4\pi W}{t} \right)$$

$$R_s = \frac{\omega \mu_0}{2\sigma} \quad (2.22)$$

2.2.6 Kemampuan Daya

Konstruksi *stripline* pada dasarnya tidak sesuai untuk aplikasi daya tinggi baik untuk daya puncaknya (*peak power*) maupun daya rata-ratanya (*average power*). Kemampuan daya *stripline* tidak dapat mencapai kemampuan daya dari *waveguide* atau bahkan saluran koaksial dengan luas penampang strip yang sama [8]. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti konsentrasi medan pada tepi-tepi tajam dari saluran transmisi serta rugi-rugi dielektrik.

2.2.7 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 *stripline* tergantung pada konstanta dielektrik relatif yaitu :

$$\lambda_c = \frac{c}{f_c \sqrt{\varepsilon_r}} \quad (2.23)$$

$$L_{\lambda/4} = \frac{\lambda_c}{4} \quad (2.24)$$

λ_c = panjang gelombang dalam *stripline*

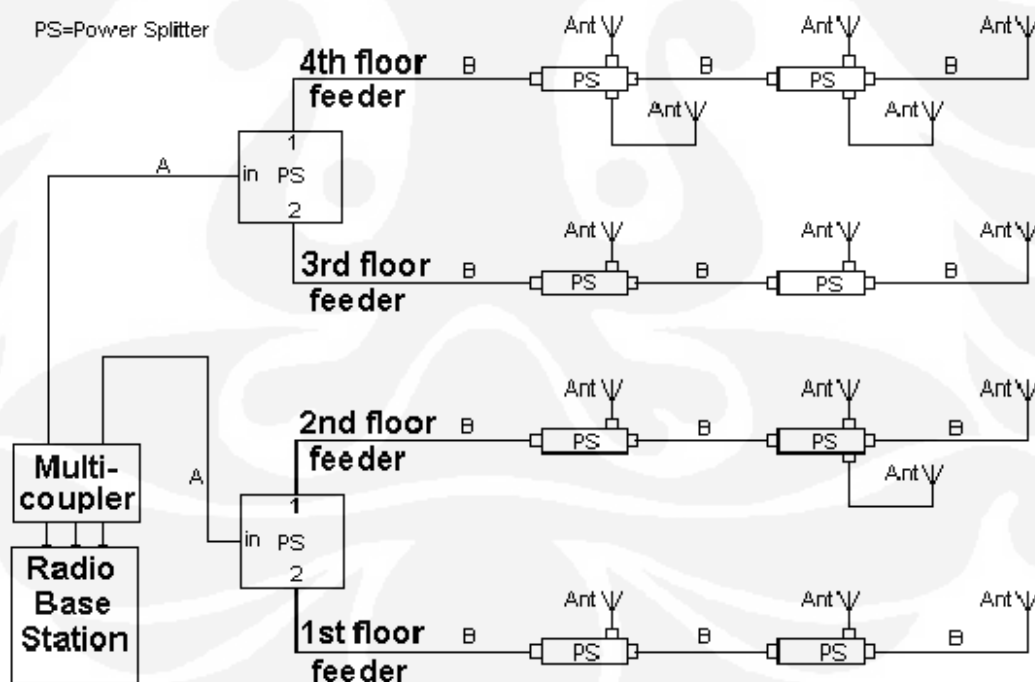
Dimana: $L_{\lambda/4}$ = panjang saluran transmisi $\lambda/4$

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

f_c = frekuensi *center*

2.3 Implementasi Power Splitter

Pada sistem GSM *Indoor Power Splitter* digunakan untuk mendistribusikan daya ke beberapa buah antena. Ada beberapa konfigurasi *Power Splitter*, seperti *Power Splitter* 1:2, *Power Splitter* 1:3 dan seterusnya. Gambar 2.14 menunjukkan diagram skematik penggunaan *Power Splitter* untuk GSM *indoor* pada sebuah gedung 4 lantai.

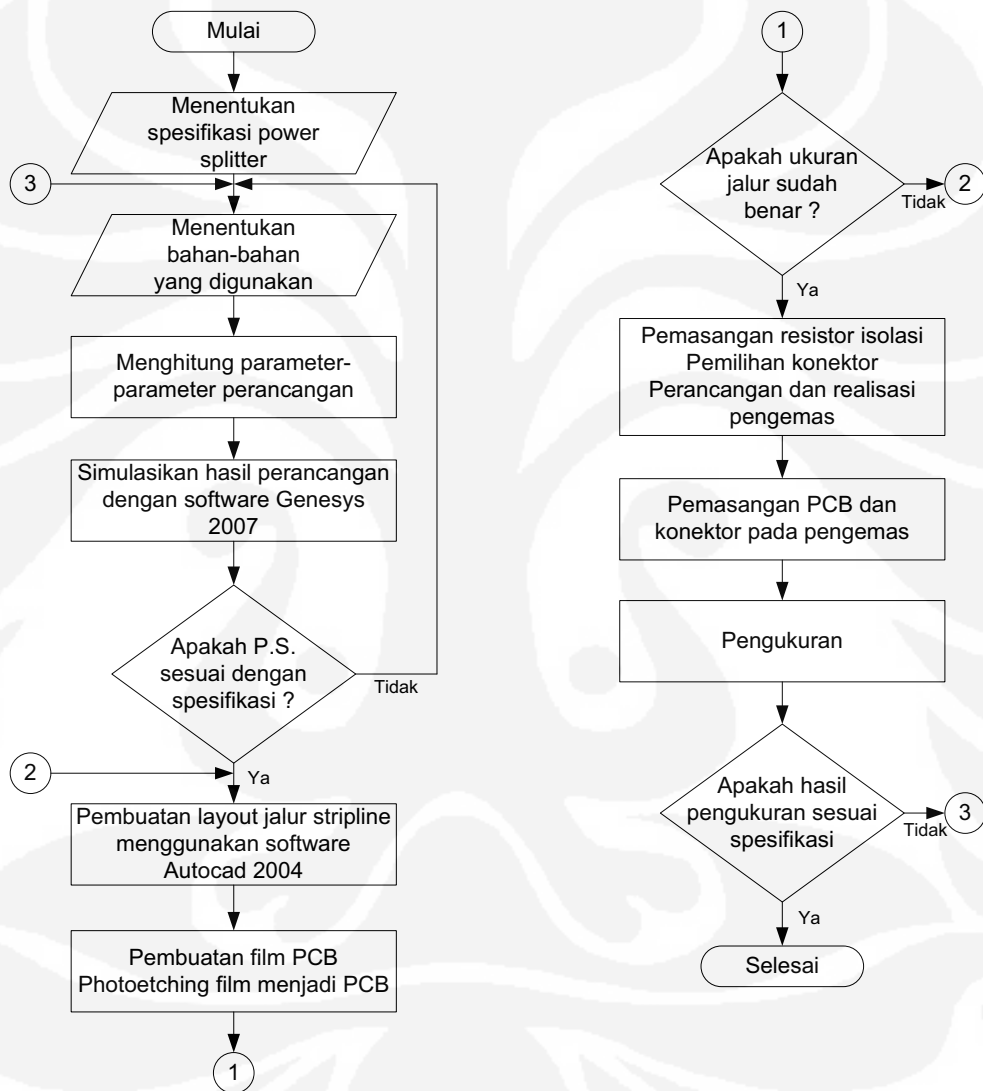


Gambar 2.14 Diagram Skematik GSM Indoor [1]

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

3.1 Diagram Alir Perancangan

Skema perancangan dan realisasi alat ini melalui beberapa tahapan proses mulai dari awal sampai dengan selesai, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 .



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan *Power Splitter*

3.2 Spesifikasi *Power Splitter*

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

- Frekuensi kerja : 935-960 MHz
- Frekuensi tengah : 947,5 MHz
- *Insertion Loss* : $\leq 0,5$ dB
- VSWR : $\leq 1,5$
- Isolasi : > 20 dB
- *Return Loss* : ≤ -14 dB

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

- Permittivitas relatif bahan (ϵ_r) = 4,5
- Tebal dielektrik (h) = 1,6 mm
- Tebal konduktor (t) = 0,035 mm
- Rugi-rugi tangen ($\tan \delta$) = 0,02

Perancangan *power splitter* ini menggunakan *stripline*, oleh sebab itu agar didapatkan bentuk struktur *shielded stripline*, maka diperlukan 2 buah PCB, yaitu 1 buah PCB *double layer* dan 1 buah PCB *single layer*. Pada PCB *double layer*, *layer* atas berisi *layout* jalur *stripline*, *layer* bawah sebagai *ground plane*. Sedangkan PCB *single layer* sebagai *ground plane* sehingga terdapat dua buah *ground plane* yang berjarak 2 kali tebal dielektriknya. Karena tebal dielektrik yang digunakan 1,6 mm, maka $b = 3.2$ mm.

3.3 Perancangan Secara Teoritis

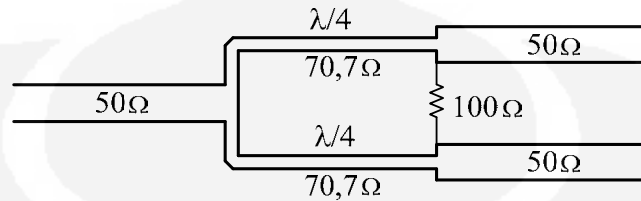
3.3.1 Menentukan Impedansi Karakteristik Saluran

Pada Gambar 2.3, daya *input* dihubungkan dengan *port input* yang memiliki impedansi karakteristik 50Ω . Kemudian daya tersebut dibagi menjadi dua dengan amplitudo dan fasa tertentu dan berjalan ke *port output*. Pada Gambar 2.4, *port input* terhubung dengan dua buah saluran 100Ω secara paralel, sedangkan *port output* memiliki beban 50Ω sehingga perlu digunakan *transformer* $\lambda/4$ untuk mentransformasikan saluran 100Ω ke beban 50Ω . Maka nilai impedansi karakteristik saluran $\lambda/4$ sebesar :

$$Z_{(\lambda/4)} = \sqrt{100 \times 50}$$

$$= 70,7 \Omega$$

Sehingga diperoleh rangkaian Wilkinson *power splitter* seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Wilkinson Power Splitter

3.3.2 Penambahan Kompensasi Saluran $\lambda/4$

Untuk menjaga segala kemungkinan yang akan muncul pada perealisasiian yang dapat mengurangi unjuk kerjanya, maka rangkaian di atas dapat ditambahkan rangkaian kompensasi $\lambda/4$ di depan bagian pemisah dayanya (bagian yang memiliki impedansi karakteristik $70,7 \Omega$). Kompensasi ini berupa *transformator step $\lambda/4$* yang bertujuan untuk menghaluskan perubahan impedansi saluran transmisinya. Selain itu juga, bertujuan untuk memperlebar *bandwidth* saluran. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.

Pada perancangan *power splitter* ini, daya *output* pada masing-masing *port* sama besar sehingga perbandingan daya pada *port 2* dan *port 3* adalah 1 ($K=1$). Dengan menggunakan persamaan 2.1 sampai dengan 2.7, selanjutnya akan diperoleh nilai R dan harga impedansi untuk masing-masing saluran sebagai berikut:

$$R = 50 \left[\frac{1+1^2}{1} \right] = 100 \Omega$$

$$Z_{01} = 50 \left[\frac{1}{1+1^2} \right]^{1/4} = 50 \left[\frac{1}{2} \right]^{1/4} = 42,0448 \Omega$$

$$Z_{02} = 50 \cdot 1^{3/4} (1+1^2)^{1/4} = 50 \cdot 1^{3/4} (2)^{1/4} = 59,4606 \Omega$$

$$Z_{03} = 50 \frac{(1+1^2)^{1/4}}{1^{5/4}} = 50 \frac{(2)^{1/4}}{1^{5/4}} = 59,4606 \Omega$$

$$Z_{04} = 50 \sqrt{1} = 50 \Omega$$

$$Z_{05} = \frac{50}{\sqrt{1}} = 50 \Omega$$

Z_{02} dan Z_{03} merupakan hasil transformasi dari saluran yang memiliki impedansi karakteristik sebesar $70,7 \Omega$ ke saluran yang memiliki impedansi karakteristik 50Ω . Z_{04} dan Z_{05} memiliki impedansi karakteristik 50Ω yang dibutuhkan untuk memasang konektor pada PCB, sedangkan Z_{01} untuk mentransformasi impedansi pembagi ke Z_0 .

