

# VSWR Meter dengan Teknologi Mikrostrip

Budi Basuki Subagio

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang  
E-mail : budi.basuki2010@gmail.com

## Abstrak

VSWR meter dengan teknologi mikrostrip didesain memanfaatkan teknologi mikrostrip dan merupakan suatu alat ukur rasio gelombang berdiri (standing wave ratio/SWR). Perhitungan ukuran jarak, lebar strip konduktor dan semua parameter-parameter menggunakan prinsip dasar teknologi mikrostrip saluran paralel, dengan kemampuan untuk mengukur daerah frekuensi antara 3,5 MHz sampai 950 MHz.

Dari hasil pengujian diperoleh jarak antar konduktor 1,47 cm, Untuk memperoleh impedansi 50  $\Omega$  maka ditentukan lebar strip konduktor masing-masing 5,6 mm, sedangkan untuk mendeteksi sinyal yang akan diukur digunakan dioda germanium.

Dari hasil pengujian pada frekuensi acuan VSWR meter ini mempunyai kemampuan akurasi pengukuran sampai 950 MHz.

**Kata Kunci :** frekuensi, impedansi, mikrostrip, saluran paralel, VSWR

## Abstract

VSWR meter with microstrip technology is designed utilizing microstrip technology and as a means gauge of the standing wave ratio devices where to distance calculation, strip conductor width and all parameters measurement used principle basic parallel line microstrip technology and have capacity to measuring frequency range 3,5 MHz – 950 MHz.

From the result of research can be obtained distance between of conductor 1,47 cm. To obtain impedance of 50 ohms so certain conductor strip width 5,6 mm each other, even though to detection will be to measuring signal used germanium dioda.

From the result of refrence at testing frequency this VSWR meters has measuring accuracy up to 950 MHz.

**Key Word :** frequency, impedance, microstrip, parallel line, VSWR

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi telekomunikasi saat ini terus berkembang sangat pesat, hal ini terbukti adanya kemampuan menyajikan informasi dalam berbagai bentuk (suara atau gambar) dan kemampuan menyajikan informasi dalam waktu yang bersamaan dengan kejadian yang ada di luar daerah atau negara dimana penerima informasi berada.

Peranan yang dirasakan sangat bermanfaat adalah kemampuan untuk mendistribusikan informasi-informasi yang terkait dengan pembangunan.

Kemajuan teknologi telekomunikasi tersebut telah memacu kalangan industri dan ilmuwan untuk melakukan penelitian agar tercapai keterkaitan dan kesesuaian (*link and match*) antara perguruan tinggi dengan industri dan kemajuan teknologi serta penggunaan teknologi tinggi dan teknologi tepat guna untuk merancang produk-produk sistem telekomunikasi yang lebih

praktis dan handal dengan proses pengerjaan dan biaya yang efisien.

Mengingat komponen-komponen dan alat-alat telekomunikasi yang semakin mahal harganya, maka teknologi tepat guna bidang telekomunikasi saat ini merupakan salah satu alternatif yang sangat penting yang harus dicermati untuk diambil kontribusinya, terutama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri tentang telekomunikasi yang ternyata menunjukkan kecenderungan untuk semakin mengarah pada pemakaian peralatan telekomunikasi yang praktis, murah tetapi handal.

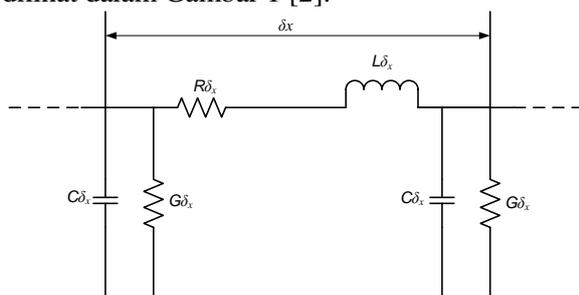
Salah satu alternatif untuk memenuhi keperluan peralatan telekomunikasi tersebut adalah dapat merancang sendiri VSWR meter dengan teknologi mikrostrip yaitu dengan memanfaatkan efek induksi antar strip konduktor.