3.3.3 Menentukan Lebar Saluran Untuk Masing-Masing Z_0

Dengan menggunakan persamaan (2.17) dan (2.18) untuk mendapatkan nilai lebar saluran pada tiap tingkat, adalah sebagai berikut :

Lebar saluran untuk $Z_0 = 42,0448 \Omega$

$$x = \frac{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}{30} = \frac{42,0448 \sqrt{4,5}}{30} = 2,9730$$

$$Z_0 \sqrt{\epsilon_r} = 42,0448 \sqrt{4,5} = 89,1905$$

$$\frac{W}{b} = \frac{2}{\pi} \times \tanh^{-1} \left[\left(\frac{e^{\frac{\pi^2}{x}} - 2}{e^{\frac{\pi^2}{x}} + 2} \right)^2 \right] = \frac{2}{\pi} \times \tanh^{-1} \left[\left(\frac{e^{\frac{\pi^2}{2,9730}} - 2}{e^{\frac{\pi^2}{2,9730}} + 2} \right)^2 \right] = 0,6171$$

$$W = 0,6171 \times b = 0,6171 \times 3,2 \cdot 10^{-3} = 1,9747 \text{ mm}$$

Lebar saluran untuk $Z_0 = 50 \Omega$

$$x = \frac{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}{30} = \frac{50 \sqrt{4,5}}{30} = 3,5355$$

$$Z_0 \sqrt{\epsilon_r} = 50 \sqrt{4,5} = 106,0660$$

$$\frac{W}{b} = \frac{2}{\pi} \times \cosh^{-1} \left[\left(\frac{e^x + 2}{e^x - 2} \right)^2 \right] = \frac{2}{\pi} \times \cosh^{-1} \left[\left(\frac{e^{3,5355} + 2}{e^{3,5355} - 2} \right)^2 \right] = 0,4521$$

$$W = 0,4521 \times b = 0,4521 \times 3,2 \cdot 10^{-3} = 1,4467 \text{ mm}$$

Lebar saluran untuk $Z_0 = 59,4606 \Omega$

$$x = \frac{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}{30} = \frac{59,4606 \sqrt{4,5}}{30} = 4,2045$$

$$Z_0 \sqrt{\epsilon_r} = 59,4606 \sqrt{4,5} = 126,1350$$

$$\frac{W}{b} = \frac{2}{\pi} \times \cosh^{-1} \left[\left(\frac{e^x + 2}{e^x - 2} \right)^2 \right] = \frac{2}{\pi} \times \cosh^{-1} \left[\left(\frac{e^{4,2045} + 2}{e^{4,2045} - 2} \right)^2 \right] = 0,3174$$

$$W = 0,3174 \times b = 0,3174 \times 3,2 \cdot 10^{-3} = 1,0157 \text{ mm}$$

Tabel 3.1 Nilai Z_0 dan Lebar Saluran w

| Impedansi Karakteristik Z_0 (Ω) | Lebar Saluran W (mm) |
|--|------------------------|
| 42,0448 | 1,9747 |
| 50 | 1,4467 |
| 59,4606 | 1,0157 |

3.3.4 Menghitung Panjang Gelombang Dan Panjang Saluran Transmisi $\lambda/4$

Panjang gelombang (λ) dan panjang saluran transmisi $\lambda/4$ didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.23) dan (2.24).

$$\lambda_c = \frac{c}{f_c \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{3 \cdot 10^8}{947,5 \cdot 10^6 \sqrt{4,5}} = 149,2574 \text{ mm}$$

$$L_{\lambda/4} = \frac{\lambda_c}{4} = \frac{149,2574 \cdot 10^{-3}}{4} = 37,3143 \text{ mm}$$

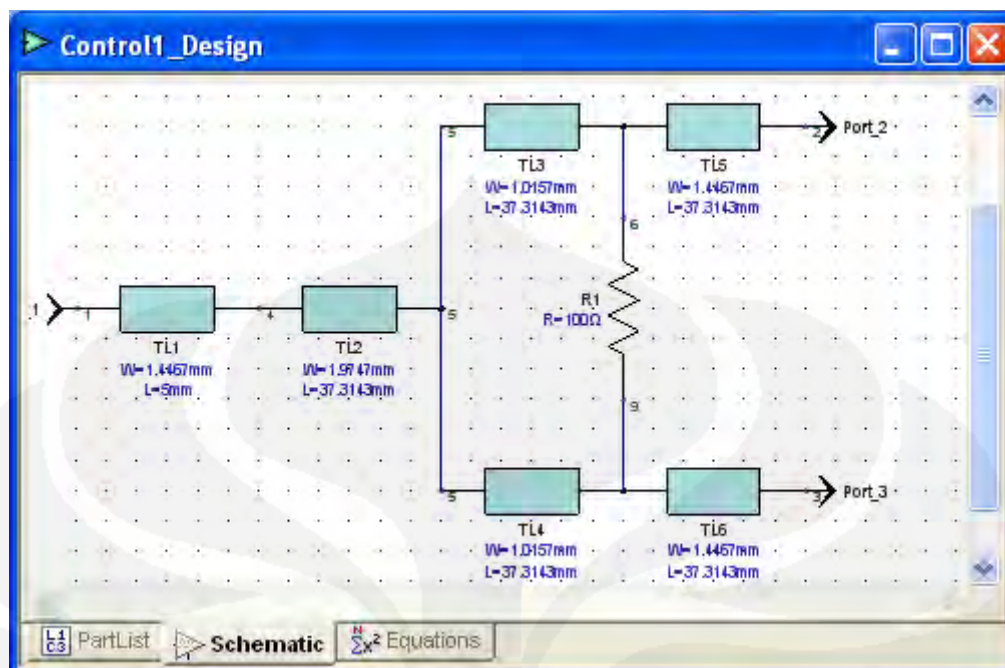
3.3.5 Menghitung Resistivitas Permukaan Konduktor

Resistivitas permukaan konduktor didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.22).

$$R_s = \frac{\omega \mu_0}{2\sigma} = \frac{2\pi f \mu_0}{2\sigma} = \frac{2\pi \times 947,5 \cdot 10^6 \times 2\pi \cdot 10^{-7}}{2 \times 5,76 \cdot 10^7} = 0,0080 \Omega$$

3.4 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. Blok realisasi alat secara simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Schematic Power Splitter

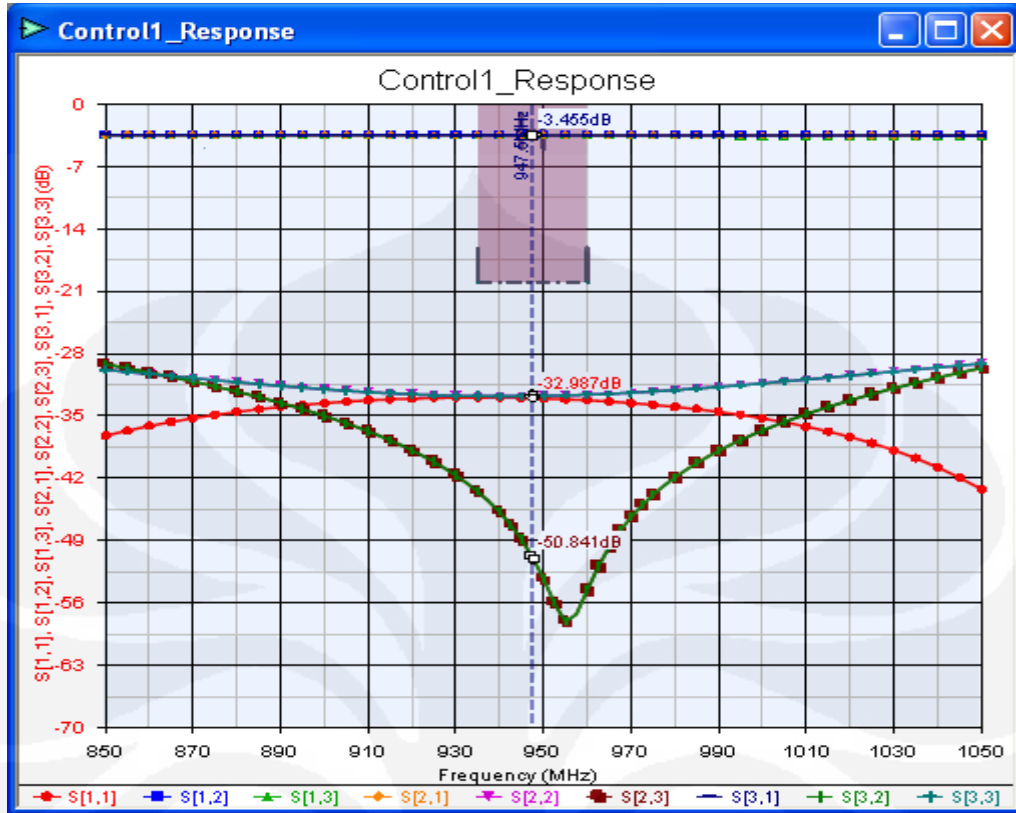
Port 1 merupakan port input power splitter, port 2 dan port 3 merupakan port output. Pada saat perancangan menggunakan software, parameter-parameter input yang diperlukan antara lain :

- Konstanta dielektrik (ϵ_r)
- Loss tangent ($\tan \delta$)
- Conductor surface resistivity (R_s)
- Ketebalan logam
- Kekesatan logam (S_r)
- Tebal substrat (b)
- Panjang stripline (l)
- Lebar saluran stripline (w)

Nilai parameter-parameter diatas diperoleh dari data spesifikasi dan data hasil perhitungan.

Pengukuran S-parameter

Pengukuran S-parameter secara simulasi, menghasilkan nilai-nilai S-parameter ditiap 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 Splitter

Hasil pengukuran S-parameter dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini :

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran S-Parameter dengan Simulasi

| Frekuensi (Mhz) | S-Parameter dalam deciBell (dB) | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | S11 | S12 | S13 | S21 | S22 | S23 | S31 | S32 | S33 |
| 935 | -32.913 | -3.45 | -3.45 | -3.45 | -32.747 | -43.492 | -3.45 | -43.492 | -32.747 |
| 937.5 | -32.915 | -3.451 | -3.451 | -3.451 | -32.759 | -44.569 | -3.451 | -44.569 | -32.759 |
| 940 | -32.924 | -3.452 | -3.452 | -3.452 | -32.765 | -45.791 | -3.452 | -45.791 | -32.765 |
| 942.5 | -32.939 | -3.453 | -3.453 | -3.453 | -32.764 | -47.2 | -3.453 | -47.2 | -32.764 |
| 945 | -32.96 | -3.454 | -3.454 | -3.454 | -32.758 | -48.856 | -3.454 | -48.856 | -32.758 |
| 947.5 | -32.987 | -3.455 | -3.455 | -3.455 | -32.744 | -50.841 | -3.455 | -50.841 | -32.744 |
| 950 | -33.021 | -3.457 | -3.457 | -3.457 | -32.725 | -53.248 | -3.457 | -53.248 | -32.725 |
| 952.5 | -33.061 | -3.458 | -3.458 | -3.458 | -32.7 | -56.019 | -3.458 | -56.019 | -32.7 |
| 955 | -33.108 | -3.459 | -3.459 | -3.459 | -32.668 | -58.1 | -3.459 | -58.1 | -32.668 |
| 957.5 | -33.161 | -3.46 | -3.46 | -3.46 | -32.631 | -57.248 | -3.46 | -57.248 | -32.631 |
| 960 | -33.221 | -3.461 | -3.461 | -3.461 | -32.588 | -54.539 | -3.461 | -54.539 | -32.588 |

Dari Tabel 3.2 Pada frekuensi tengah 947,5 MHz diperoleh nilai

$$S_{11} = -32,987 \text{ dB}$$

$$S_{22} = -32,744 \text{ dB}$$

$$S_{33} = -32,744 \text{ dB}$$

$$S_{12} = -3,455 \text{ dB, insertion loss port 2} = 0,455 \text{ dB}$$

$$S_{13} = -3,455 \text{ dB, insertion loss port 3} = 0,455 \text{ dB}$$

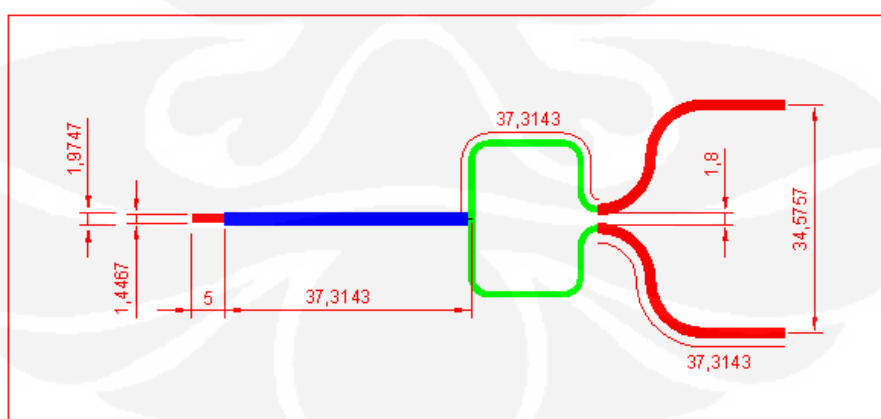
$$S_{23} = -50,841, \text{ isolasi} = 50,841 \text{ dB}$$

$$S_{32} = -50,841, \text{ isolasi} = 50,841 \text{ dB}$$

Nilai S_{11} , S_{22} dan S_{33} menunjukkan nilai *return loss* dari rancangan power splitter yang akan dibuat. Spesifikasi *return loss* yang diinginkan ≤ -14 dB. Nilai S_{12} dan S_{13} menunjukkan nilai *insertion loss* dari rancangan power splitter yang akan dibuat. Spesifikasi *insertion loss* yang diinginkan $\leq 0,5$ dB. Nilai S_{23} dan S_{32} menunjukkan nilai *isolasi* antar port output dari rancangan power splitter yang akan dibuat. Spesifikasi *isolasi* antar port yang diinginkan > 20 dB. Dari hasil simulasi semua persyaratan tersebut terpenuhi.

3.5 Perancangan Layout Power Splitter

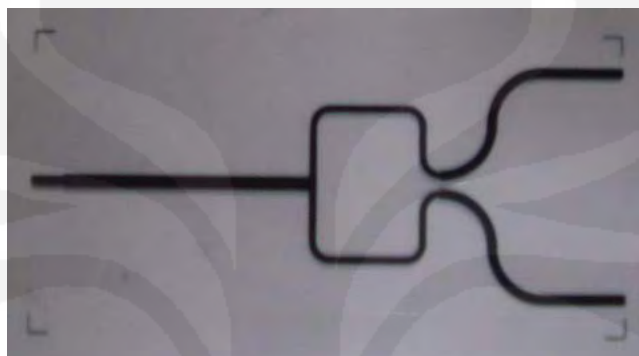
Setelah harga Z_0 , lebar masing-masing saluran dan panjang saluran transmisi $\lambda/4$ diperoleh, perancangan *layout* memakai software Autocad 2004. Maka gambar *layout* dari *power splitter* 1:2 dapat dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini :



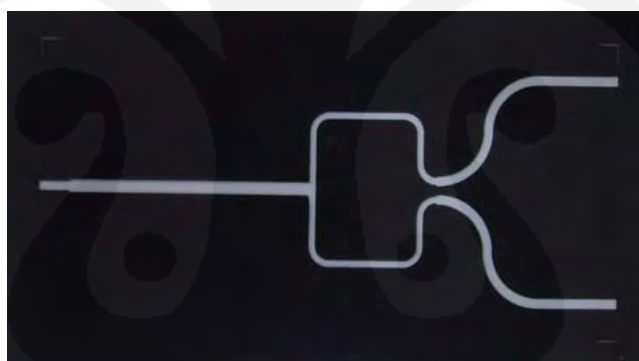
Gambar 3.5 Desain Layout Jalur Power Splitter

3.6 Pembuatan Film

Setelah perancangan *layout* jalur selesai, maka dibuat film positif dan negatif. Adapun bahan film tersebut adalah mika transparan. Film yang digunakan untuk merealisasikan kedalam PCB adalah film positif. Ukuran film yang dibuat harus memiliki skala 1:1. Hal ini dilakukan untuk mengupayakan tingkat kepresisian yang tinggi. Gambar film positif dan film negatif ditunjukkan pada Gambar 3.6 dan 3.7.



Gambar 3.6 Film Positif



Gambar 3.7 Film Negatif

3.7 Pembuatan PCB

Setelah proses pembuatan film positif selesai, *layout* jalur dapat diterapkan kedalam PCB. *Layout* ini dicetak pada PCB *double layer* dengan proses yang dinamakan *photoetching*, *layer* atas berisi *layout* yang telah dirancang (Gambar 3.5) sedangkan *layout* bawahnya sebagai *ground plane*.

3.8 Pemasangan Resistor Isolasi

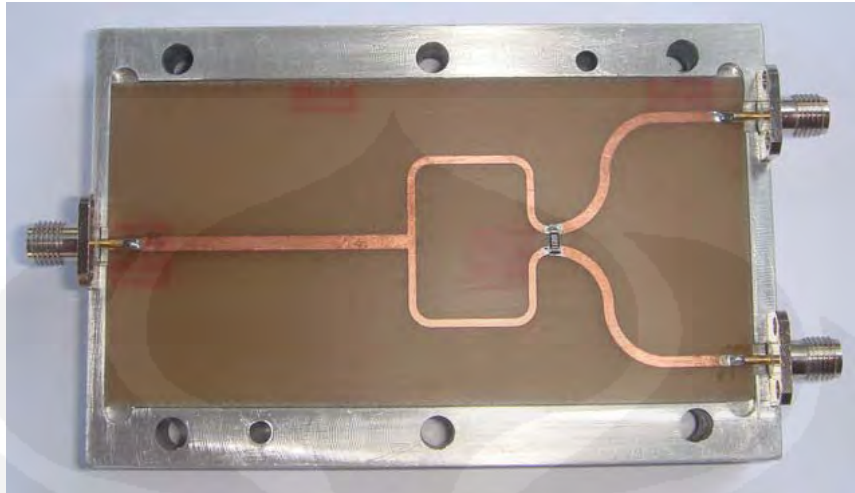
Pada Wilkinson *power splitter*, digunakan resistor isolasi antara dua *port* keluarannya. Resistor isolasi ini berfungsi untuk mengisolasi *port-port* keluaran pada saat *power splitter* digunakan sebagai *power combiner*. Pada saat pemasangan resistor isolasi ini harus hati-hati dan teliti, dikarenakan resistor yang digunakan jenis SMD yang memiliki ukuran yang kecil dan tidak boleh disolder terlalu panas karena akan merusak resistor tersebut.

3.9 Pemilihan Konektor

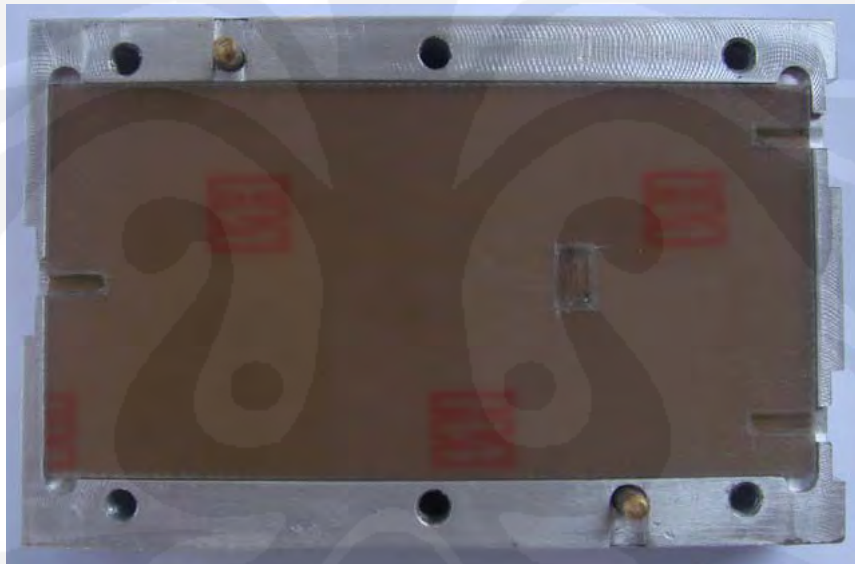
Pada perealisasiian *power splitter* ini digunakan konektor SMA *to casing* yang berjumlah 3 buah. Alasan pemilihan konektor ini selain cocok untuk frekuensi tinggi (bisa digunakan sampai dengan 18 GHz) juga memiliki *inner* yang *flat*. Bentuk fisik dari *inner* tersebut cocok untuk perealisasiian *power splitter* dengan menggunakan *stripline*. Dengan bentuk fisik konektor SMA, diharapkan dapat dicapai kondisi *matching* yang baik.

3.10 Perancangan dan Realisasi Pengemas Stripline

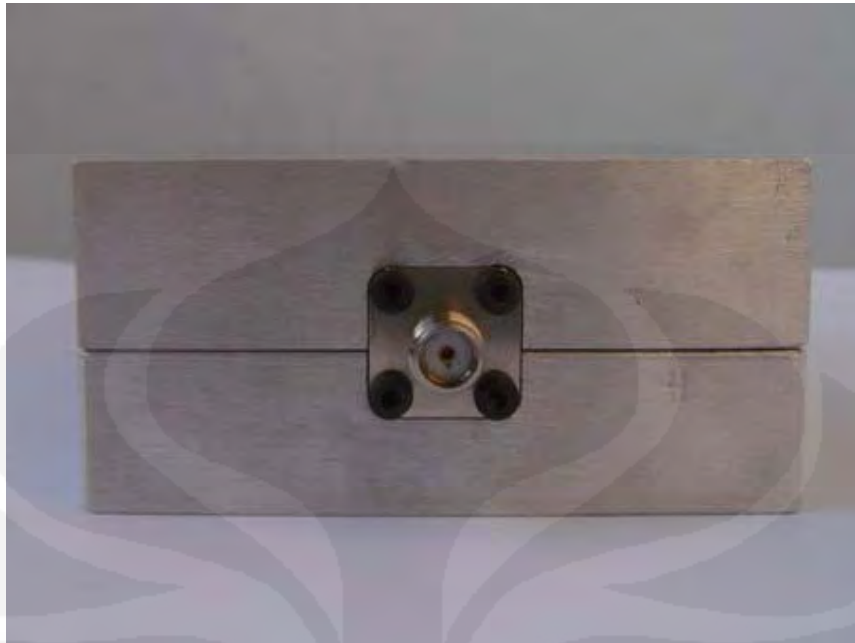
Pada perancangan pengemas, harus dibuat gambar 3D terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk memberikan gambaran awal pengemas serta menghindari kesalahan pada saat pembuatan pengemas. Hal lain yang harus diperhatikan dalam perancangan pengemas adalah ukuran dari PCB yang digunakan serta kepresisian dalam hal pabrikan. Terdapat dua buah PCB yang harus dikemas, yaitu PCB yang berisi *layout* jalur dan PCB yang digunakan sebagai *ground plane*, maka terdapat 2 pengemas yang harus dibuat yaitu pengemas atas dan bawah. Pengemas yang satu merupakan *mirror* bagi pengemas yang lain. Berikut adalah gambar pengemas *stripline* bagian bawah dan atas.



Gambar 3.8 Pengemas *Stripline* Bagian Bawah



Gambar 3.9 Pengemas *Stripline* Bagian Atas



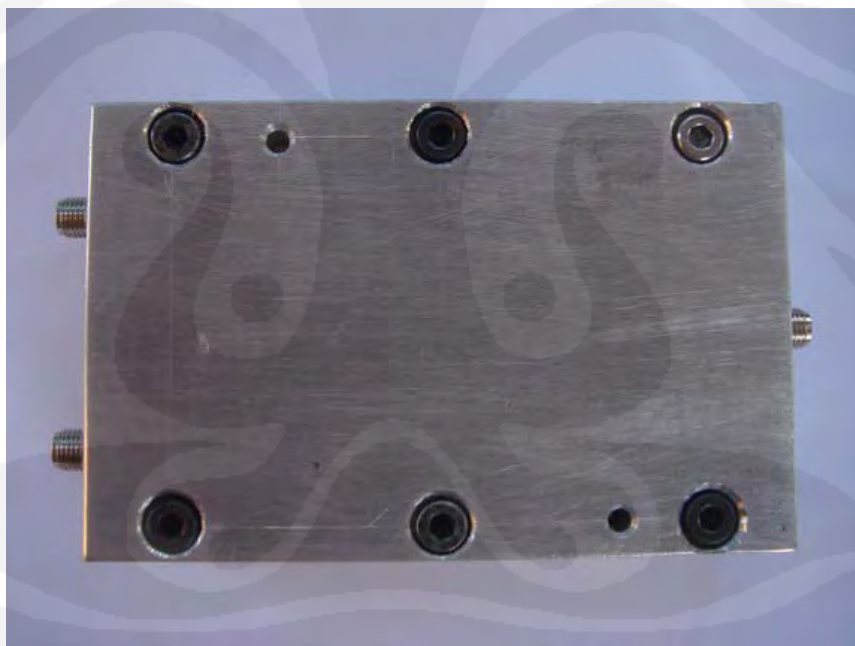
Gambar 3.10 Pengemas *Stripline* Setelah Digabung (Tampak Depan)



Gambar 3.11 Pengemas *Stripline* Setelah Digabung (Tampak Belakang)



Gambar 3.12 Pengemas *Stripline* Setelah Digabung (Tampak Atas)



Gambar 3.13 Pengemas *Stripline* Setelah Digabung (Tampak Bawah)

BAB IV

PENGUKURAN KINERJA DAN ANALISIS DATA

Berdasarkan perancangan dan realisasi rangkaian, Penulis mencoba melakukan pengukuran. Tujuan pengukuran *power splitter* adalah untuk mendapatkan data-data pengukuran sehingga dapat diketahui sejauh mana hasil pengukuran mendekati spesifikasi yang diinginkan. Dari perbandingan tersebut akan diketahui karakteristik alat yang telah dibuat untuk selanjutnya dianalisis.