Prinsip dasar alat ukur ini adalah memanfaatkan sinyal induksi maju dan sinyal induksi pantul dari konduktor saluran transmisi yang terbuat dari tembaga untuk kemudian sinyal

tersebut dideteksi dan diteruskan ke V.U. meter sebagai tampilan.

Oleh karena suatu konduktor pada frekuensi tinggi akan timbul beberapa reaktansi, diantaranya reaktansi induktif dan kapasitif [1] maka fenomena ini perlu diteliti secara terus menerus untuk menghasilkan kontribusi untuk dapat dimanfaatkan. Sebagai salah satu contoh adalah VSWR meter yang merupakan salah satu peralatan ukur yang sangat penting untuk mendukung peralatan-peralatan sistem telekomunikasi.

Dilihat dari rangkaian ekuivalen, suatu jalur transmisi mempunyai resistansi dan induktansi seri, yang bersama-sama membentuk impedansi seri dari kawat-kawat penghantar. Selain itu mempunyai konduktansi dan kapasitansi paralel dari dielektrikum yang terdapat diantara penghantar. Rangkaian ekuivalen dari suatu potongan pendek  $\delta_x$  dari saluran transmisi dapat dilihat dalam Gambar 1 [2].



Gambar 1 Rangkaian Ekuivalen pada Suatu Potongan Pendek  $\delta_x$  dari Saluran Transmisi

Pada saluran transmisi sebesar satu satuan panjang ( $\delta_x$ ) terdapat parameter-parameter  $R$ ,  $L$ ,  $C$ , dan  $G$  yang dikenal sebagai konstanta primer.  $R$  ialah resistansi seri dalam  $\Omega/m$ ,  $G$  konduktansi shunt dengan satuan  $S/m$ ,  $L$  induktansi seri dengan satuan  $H/m$ ,  $C$  kapasitansi shunt dengan satuan  $F/m$ .

Konstanta ini sudah diperhitungkan menjadi satu kesatuan (*lumped*). Parameter-parameter tersebut adalah konstan dalam arti tidak tergantung dari tegangan dan arus, tetapi pada batas-batas tertentu tergantung pada frekuensi [3].

Impedansi karakteristik suatu saluran transmisi merupakan perbandingan antara tegangan dan arus pada sembarang titik di sepanjang saluran dimana tidak terdapat gelombang berdiri. Besar harga  $Z_0$  (*impedansi karakteristik*) akan selalu konstan. Unsur yang membentuk impedansi karakteristik suatu saluran ialah konstanta primer.

Impedansi karakteristik jalur transmisi yang mempunyai frekuensi sudut  $\omega$  rad/det ialah [4] :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (\Omega) \quad (1)$$

Pada frekuensi tinggi, yaitu  $R \ll \omega L$  maka penyederhanaan  $Z_0$  :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (\Omega) \quad (2)$$

Saluran strip paralel terdiri dari dua strip paralel sempurna yang dipisahkan oleh dielektrik dengan permukaan rata yang sempurna dan ketebalan yang serba sama seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Lebar plat adalah  $w$ , jarak pemisah  $d$  konstanta dielektrik relatif  $\epsilon_r$  [5]

Tujuan penelitian ini adalah merancang suatu VSWR meter dengan memanfaatkan reaktansi induktif pada strip konduktor (*saluran strip paralel*), agar nantinya dasar perancangan alat ini dapat digunakan mahasiswa sebagai bahan praktikum.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Semarang selama 4 bulan dan merupakan perancangan yang bersifat terapan, bertujuan untuk memanfaatkan efek induksi antar konduktor untuk merancang VSWR meter dengan teknologi mikrostrip.