Adapun parameter-parameter yang akan diukur, yaitu :

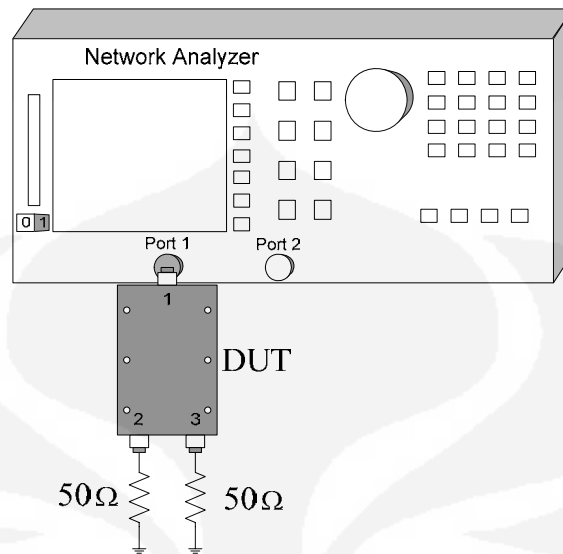
- *Insertion loss*
- Isolasi antar *port* keluaran
- *Return loss*

Adapun peralatan-peralatan yang dipergunakan pada saat pengukuran adalah sebagai berikut :

- *Network Analyzer* HP 8753E
- Adapter SMA to N
- Kabel RG 58
- Terminasi 50 Ω

4.1 Metode Pengukuran *Return Loss*

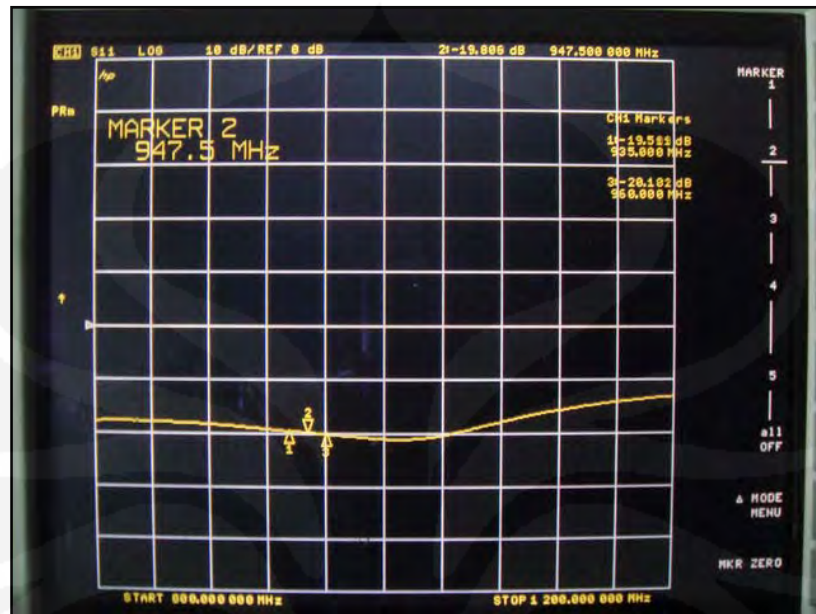
Return loss merupakan koefisien refleksi dalam bentuk logaritmik yang menunjukkan daya yang hilang karena beban dan saluran transmisi tidak *matching* [6]. Sehingga tidak semua daya diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan balik. Besarnya *return loss* sangat tergantung faktor refleksi yaitu perbandingan antara tegangan yang dipantulkan dengan tegangan yang datang dari sumber. Semakin kecil nilai daya atau sinyal yang dipantulkan, semakin bagus kinerja dari alat tersebut. Dari pengukuran *return loss* dapat dihitung nilai VSWR.



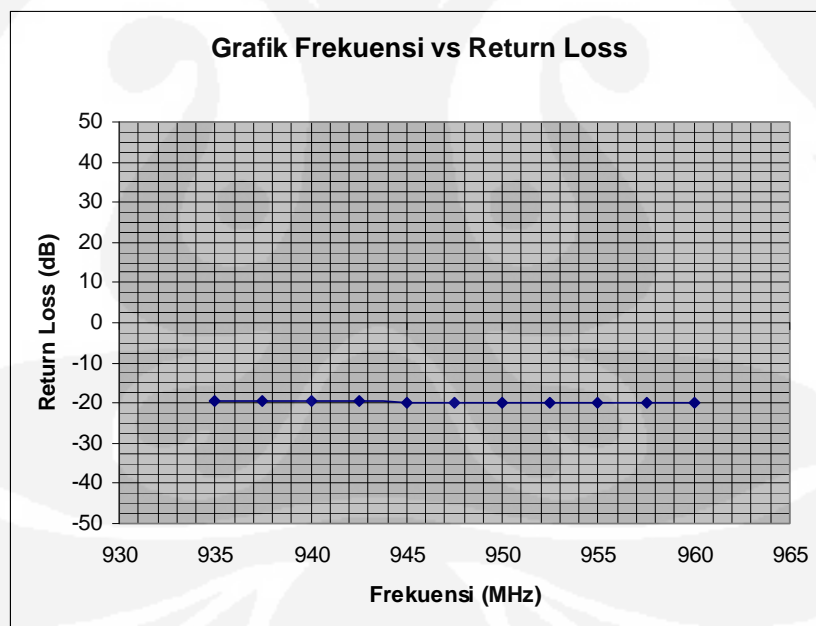
Gambar 4.1 Blok Diagram Pengukuran *Return Loss*

Dalam mengukur *return loss* langkah pertama yaitu melakukan kalibrasi *Network Analyzer*, set skala pada *Network Analyzer* pada frekuensi tengah 947,5 MHz dan *range* frekuensi dari 800 MHz sampai dengan 1200 MHz. Langkah kedua, menghubungkan *port 1* pada *Network Analyzer* dengan *port 1* DUT (*port input*), *marker* frekuensi di 947,5 MHz sebagai frekuensi tengah. Langkah ketiga, yaitu menterminasi *port-port* DUT yang tidak dipergunakan dengan beban 50Ω. Langkah keempat, mencatat nilai *return loss* mulai dari frekuensi 935 MHz sampai dengan 960 MHz dengan interval tiap 2,5 MHz. Data yang diperoleh merupakan besar *return loss* pada *port 1*. Mengulangi langkah kedua sampai dengan langkah keempat untuk mengukur besar *return loss* di *port 2* dan 3 (*port output*).

4.2 Data dan Analisis Hasil Pengukuran *Return Loss*



(a)



(b)

Gambar 4.2 (a). Foto Pengukuran *Return Loss* Port 1 (Port Input)

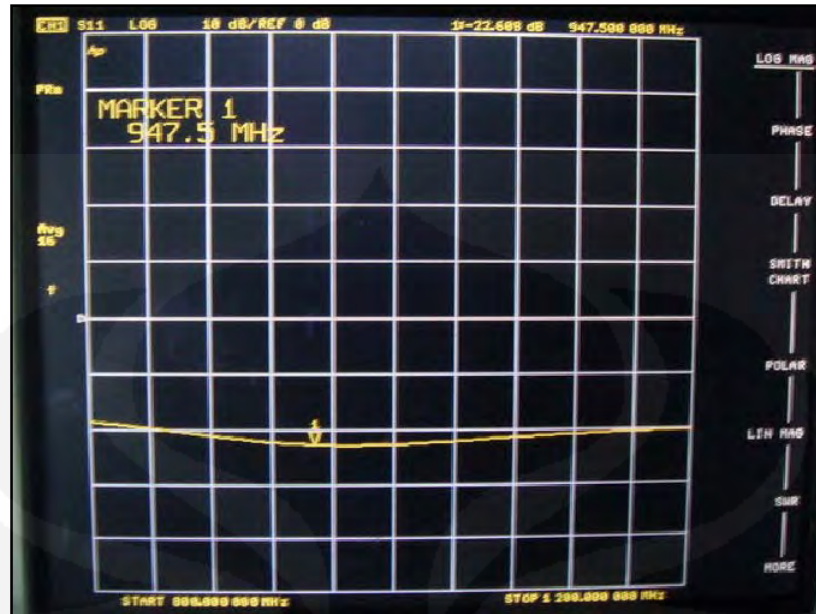
(b). Grafik Pengukuran *Return Loss* Port 1 (Port Input)

Dari hasil pengukuran *port 1* (*port input*) didapatkan nilai *Return loss* terburuk pada frekuensi kerja (935-960 MHz) sebesar -19,511 dB. Dari data *Return loss* kita dapat mengetahui nilai *VSWR* dengan persamaan:

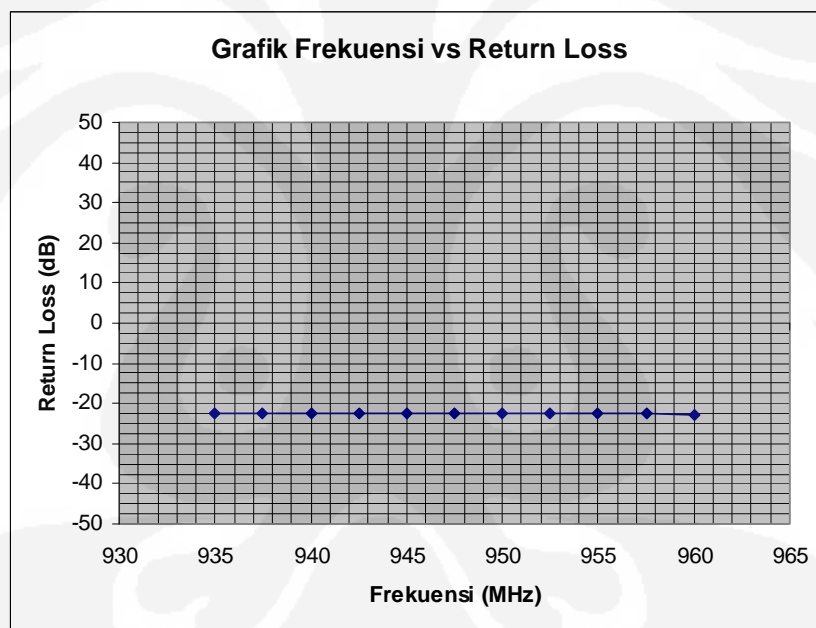
$$\begin{aligned}
 \text{Return Loss} &= 20 \log |\Gamma| & (4.1) \\
 -19,511 &= 20 \log |\Gamma| \\
 \frac{-19,511}{20} &= \log |\Gamma| \\
 -0,9755 &= \log |\Gamma| \\
 |\Gamma| &= 10^{-0,9755} \\
 |\Gamma| &= 0,1058
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VSWR} &= \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} & (4.2) \\
 &= \frac{1 + |0,1058|}{1 - |0,1058|} \\
 \text{VSWR} &= \frac{1,1058}{0,8942} = 1,2366
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan diatas, diperoleh nilai *VSWR input* sebesar 1,2366. Dari ketiga *port* yang ada, *port 1* menghasilkan *VSWR* yang paling besar. Salah satu penyebabnya yaitu karena saluran transformator $\lambda/4$ pada *port 1* memiliki impedansi karakteristik 42,0448 Ω sedangkan impedansi *Network Analyzer* 50 Ω sehingga tidak *match*.



(a)



(b)

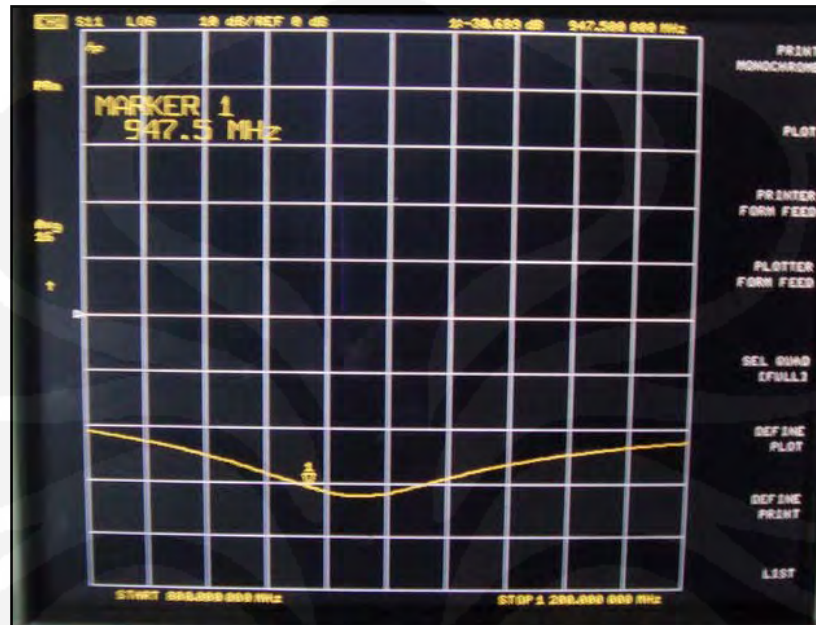
Gambar 4.3 (a). Foto Pengukuran *Return Loss* Port 2 (Port Output)

(b). Grafik Pengukuran *Return Loss* Port 2 (Port Output)

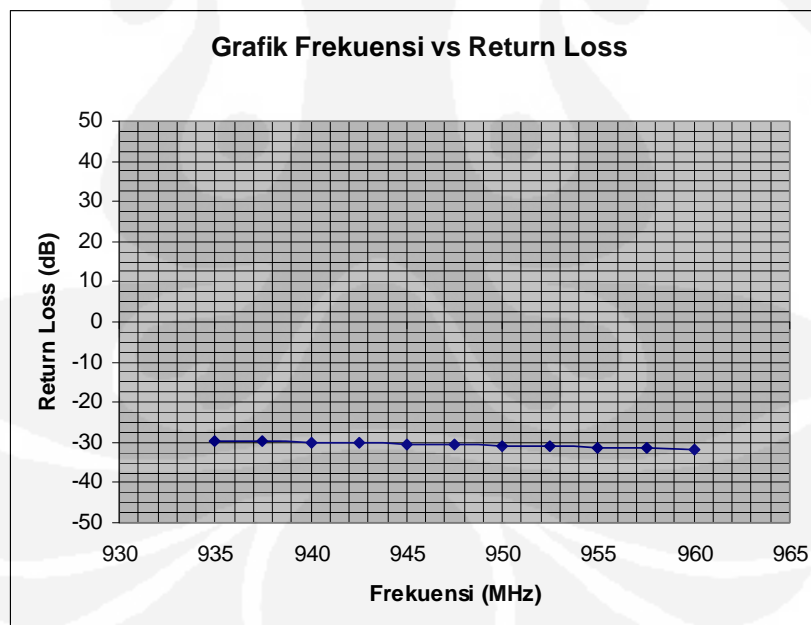
Dari hasil pengukuran *port 2* (*port output*) didapatkan nilai *Return loss* terburuk pada frekuensi kerja (935-960 MHz) sebesar -22,414 dB. Dengan menggunakan persamaan 4.1 dan 4.2, diperoleh nilai *VSWR* *port 2* sebesar 1,1638. Idealnya, nilai *VSWR* pada *port 2* sama dengan *port 3*. Namun karena

Universitas Indonesia

terdapat kesalahan saat pabrikasi yang menyebabkan *layout* jalur *port 2* ukurannya tidak sama dengan jalur *port 3* sehingga saat pengukuran menghasilkan nilai *return loss* yang cukup jauh dibandingkan dengan *port 3*.



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a). Foto Pengukuran *Return Loss* *Port 3* (*Port Output*)
 (b). Grafik Pengukuran *Return Loss* *Port 3* (*Port Output*)

Dari hasil pengukuran *port 3 (port output)* didapatkan nilai *Return loss* terburuk pada frekuensi kerja (935-960 MHz) sebesar -29,603 dB. Dengan menggunakan persamaan 4.1 dan 4.2, diperoleh nilai *VSWR port 2* sebesar 1,0684.

Untuk lebih jelas, hasil pengukuran *Return Loss* dibuat dalam bentuk Tabel seperti dapat dilihat pada Tabel 4.1. dibawah ini:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran *Return Loss*

| Frekuensi (MHz) | Return Loss Port 1 (port input) (dB) | Return Loss Port 2 (port output) (dB) | Return Loss Port 3 (port output) (dB) |
|--------------------|--|---|---|
| 935 | -19.511 | -22.414 | -29.603 |
| 937.5 | -19.579 | -22.468 | -29.819 |
| 940 | -19.644 | -22.514 | -30.031 |
| 942.5 | -19.7 | -22.548 | -30.251 |
| 945 | -19.76 | -22.584 | -30.417 |
| 947.5 | -19.806 | -22.608 | -30.689 |
| 950 | -19.871 | -22.623 | -30.894 |
| 952.5 | -19.948 | -22.635 | -31.02 |
| 955 | -19.999 | -22.65 | -31.201 |
| 957.5 | -20.053 | -22.664 | -31.413 |
| 960 | -20.102 | -22.675 | -31.618 |

Dari Tabel 4.1 dapat kita lihat bahwa nilai *return loss* terburuk pada frekuensi kerja (935-960 MHz) terjadi pada *port 1* sebesar -19.511 dB. Dengan menggunakan persamaan 4.1 dan 4.2 diperoleh nilai *VSWR* sebesar 1,2366. Semakin kecil nilai *return loss* dari suatu *power splitter* maka alat tersebut akan semakin baik, karena semakin kecil daya yang dipantulkan pada masing-masing *port*. *Return loss* ideal bernilai minus tak berhingga, artinya tidak ada daya yang dipantulkan (beban dan saluran transmisi *match*).

Tabel 4.2 Perbandingan *Return Loss* Terburuk pada Frekuensi Kerja 935-960 MHz

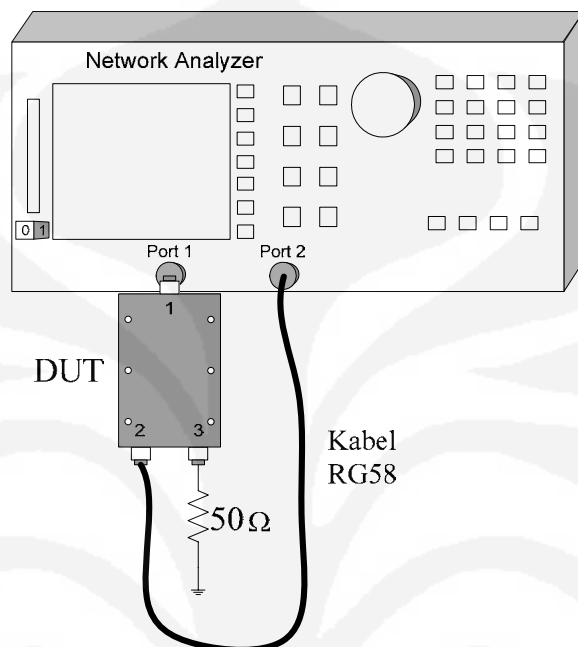
| Port | Frekuensi (Mhz) | VSWR | | | Return Loss (dB) | | |
|------|-----------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|------------------|
| | | Spesifikasi Awal | Hasil Simulasi | Hasil Pengukuran | Spesifikasi Awal | Hasil Simulasi | Hasil Pengukuran |
| 1 | 935-960 | $\leq 1,5$ | 1,0463 | 1,2366 | ≤ -14 | -32,913 | -19,511 |
| 2 | 935-960 | $\leq 1,5$ | 1,0480 | 1,1638 | ≤ -14 | -32,588 | -22,414 |
| 3 | 935-960 | $\leq 1,5$ | 1,0480 | 1,0684 | ≤ -14 | -32,588 | -29,603 |

Unjuk kerja alat dilihat dari *performance* terburuk pada masing masing *port*. Dari hasil pengukuran pada frekuensi kerja (935-960 MHz) diperoleh nilai *return loss input* sebesar -19,511 serta *return loss output port 2* sebesar -22,414 dan *return loss output port 3* sebesar -29,603. Berdasarkan data hasil pengukuran *return loss*, diperoleh nilai VSWR *input* sebesar 1,2366 serta VSWR *output port 2* sebesar 1,1638 dan VSWR *output port 3* sebesar 1,0684. Idealnya, nilai VSWR yang diharapkan adalah 1 yang berarti *matching* dari pembagi daya tersebut sangat baik. Tapi karena cukup sulit membuat alat yang *match* dan menghasilkan VSWR sama dengan satu, maka hanya bisa diupayakan membuat alat yang mendekati kondisi *match*.

Faktor yang bisa mempengaruhi nilai VSWR, adalah adanya pergeseran nilai perhitungan pada saat perancangan dan pembuatan *layout* jalur serta pabrikan yang kurang baik yang menyebabkan kepresisian alat berkurang. Kesalahan-kesalahan tersebut dapat menyebabkan pergeseran nilai impedansi karakteristik dari sebuah saluran tidak tepat 50 Ω . Tetapi walaupun demikian nilai *Return Loss* dan VSWR hasil pengukuran masih memenuhi spesifikasi rancangan awal, yaitu ≤ -14 untuk *Return Loss* dan $\leq 1,5$ untuk VSWR.

4.3 Metode Pengukuran *Insertion Loss*

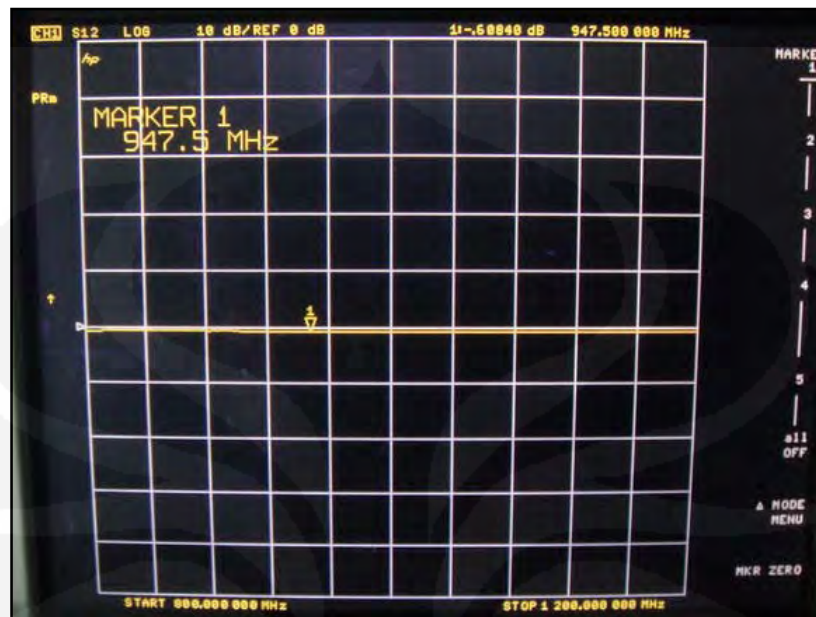
Pengukuran *Insertion Loss* bertujuan untuk mengetahui berapa daya yang hilang pada *port* keluaran dari daya *input* yang diberikan dalam pentransmisian.



Gambar 4.5 Blok Diagram Pengukuran *Insertion Loss*

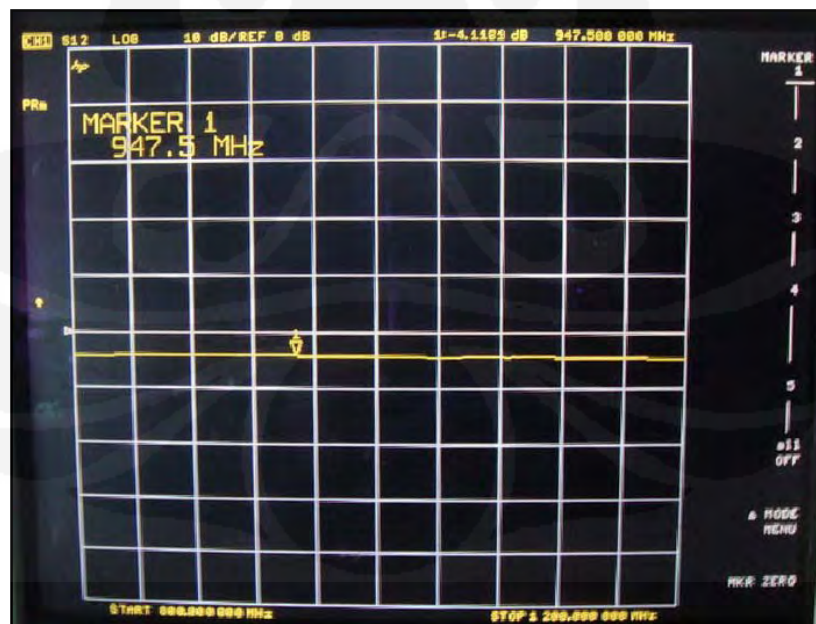
Dalam mengukur *insertion loss* langkah pertama yaitu melakukan kalibrasi *Network Analyzer*, set skala pada *Network Analyzer* pada frekuensi tengah 947,5 MHz dan *range* frekuensi dari 800 MHz sampai dengan 1200 MHz. Langkah kedua, menghubungkan kabel RG58 dari *port* 1 *Network Analyzer* ke *port* 2 *Network Analyzer*. Langkah ketiga, mencatat nilai *loss* kabel dan konektor tersebut. Langkah keempat, melepas kabel di *port* 1 *Network Analyzer* dan menghubungkannya dengan *port* 2 DUT (*port output*). Langkah kelima, menghubungkan *port* 1 *Network Analyzer* dengan *port* 1 (*port input*) DUT dan menterminasi *port* DUT yang tidak dipergunakan dengan beban 50Ω. Langkah keenam, mencatat nilai *insertion loss* mulai dari frekuensi 935 MHz sampai dengan 960 MHz dengan interval tiap 2,5 MHz. Mengulangi langkah keempat sampai dengan langkah keenam untuk mengukur besar *insertion loss* antara *port* 1 dan *port* 3 (*port output*) DUT.

4.4 Data dan Analisis Hasil Pengukuran *Insertion Loss*

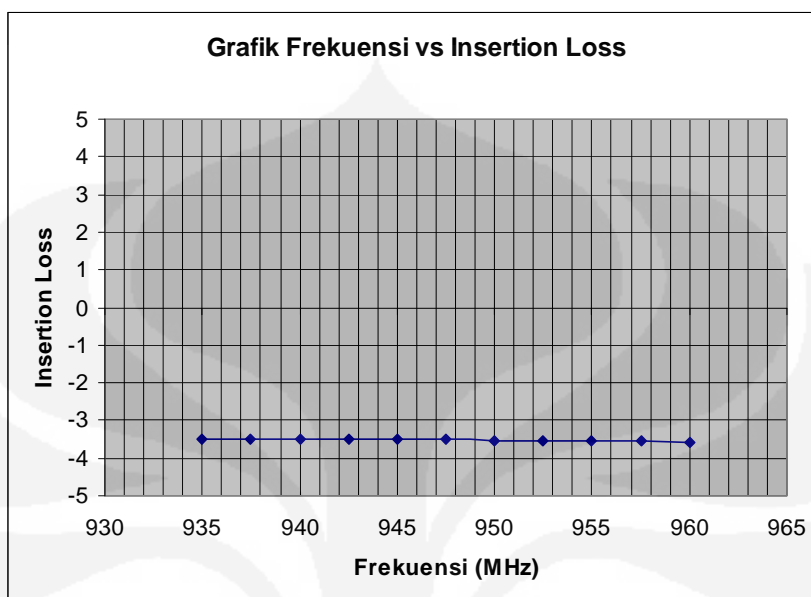


Gambar 4.6 Foto Hasil Pengukuran *Loss Kabel*

Dari hasil pengukuran diperoleh nilai *loss* kabel sebesar $-0,608$ dB. Sehingga saat perhitungan *insertion loss*, nilai *insertion loss* pengukuran akan dikurangkan dengan *loss* kabel.