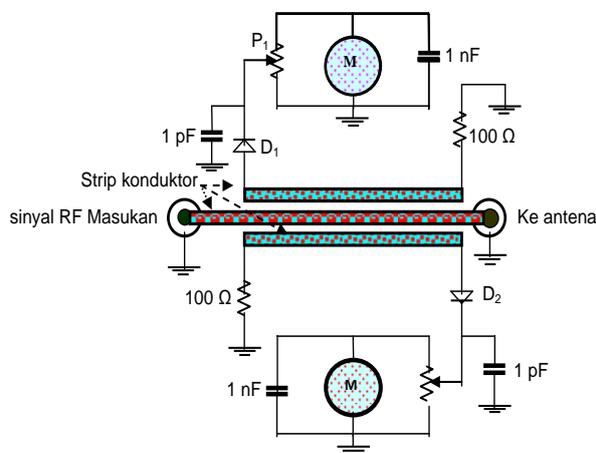
### Metode Pengumpulan Data

Data yang akan dianalisis adalah data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran dan dari hasil penelitian terdahulu serta data sekunder yaitu tentang spesifikasi komponen yang akan dipergunakan yang diperoleh dari buku-buku referensi.

Alat yang diperlukan dalam pengukuran adalah 8656B RF Signal Generator 0,1 - 900 MHz HEWLET PACKARD, 8558B spektrum analyzer 0,1-155 MHz HEWLET PACKARD, dua buah dummy load, dua buah V.U. meter, antena dipole  $\lambda/2$ , kabel RG 8 dan RG58.

- Analisis data dilakukan secara matematis untuk menentukan parameter, ukuran dan sifat fisik kawat konduktor yang akan digunakan.

1. Sifat fisik konduktor yang terdiri dari lebar, panjang dan jarak strip konduktor sangat menentukan parameter-parameter yang ada pada saluran transmisi, sehingga dengan demikian dapat dihitung dan ditentukan ukuran fisik yang diinginkan.
2. Menentukan jarak antar strip konduktor untuk mendapatkan impedansi karakteristik, dalam penelitian ini dirancang impedansi karakteristik 50 ohm.
3. Selain untuk menentukan impedansi karakteristik penentuan jarak konduktor juga digunakan untuk mencuplik sinyal maju dan sinyal pantul yang diperoleh dari induksi kawat konduktor yang dilalui sinyal dari radio pemancar, seperti dalam Gambar 2 berikut :



Gambar 2 Rangkaian Sederhana Alat Ukur VSWR

4. Menentukan arah letak deoda sebagai detektor sinyal maju dan sinyal pantul
5. Menentukan besarnya kapasitor filter agar arus listrik yang masuk ke meter betul-betul arus DC, karena meter yang digunakan dari jenis kumparan putar.

b. Rancangan Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Semarang. Untuk mengetahui karakteristik VSWR meter hasil perancangan maka dilakukan pengujian dan kalibrasi pada frekuensi kerjanya. Pengujian VSWR meter dilakukan pada jangkauan frekuensi 3,5 MHz sampai dengan 200 MHz.

1. Penyetelan awal VSWR meter dilakukan dengan mengatur potensio 1 untuk mendapatkan simpangan skala penuh pada

meter 1 ( $M_1$ ) kemudian mengatur potensio 2 untuk VSWR.

2. Mengkalibrasi VSWR meter hasil perancangan menggunakan VSWR referensi.
3. Melakukan pengukuran VSWR sebuah antena dipole  $\lambda/2$ , hasil pengukuran ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan VSWR meter referensi.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian adalah berupa VSWR meter yang dirancang dan dibuat menggunakan teknologi microstrip, gambar VSWR yang sudah diberi casing dapat dilihat dalam Gambar 3. Untuk menghasilkan VSWR dengan teknologi microstrip dapat dilakukan dengan perhitungan dan analisis matematis semua parameter yang ada pada strip konduktor.