(a)

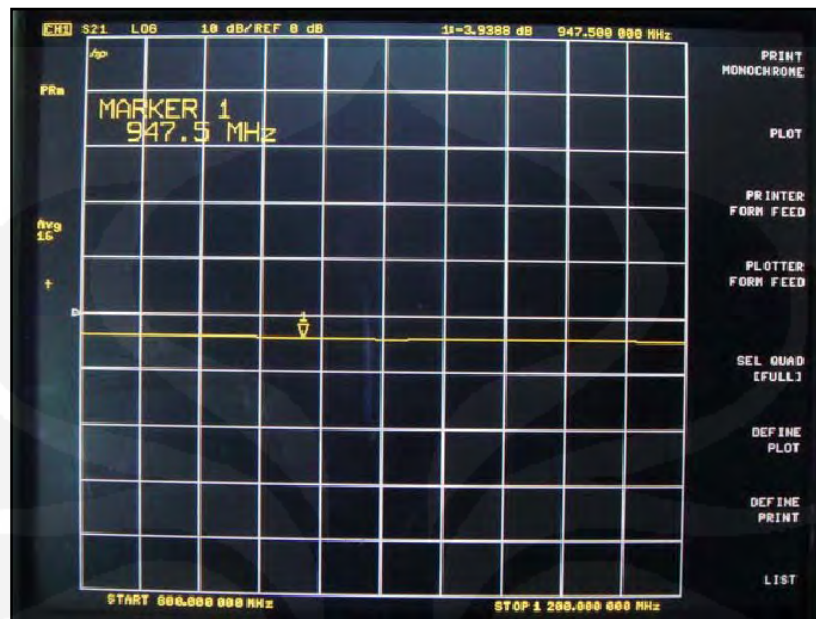


(b)

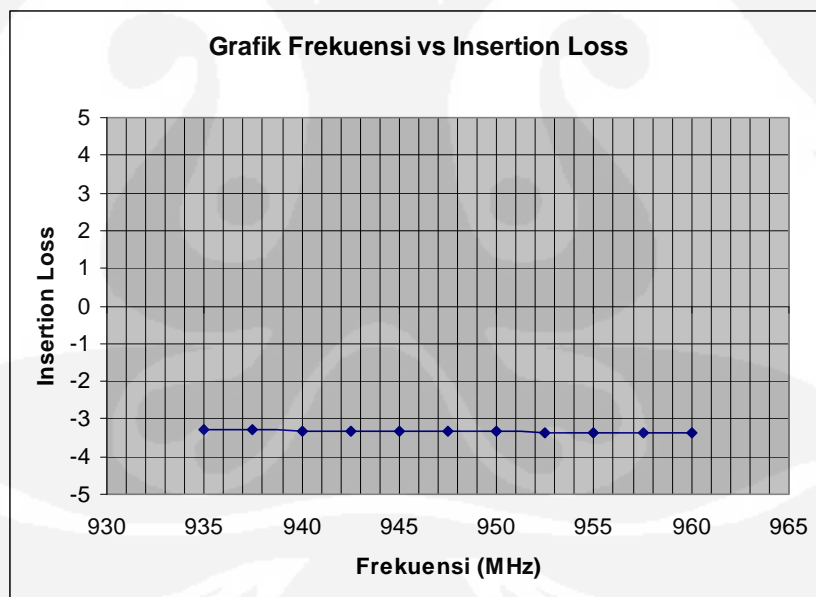
Gambar 4.7 (a). Foto Pengukuran *Insertion Loss* Antara *Port 1* dan *Port 2*

(b). Grafik Pengukuran *Insertion Loss* Antara *Port 1* dan *Port 2*

Dari Gambar 4.7 dapat terlihat bahwa pada frekuensi kerja (935-960 MHz), nilai *insertion loss* total terburuk hasil pengukuran antara *port 1-2* yaitu -3,579 dB. Sehingga nilai *insertion loss* yang diperoleh sebesar 0,579 dB, artinya jika *power splitter* diberikan daya *input* sebesar 0 dBm (1 mW) maka daya *output* pada port 2 akan bernilai -3,579 dBm (0,438 mW). Dalam kondisi ideal, jika diberikan *input* 0 dBm (1 mW) maka daya *output* pada port 2 akan bernilai -3 dBm (500 mW). Idealnya, nilai *insertion loss* antara *port 1-2* sama dengan *port 1-3*. Namun karena terdapat kesalahan saat pabrikasi yang menyebabkan *layout* jalur *port 2* mengalami cacat sehingga saat pengukuran menghasilkan nilai *insertion loss* yang cukup jauh dibandingkan dengan nilai *insertion loss* *port 1-3*.



(a)



(b)

Gambar 4.8 (a). Foto Pengukuran *Insertion Loss* Antara Port 1 dan Port 3

(b). Grafik Pengukuran *Insertion Loss* Antara Port 1 dan Port 3

Dari Gambar 4.8 dapat terlihat bahwa pada frekuensi kerja (935-960 MHz), nilai *insertion loss* total terburuk hasil pengukuran antara *port* 1-3 yaitu -3,377 dB. Artinya, jika diberikan daya *input* sebesar 0 dBm maka daya *output* pada *port* 3 akan bernilai -3,377 dBm (0,459 mW). Sehingga terjadi kehilangan daya sebesar 0,377 dB (0,916 kali) dari daya *output* yang seharusnya (500 mW).

Untuk lebih jelas, hasil pengukuran *insertion loss* dibuat dalam bentuk Tabel seperti dapat dilihat pada Tabel 4.3. dibawah ini:

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran *Insertion Loss*

| Frekuensi (MHz) | Port 1 dan 2 | Port 1 dan 3 |
|-----------------|---------------------|---------------------|
| | Insertion Loss (dB) | Insertion Loss (dB) |
| 935 | -3.489 | -3.292 |
| 937.5 | -3.493 | -3.299 |
| 940 | -3.497 | -3.307 |
| 942.5 | -3.5 | -3.312 |
| 945 | -3.503 | -3.321 |
| 947.5 | -3.505 | -3.330 |
| 950 | -3.523 | -3.342 |
| 952.5 | -3.534 | -3.352 |
| 955 | -3.547 | -3.361 |
| 957.5 | -3.558 | -3.368 |
| 960 | -3.579 | -3.377 |

Dari Tabel 4.3 dapat kita lihat bahwa nilai *insertion loss* total terburuk pada frekuensi kerja (935-960 MHz) terjadi antara *port* 1-2 sebesar -3,579 dB. Artinya nilai *insertion loss* pada *port* 1-2 sebesar 0,579 dB. Nilai *insertion loss* antara *port* 1-2 tidak memenuhi spesifikasi awal (*insertion loss* \leq 0,5 dB). Semakin kecil nilai *insertion loss* suatu *power splitter* (mendekati 0), maka akan semakin baik. Artinya tidak ada daya yang hilang karena rugi-rugi bahan (dielektrik dan konduktor) saat pentransmisian sinyal.

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan *Insertion Loss* Terburuk pada Frekuensi Kerja (935-960 MHz)

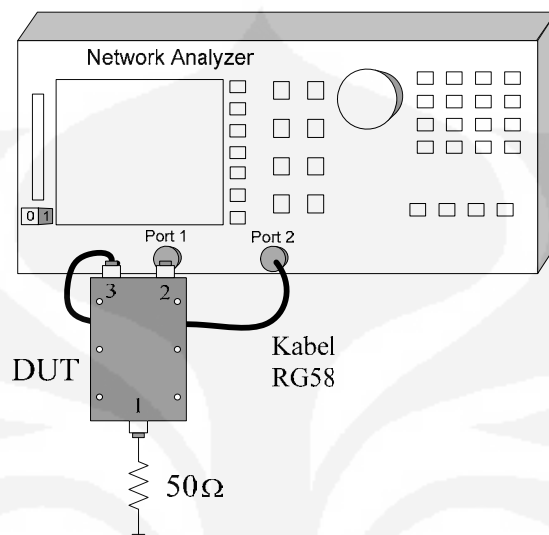
| Port | Frekuensi (Mhz) | Insertion Loss (dB) | | |
|---------|-----------------|---------------------|----------------|------------------|
| | | Spesifikasi Awal | Hasil Simulasi | Hasil Pengukuran |
| 1 dan 2 | 935-960 | $\leq 0,5$ | 0,461 | 0,579 |
| 1 dan 3 | 935-960 | $\leq 0,5$ | 0,461 | 0,377 |

Insertion loss dihitung berdasarkan pengukuran koefisien transmisi yang mana untuk *power splitter* 1:2 ideal adalah -3 dB (dinamakan *split loss*). Artinya daya *output* pada masing-masing *port output* akan bernilai setengah dari daya *input*. Dari Tabel 4.3 dapat terlihat bahwa pada frekuensi kerja (935-960 MHz), nilai *insertion loss* total terburuk hasil pengukuran terjadi pada *port* 1-2 yaitu -3,579 dB. *Insertion loss* yang dispesifikasikan di awal adalah $\leq 0,5$ dB. Artinya nilai *insertion loss* yang diinginkan nilainya $\geq -3,5$ dB. Nilai *insertion loss* hasil pengukuran pada *port* 1-2 tidak memenuhi spesifikasi awal dan simulasi. Tetapi walaupun demikian nilai *insertion loss* pada *port* 1-3 masih memenuhi spesifikasi rancangan awal, yaitu $\leq 0,5$ dB.

Faktor yang bisa mempengaruhi nilai *insertion loss*, adalah *loss* konduktor dan dielektrik. Karena jenis PCB yang digunakan FR4, maka rugi-rugi dielektrik dan rugi-rugi tangen yang dihasilkan sangat besar. Sedangkan penyebab perbedaan nilai *insertion loss* antara *port* 1-2 dan *port* 1-3 karena adanya pergeseran panjang dan lebar pada saat pembuatan *layout* jalur serta pabriikasi yang kurang baik yang menyebabkan kepresisian alat berkurang. Hal ini mengakibatkan rugi-rugi dielektrik dan konduktor yang dihasilkan tidak sama.

4.5 Metode Pengukuran Isolasi Antar *Port Output*

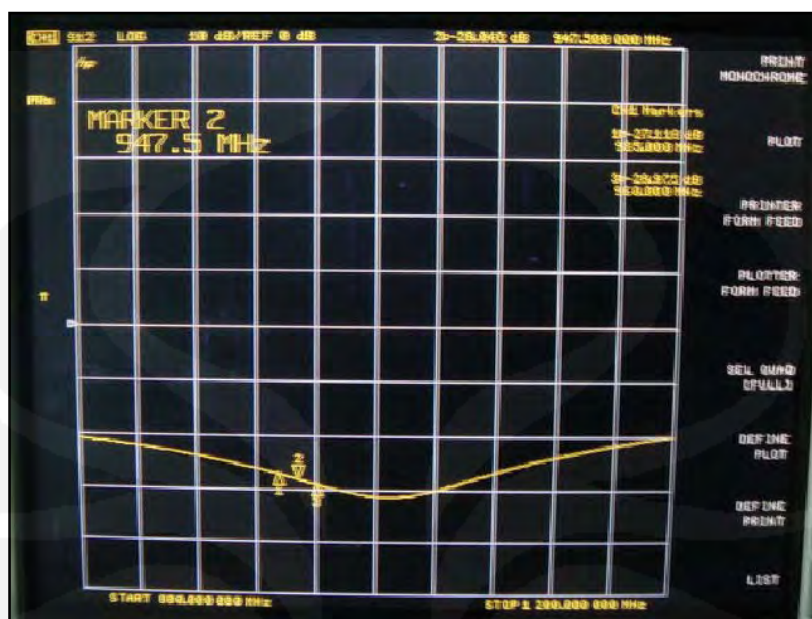
Isolasi pada pembagi daya didefinisikan sebagai redaman yang diperoleh antara sinyal yang masuk pada tiap *port output*, yang mana level redamannya diukur pada tiap *port output* lainnya dengan kondisi *port input* diterminasi beban 50 Ω . Dengan kata lain, pengukuran isolasi adalah membandingkan antara dua saluran pada *port output* jika salah satu *port*-nya diberi sinyal masukan.



Gambar 4.9 Blok Diagram Pengukuran Isolasi Antar *Port Output*

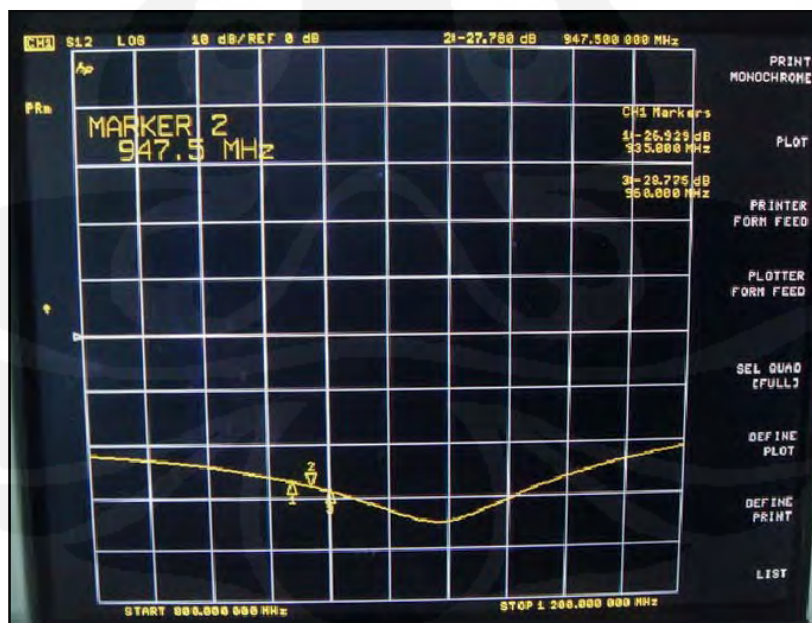
Dalam mengukur isolasi antar *port output* langkah pertama yaitu melakukan kalibrasi *Network Analyzer*, set skala pada *Network Analyzer* pada frekuensi tengah 947,5 MHz dan *range* frekuensi dari 800 MHz sampai dengan 1200 MHz. Langkah kedua, menghubungkan *port 1 Network analyzer* ke *port 2 DUT*. Langkah ketiga, menghubungkan kabel RG58 dari *port 3 DUT* ke *port 2 Network Analyzer* dan menterminasi *port DUT* yang tidak dipergunakan dengan beban 50Ω. Langkah keempat, mencatat nilai isolasi pada frekuensi 935 MHz sampai dengan 960 MHz dengan interval tiap 2,5 MHz. Mengulangi langkah kedua sampai dengan langkah keempat untuk besar isolasi antara *port 3 dan port 2 DUT*.

4.6 Data dan Analisis Pengukuran Isolasi Antar *Port Output*



Gambar 4.10 Foto Pengukuran Pengukuran Isolasi Antara *Port 2* dan *3*

Dari Gambar 4.10 terlihat bahwa pada frekuensi kerja (935-960 MHz), isolasi terburuk antara *port 2* dengan *port 3* adalah 27,118 dB.



Gambar 4.11 Foto Pengukuran Pengukuran Isolasi Antara *Port 3* dan *2*

Dari Gambar 4.11 terlihat bahwa pada frekuensi kerja (935-960 MHz), isolasi terburuk antara *port* 3 dengan *port* 2 adalah 26,929 dB. Untuk lebih jelas, hasil pengukuran isolasi antar *port-port output* dibuat dalam bentuk Tabel seperti dapat dilihat pada Tabel 4.5. dibawah ini:

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Isolasi Antar *Port Output*

| Frekuensi (MHz) | Isolasi Port 2-3 (dB) | Isolasi Port 3-2 (dB) |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| 935 | 27.118 | 26.929 |
| 937.5 | 27.301 | 27.043 |
| 940 | 27.462 | 27.235 |
| 942.5 | 27.643 | 27.468 |
| 945 | 27.807 | 27.604 |
| 947.5 | 28.04 | 27.78 |
| 950 | 28.239 | 27.95 |
| 952.5 | 28.401 | 28.212 |
| 955 | 28.587 | 28.387 |
| 957.5 | 28.724 | 28.545 |
| 960 | 28.928 | 28.775 |

Dari Tabel 4.5 dapat kita lihat bahwa nilai isolasi antar *port output* terburuk pada frekuensi kerja (935-960 MHz) terjadi antara *port* 3-2 sebesar 26,929 dB. Nilai isolasi antar *port output* memenuhi spesifikasi awal (isolasi > 20 dB). Semakin besar nilai isolasi antar *port output* dari suatu *power splitter* maka akan semakin baik. Karena semakin kecil daya pantul dari *port input* yang masuk ke *port output* lainnya.

Tabel 4.6 Perbandingan Isolasi Antar *Port Output* pada Frekuensi Kerja (935-960 MHz)

| Port | Frekuensi (Mhz) | Isolasi Antar Port Output (dB) | | |
|---------|-----------------|--------------------------------|----------------|------------------|
| | | Spesifikasi awal | Hasil Simulasi | Hasil Pengukuran |
| 2 dan 3 | 935-960 | > 20 | 43,492 | 27,118 |
| 3 dan 2 | 935-960 | > 20 | 43,492 | 26,929 |

Dari Tabel 4.6 dapat terlihat bahwa pada frekuensi kerja (935-960 MHz), nilai isolasi terburuk antar *port output* hasil pengukuran antara *port* 2-3 yaitu 27,118 dB sedangkan antara *port* 3-2 sebesar 26,929 dB . Nilai isolasi antar *port*

output yang dispesifikasikan di awal adalah > 20 dB, sehingga nilai isolasi antar *port output* hasil pengukuran memenuhi spesifikasi awal.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi besar kecilnya isolasi antar *port-port output*, antara lain pergeseran dimensi jalur *power splitter* dari ukuran sebenarnya yang tidak dapat kita hindari pada saat proses pembuatan film serta pada proses *photoetching*. Pergeseran ukuran yang terjadi dapat menyebabkan impedansi karakteristik tidak tepat sama dengan 50Ω . Hal inilah yang menyebabkan terjadinya *mismatch*.

Terdapat dua jenis *mismatch* yang dapat terjadi, yaitu internal *mismatch* (*mismatch* yang terjadi didalam rangkaian *power splitter*) dan eksternal *mismatch* (*mismatch* yang terjadi diluar rangkaian *power splitter* atau pada *port input* maupun *output*-nya). Salah satu penyebab internal *mismatch* yaitu, impedansi karakteristik saluran yang tidak tepat oleh karena terjadinya pergeseran frekuensi pada waktu proses pembuatannya. Hal ini dapat menyebabkan daya yang disalurkan tidak sepenuhnya karena tidak terjadi transfer daya maksimum. Sedangkan eksternal *mismatch* yang terjadi pada *port-port* komponen dapat disebabkan oleh terminasi impedansi yang tidak sesuai dengan nilai yang diharapkan. Idealnya impedansi terminasi bernilai 50Ω , sesuai dengan impedansi karakteristik saluran sehingga tidak terjadi pantulan daya. Namun pada prakteknya keadaan ideal tersebut sulit dicapai.

4.7 Benchmarking Dengan Produk Power Splitter yang Ada di Pasaran

Yang dimaksud *benchmark* disini yaitu membandingkan *power splitter* yang telah dibuat Penulis dengan *power splitter* yang ada di pasaran. *Power splitter* yang digunakan sebagai bahan pembanding yaitu *power splitter* merk Korinwell tipe BXSM-2-NFT. Data yang dibandingkan diperoleh dari hasil pengukuran *power splitter* yang dibuat oleh Penulis dengan *data sheet power splitter* pembanding. Adapun parameter-parameter yang dibandingkan yaitu VSWR, *Insertion Loss* dan Isolasi antar *port output* dengan asumsi nilai yang tercantum pada *data sheet* merupakan nilai parameter pada frekuensi kerja (935-960 MHz).

4.8 Analisis Data Pengukuran dan Data Parameter BXSM-2-NFT

Tabel 4.7 Perbandingan *Power Splitter* yang Dibuat Penulis (PS-1) dengan *Power Splitter* Merk Korinwell Tipe BXSM-2-NFT

| Spesifikasi | PS-1 | BXSM-2-NFT | Keterangan |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| Frekuensi Pengukuran | 935-960 MHz | Asumsi 935-960 MHz | - |
| Dimensi | 95mm x 61mm x 30mm | 124mm x 88mm x 22mm | - |
| VSWR : <i>input</i> | 1,2366 | $\leq 1,35$ | - |
| <i>output 1</i> | 1,1638 | $\leq 1,35$ | |
| <i>output 2</i> | 1,0684 | $\leq 1,35$ | |
| <i>Insertion loss port 1-2</i> | 0,579 dB | $\leq 0,3$ dB | - |
| <i>Insertion loss port 1-3</i> | 0,377 dB | $\leq 0,3$ dB | |
| Isolasi antarport 2-3 | 27,118 dB | ≥ 20 dB | - |
| Isolasi antarport 3-2 | 26,929 dB | ≥ 20 dB | |
| Frekuensi Kerja | 935-960 MHz | 300-960 MHz | Dilihat dari VSWR |
| <i>Bandwidth</i> | 25 MHz | 660 MHz | Dilihat dari VSWR |

Dari Tabel 4.7 dapat kita lihat bahwa nilai VSWR untuk PS-1 lebih baik daripada BXSM-2-NFT. Dimana nilai VSWR terburuk untuk PS-1 pada frekuensi tengah 947,5 MHz sebesar 1,2278 sedangkan untuk BXSM-2-NFT sebesar $\leq 1,35$. Pada pengukuran isolasi antar *port output* diperoleh nilai terburuk pada *port 3-2* sebesar 26,929 dB sedangkan untuk BXSM-2-NFT sebesar > 20 dB. Pada pengukuran *insertion loss* diperoleh nilai terburuk pada *port 1-2* sebesar 0,579 dB sedangkan untuk BXSM-2-NFT sebesar $\leq 0,3$ dB. Dari berbagai perbandingan diatas dapat kita lihat bahwa nilai *insertion loss* PS-1 lebih buruk daripada nilai *insertion loss* BXSM-2-NFT. Hal ini diakibatkan bahan PCB yang digunakan (FR4) menghasilkan rugi-rugi dielektrik yang besar serta *loss* tangen yang besar pula.

4.9 Standar ANSI untuk *Power Splitter* 1:2

Standar ANSI (American National Standard) merupakan standar yang digunakan untuk produk *power splitter* di Amerika. Standar ini biasanya digunakan sebagai acuan bagi produsen *power splitter* untuk produk yang dihasilkannya. Tujuan perbandingan *power splitter* dengan standar ANSI ini adalah untuk mengetahui apakah *power splitter* yang dibuat penulis telah memenuhi standar Amerika. Adapun standar ANSI yang digunakan yaitu ANSI 153 2008. Tabel 4.8 menunjukkan perbandingan PS-1 dengan standar ANSI.

Tabel 4.8 Perbandingan *Power Splitter* Rancangan Penulis (PS-1) dan Standar ANSI 153 2008

| Spesifikasi | PS-1 | Standar ANSI | Keterangan |
|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Frekuensi Pengukuran | 935-960 MHz | 935-960 MHz | - |
| VSWR : <i>input</i> | 1,2366 | $\leq 1,288$ | - |
| <i>output</i> 1 | 1,1638 | $\leq 1,288$ | |
| <i>output</i> 2 | 1,0684 | $\leq 1,288$ | |
| <i>R. Loss</i> : <i>input</i> | -19,511 | ≤ -18 | - |
| <i>output</i> 1 | -22,414 | ≤ -18 | |
| <i>output</i> 2 | -29,603 | ≤ -18 | |
| <i>Insertion loss port</i> 1-2 | 0,579 dB | $\leq 1,4$ dB | - |
| <i>Insertion loss port</i> 1-3 | 0,377 dB | $\leq 1,4$ dB | |
| Isolasi antarport 2-3 | 27,118 dB | ≥ 23 dB | - |
| Isolasi antarport 3-2 | 26,929 dB | ≥ 23 dB | |
| Bandwidth | 520 MHz (575-1095 MHz) | 997 MHz (5-1002 MHz) | Dilihat dari VSWR maksimum |

Dari Tabel 4.8 diatas dapat kita lihat bahwa *bandwidth* yang dihasilkan tidak bagus karena tidak memenuhi standar ANSI sebesar 997 MHz, sedangkan *bandwidth* yang dihasilkan PS-1 sebesar 520 MHz. Salah satu penyebabnya yaitu karena saluran transformator $\lambda/4$ pada *port* 1 memiliki impedansi karakteristik 42,0448 Ω sedangkan impedansi *Network Analyzer* 50 Ω sehingga tidak *match*. Nilai VSWR, *Return Loss*, *Insertion Loss* dan Isolasi antar port PS-1 untuk frekuensi kerja 935-960 MHz sudah memenuhi standar ANSI. Artinya *power splitter* yang telah dibuat penulis cukup baik untuk frekuensi kerjanya.

BAB V KESIMPULAN

Dari hasil perancangan *power splitter* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran *insertion loss* pada *port* 1-2 dan *port* 1-3 pada frekuensi kerja 935-960 MHz berkisar antara 0,292-0,579 dB. Untuk *port* 1-3 cukup baik sedangkan untuk *port* 1-2 tidak bagus karena lebih besar 0,079 dB dari yang diinginkan yaitu $\leq 0,5$ dB.
2. Nilai VSWR *input* dan *output* pada frekuensi kerja 935-960 berkisar antara 1,0539-1,2366. Nilai VSWR yang dihasilkan cukup baik karena sudah sesuai dengan yang diinginkan yaitu $\leq 1,5$.
3. Nilai VSWR pada *port input* lebih besar daripada nilai VSWR pada *port-port output*.
4. Nilai isolasi antar *port output* pada frekuensi kerja 935-960 berkisar antara 26,929-28,928 dB. Nilai isolasi yang dihasilkan cukup baik karena sudah sesuai dengan yang diinginkan yaitu > 20 dB .