#### 3.1 Penentuan Ukuran Geometri Konduktor

Bentuk geometri dan ukuran fisik konduktor menentukan besarnya parameter-parameter yang ada pada konduktor tersebut, sehingga dengan demikian dapat ditentukan lebar strip konduktor yang digunakan.

Karena SWR meter ini dirancang untuk impedansi karakteristik 50 ohm dan agar konduktor yang digunakan tidak terlalu besar maka ditentukan ukuran diameter konduktor  $4 \times 10^{-3}$  m sedangkan konduktor yang dihubungkan untuk pembacaan pada meter mempunyai ukuran  $1,5 \times 10^{-3}$  m.



Gambar 3 VSWR Meter Lengkap dengan Casing

### 3.2 Jarak Antar Konduktor

Jarak antar konduktor untuk memperoleh impedansi 50 ohm dapat ditentukan dari Persamaan (5) sebagai berikut :

$$Z_0 \sim \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{3777d}{w\sqrt{\epsilon_{rd}}} \quad (\text{ohm}) \quad (5)$$

Jika :

$$d = 1,47 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$Z_0 = 50 \text{ ohm}$$

Bahan dielektrik yang digunakan adalah udara, untuk  $\epsilon_r$  epoxy-fiberglass = 4,7  
Maka lebar strip konduktor  $w = 5,06 \times 10^{-3} \text{ mm}$

### 3.3 Penentuan Posisi VSWR dan Posisi Pengesetan

Posisi SWR diukur dari posisi keluaran ke antena karena pada daerah tersebut tegangan pantul terbesar, sedangkan posisi set diukur dari posisi keluaran pesawat pemancar keadaan ini dapat dilihat di dalam Gambar 3 Pada keadaan tersebut tegangan masuk di ujung kirim dinyatakan :  $V_i = V_r e^{j\beta l}$ . Sedangkan untuk tegangan pantul dari antena dinyatakan dari persamaan :  $V_r = V_r e^{-j\beta l}$ .

Pada posisi di titik-titik pengukuran tersebut terjadi penjumlahan tegangan yaitu antara tegangan datang dan tegangan pantul yang ditulis:  $V = V_i + V_r$ . Dengan fenomena tersebut maka besaran tersebut digunakan untuk menggerakkan meter dalam menentukan nilai VSWR.

### 3.4 Kapasitansi

Kapasitansi yang terdapat diantara konduktor dengan jarak masing-masing konduktor 0,5 cm dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{l.w.(\epsilon_0\epsilon_r)}{h} \quad (\text{Farad})$$

sehingga dengan panjang  $l = 14,5 \text{ cm}$ , menyebabkan kapasitansi  $C = 17,18 \text{ pF}$ .

Dari persamaan di atas maka kapasitansi diantara konduktor adalah : 6,684 F

### 3.5 Induktansi

Besarnya nilai induktansi dan kapasitansi digunakan untuk menentukan frekuensi resonansi. Untuk mengetahui nilai induktansi yang diperlukan pada frekuensi yang diinginkan, maka harus diketahui rumusan dasar dari hasil

substitusi rangkaian listrik dari rangkaian ekuivalen strip konduktor yang digunakan pada rangkaian VSWR meter yang ternyata mempunyai kesamaan dengan rangkaian ekuivalen saluran transmisi seperti dalam Gambar 1. Gambar VSWR meter hasil rancangan dapat dilihat dalam Gambar 3.