DAFTAR REFERENSI

- [1] Ericsson, *Installation of In-Buliding Solutions Hand Book*.
- [2] Fooks, E. H., Zakarevicius, R. A., *Microwave Engineering Using Microstrip Circuits*. Sydney : Prentice-Hall, 1990.
- [3] Marbun, Adi Jexson. *Rancang Bangun Chebyshev Power Combiner 2:1 Frekuensi 2400 MHz Menggunakan PCB* , Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia, 2008.
- [4] M. L. Edwards. *Microwave & RF Circuits* (2001). *Analysis, Design, Fabrication, & Measurement*, (chapter 9).
- [5] Pozar, David M. *Microwave Engineering, 3rd Edition*. John Wiley & Sons, 2005.
- [6] Rahardjo, Eko Tjipto., *Slide Kuliah Antena Teknik Elektro UI*, 2008.
- [7] Stripline, <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/stripline.cfm>, Tanggal akses 13 Mei 2009 jam 22.20.
- [8] Sulaiman, Enceng. *Diktat Saluran Planar*, 2006.
- [9] Wadel, Brian C. *Transmission Line Design Handbook*. Norwood : Artech House, 1991.
- [10] Wilkinson power splitters, <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/WilkinsonSplitters.cfm#compactwilk>, Tanggal akses 8 April 2009 jam 22.00.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

DATA SHEET FR4

SELCO Sumber Elektronik

Jalan Jakarta No. 36A, Bandung 40272 Indonesia
 Tel. +62 (22) 7210909, 7219556, 7212777, 7212988
 Fax. +62 (22) 7230799
 E-mail: selco@bdg.centria.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
- BS1 : 6741
- VDE : VDE-Reg-Nr. 4945

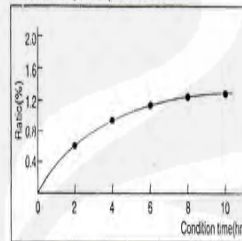
Applications

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

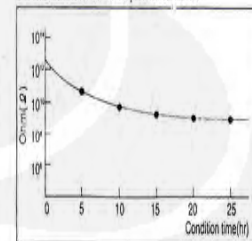
General Properties

| 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-95/20/65 C-95/20/65+D-2/100 | > 5 x 10 ¹¹ > 1 x 10 ¹² |
| Volume Resistivity | ohm-cm | C-95/20/65 C-95/20/65+C-96/40/90 | > 1 x 10 ¹³ > 5 x 10 ¹³ |
| Surface Resistance | ohm | C-95/20/65 C-95/20/65+C-96/40/90 | > 1 x 10 ¹⁴ > 1 x 10 ¹¹ |
| Arc Resistance | min.seconds | - | > 80 |
| Dielectric Constant (1 MHz) | - | C-95/20/65 C-95/20/65+D-48/50 | < 5.5 < 5.8 |
| Dissipation Factor (1MHz) | - | C-95/20/65 C-95/20/65+D-48/50 | < 0.035 < 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 |
| | μm/μm | - | 35/35 |
| Overall Thickness | mm | - | 1.6 |
| Standard size | mm x mm | - | 915 x 1.220 (± 3) |

Water absorption at pressure cooker

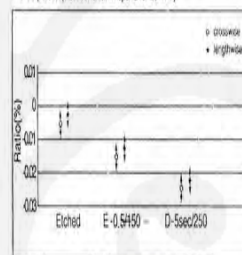


Insulation resistance at pressure cooker



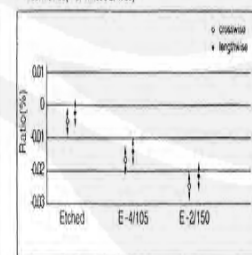
Dimensional stability

PCB process (size: 60x310mm spar: 310x254mm)

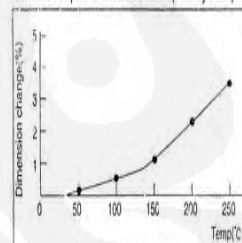


Dimensional stability

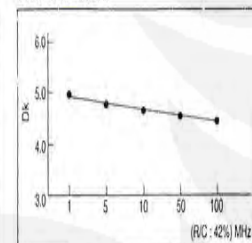
Test method (PC-TM 602.4.4.3)



Thermal expansion of Z-direction (Test by TMA)



Dielectric constant



SELCO Sumber Elektronik

Jalan Jakarta No. 36A, Bandung 40272 Indonesia
 Tel. +62 (22) 7210909, 7219556, 7212777, 7212988
 Fax. +62 (22) 7230799
 E-mail: selco@bdg.centria.net.id

LAMPIRAN 2

DATA BXSM-2-NFT

Low Power Splitters
300-960MHZ N-Connectors, 2, 3 & 4 Ways

KorinWell™

- Dual-Band Frequency Range, Tetra & Cellular
- 50Watt Average Power
- 20dB Isolation, Min
- Minimal RF Insertion Loss
- High Reliability
- Environment IP65



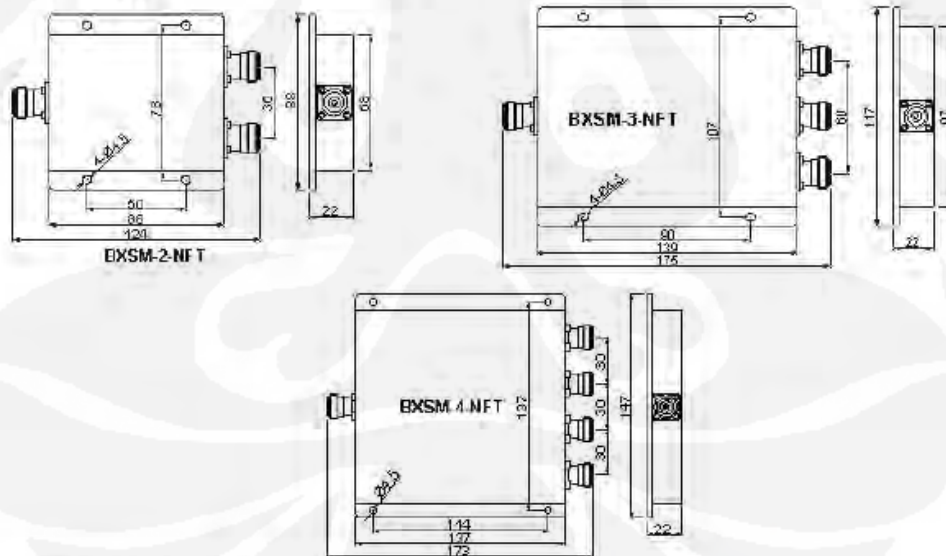
The BXSM series of Low Power Splitters is designed to evenly split power cellular signals with minimal reflections or loss. All of them are conformance to IP65 specification. Its mechanical shape allows to be fixed on the wall or the pole easily.

These devices allow use with antennas and leaky cable systems and wireless base stations

| | |
|------------------|-------------------------------------|
| VSWR: | 1.35:1 Max |
| Power Rating: | 50W, Avg |
| Isolation: | 20dB min |
| PIM, Passive IM: | -130dBc, 2x43dBm |
| Impedance: | 50 ohm |
| Temperature, C: | -25° to +75° |
| Environment: | IP65, RoHS compliant |
| Housing: | Passivated Aluminum or powder paint |
| Connectors: | N (f) tri-plate |
| DC capability: | DC transmission between all ports |

| PN. | Frequency Band, MHz | Split | Insertion Loss dB Max | Split Loss dB | Reflected Power Watts Max. | Weight, g |
|------------|---------------------|-------|-----------------------|---------------|----------------------------|-----------|
| BXSM-2-NFT | 300~960 | 2 | 0.3 | 3 | 5 | 320 |
| BXSM-3-NFT | 300~960 | 3 | 0.5 | 4.8 | 9 | 620 |
| BXSM-4-NFT | 300~960 | 4 | 0.4 | 6 | 8 | 800 |

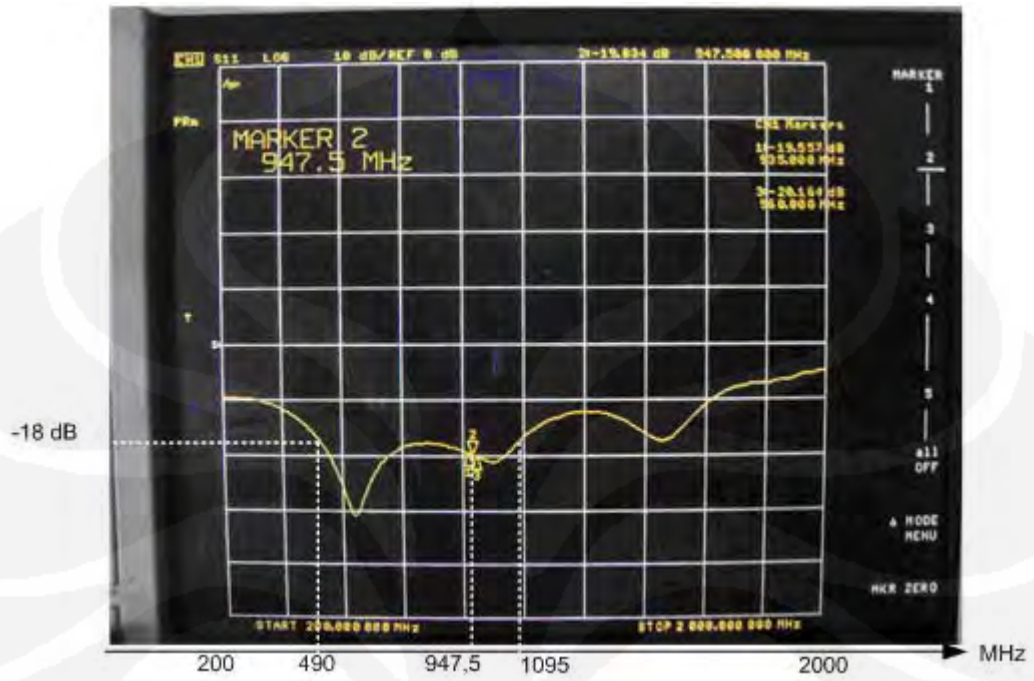
Dimensions, mm



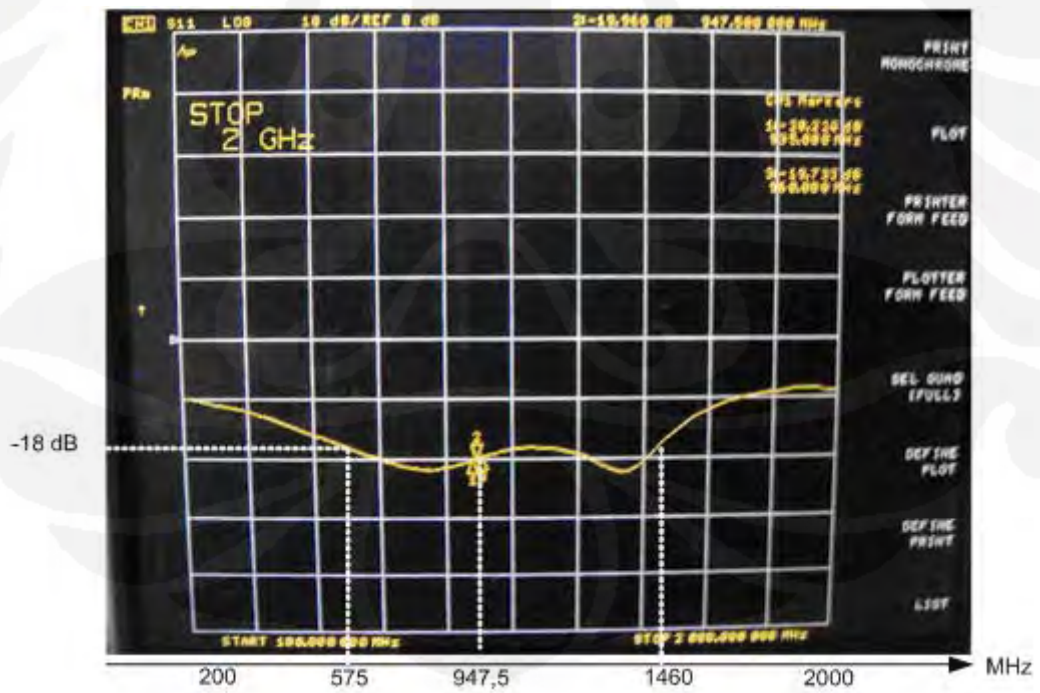
All Specifications are subject to change without prior notice

KorinWell Electronics, Inc. 1-111, 52 MUXUYUAN Road, NANJING, 210007 CHINA
TEL: +86 25 8485 2620 FAX: +86 25 8485 2630 www.korinwell.com sales@korinwell.com

LAMPIRAN 3
HASIL PENGUKURAN



Return Loss Port 1



Return Loss Port 2