Hasil substitusi analisis rangkaian listrik dari Gambar 1 tersebut dapat ditentukan sebagai berikut :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (6)$$

Dari persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$L = \frac{1}{f^2 4\pi^2 C} \quad (7)$$

Sehingga dari Persamaan (3-2) besarnya nilai induktansi adalah 1,9 nH

Nilai induktansi 1,9 nH dapat diperoleh dengan panjang strip konduktor pada VSWR meter dan ditentukan dengan Persamaan (3-3) sebagai berikut :

$$L = 5,08 \times 10^{-3} \left( \ln \frac{l}{w+t} + 1,19 + 0,022 \frac{w+t}{l} \right) \quad (\text{nH}) \quad (8)$$

Dengan persamaan tersebut maka panjang strip konduktor  $l = 14,5 \text{ cm}$

Panjang gelombang yang melalui strip konduktor dapat ditentukan dengan Persamaan (9) berikut [5] :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (\text{meter}) \quad (9)$$

dengan  $\lambda_0$  = panjang gelombang sinyal di udara, maka diperoleh  $\lambda = 14,5 \text{ cm}$  untuk frekuensi 950 MHz.

### 3.6 Dioda

Oleh karena meter yang digunakan dari jenis kumparan putar yang hanya dapat dilewati oleh arus searah maka sebelum masuk ke meter dipasang dioda agar keluaran dari dioda tersebut adalah arus yang rata.

Besarnya kapasitor 1 pF hal ini ditujukan bahwa arus listrik tidak banyak terbuang ke *ground*.

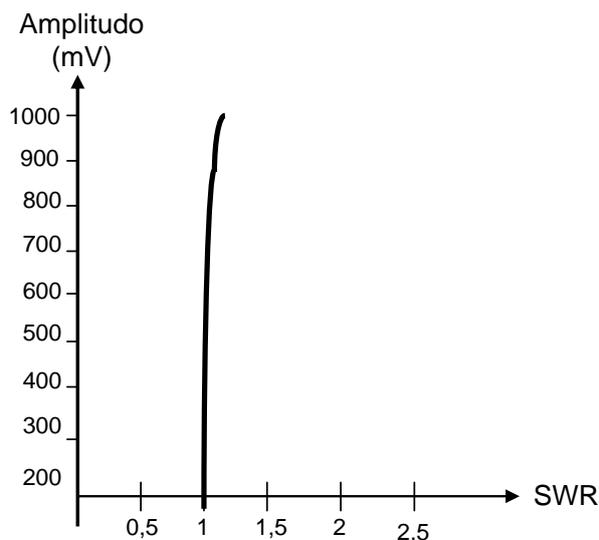
### 3.7 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Semarang. Alat yang diperlukan dalam pengujian adalah *8558B spektrum analyzer 0,1-155 MHZ HEWLET*

PACKARD, dua buah *dummy load*, dua buah *V.U. meter*, antena dipole  $\lambda/2$ , kabel RG 8 dan RG 58.

### 3.7.1 Pengesetan awal

Pengesetan awal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan daya maksimal SWR meter. Pengesetan dilakukan pada frekuensi 950 MHz dengan memasang antena dipole  $\lambda/2$ . Amplitudo *RF Signal Generator* dinaikkan seperti Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Nilai SWR Terhadap Amplitude

### 3.7.2 Analisis Hasil Pengujian

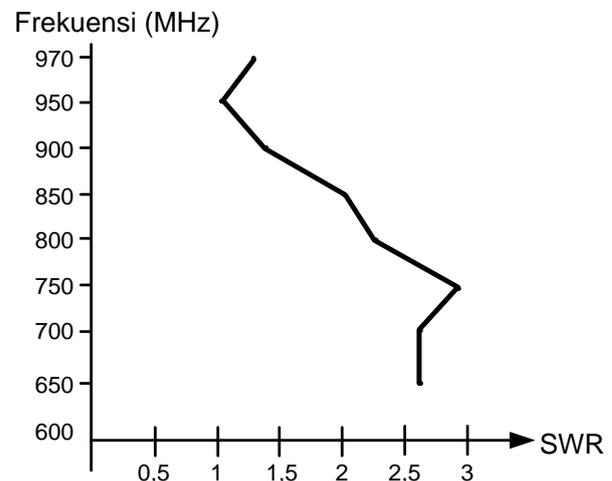
Dari Gambar 4 dapat dilihat jika daya dinaikkan dari 200 sampai 1000 mV VSWR meter masih menunjukkan nilai 1 atau mendekati nilai 1, hal ini menunjukkan bahwa VSWR dapat berfungsi dengan baik. Ini dapat dipastikan karena beban yang digunakan mempunyai impedansi 50 ohm sesuai dengan impedansi karakteristik 50 ohm dari saluran koaxial yang digunakan sedangkan rancangan impedansi untuk SWR meter yaitu 50 ohm.

### 3.7.3 Kalibrasi

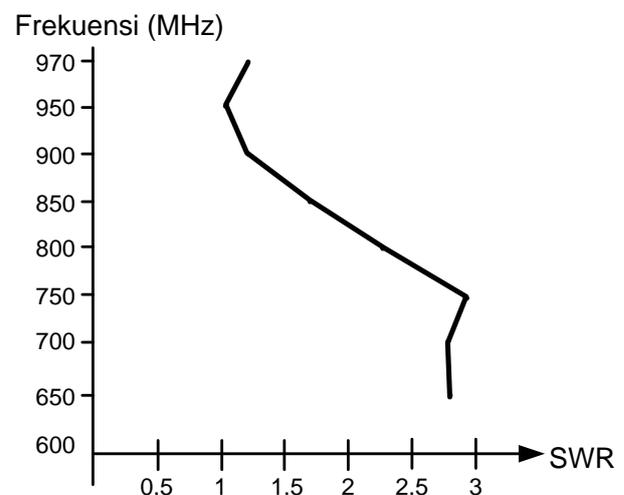
Setelah pengesetan, SWR meter hasil perancangan dilakukan kalibrasi dengan SWR meter referensi pada frekuensi 100 MHz sampai 950 MHz. Pada pengujian ini diperoleh hasil bahwa penunjukan yang benar-benar sesuai adalah dari frekuensi 100 MHz sampai 950 MHz.

### 3.7.4 Penggunaan Untuk Antena Dipole $\lambda/2$

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran SWR untuk sebuah antena dipole  $\lambda/2$  hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran SWR meter referensi. Hasil pengukuran dapat dilihat dalam Gambar di bawah ini.



Gambar 5 SWR Antena Dipole Diukur dengan SWR Hasil Perancangan



Gambar 6 Pengukuran SWR Antena Dipole Menggunakan SWR Meter Referensi

### 3.7.5 Analisis Hasil pengujian

Dari gambar di atas terlihat perbedaan sedikit hal ini disebabkan koneksi antar konduktor dan bahan konduktor yang digunakan berbeda.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian terlihat bahwa VSWR hasil perancangan mampu dioperasikan sampai

pada frekuensi 950 MHz. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan analisis rangkaian listrik dan perhitungan yang tepat dari rangkaian ekivalen VSWR meter, maka dapat ditentukan batasan frekuensi kerja VSWR meter.

#### 4.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang akurat, maka jarak antar konduktor harus diatur secermat mungkin agar semua energi yang terradiasi dapat dimanfaatkan maksimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Parini and Clive, *Moment-Method Analysis of a Finite Array Arbitrary Shaped Microstrip Patch Radiating Elements. International Journal of Microwave and Millimetrowave Computer-Aided Engineering, Vol.4.* Research, Electronic Engineering, Queen Mary. University of London, London, 1994.
- [2] <http://www.nojapower.com.au/product/recloser.html>, akses tanggal 22 November 2011.
- [3] Ginsberg L. G., *Printed Circuit Design, Featuring Computer-Aided Technologies*, McGraw Hill, Inc., Singapore, 2007.
- [4] Wu Q., L-K. JIN, J-H. FU, *The Research of Millimeter Wave Low Side-lobe Microstrip Antenna Arrays, Journal, Dept. Of Microwave Engineering*, Harbin Institute of Technology, China, Harbin, 2009.
- [5] Liao S. Y., *Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design*, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey, 1987.