

APLIKASI TEKNOLOGI MICROSTRIP PADA ALAT UKUR KOEFISIEN PANTUL

Oleh: Budi Basuki Subagio

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50275

Abstrak

Alat ukur Koefisien Pantul memanfaatkan teknologi microstrip, 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 parallel. Alat ukur ini mempunyai kemampuan untuk mengukur Koefisien Pantul pada sinyal RF dalam cakupan frekuensi antara 3,5 MHz sampai 950 MHz. Dari hasil pengujian diperoleh jarak antar konduktor 1,56 cm. Untuk memperoleh impedansi 50 Ω maka ditentukan lebar strip konduktor masing-masing 6,3 mm, sedangkan untuk mendeteksi sinyal yang akan diukur digunakan dioda germanium. Dari hasil pengujian alat ukur ini mempunyai kemampuan akurasi pengukuran sampai 950 MHz.

Kata Kunci : *frekuensi, impedansi, microstrip, saluran parallel, SWR*

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi telekomunikasi saat ini terus berkembang sangat pesat, hal ini terbukti adanya kemampuan menyajikan informasi dalam berbagai bentuk 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

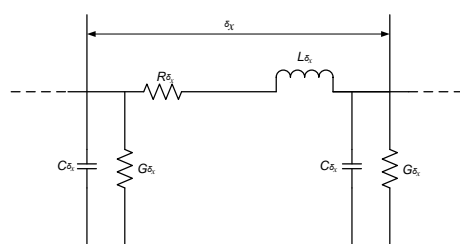
kontribusinya, terutama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri tentang telekomunikasi yang ternyata menunjukkan kecenderungan untuk semakin mengarah pada pemakaian peralatan telekomunikasi yang praktis, murah tetapi handal.

Salah satu alternatif untuk memenuhi keperluan peralatan telekomunikasi tersebut adalah dapat merancang sendiri alat ukur koefisien pantul 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 (Parini and Clive, 1994), 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 δ_x dari saluran transmisi dapat dilihat dalam Gambar 1 (Nojapower.com, 2012).



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen pada suatu potongan pendek δ_x dari saluran transmisi

Pada saluran transmisi sebesar satu satuan panjang (δ_x) terdapat parameter-parameter R, L, C , dan G yang dikenal sebagai konstanta primer. R ialah resistansi seri dalam Ω/m , G konduktansi shunt dengan satuan S/m , L induktansi seri dengan satuan H/m , C (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 (Ginsberg, 2007).

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 ω rad/det ialah (Wu, 2009) :

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

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 w , jarak pemisah d konstanta dielektrik relatif ϵ_r (Liao, S.Y, 1987).

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

2. 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 Alat Ukur Koefisien Pantul dengan teknologi mikrostrip.

2.1. 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.

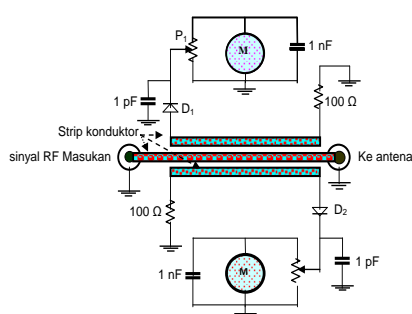
Alat yang diperlukan dalam pengukuran adalah *8656B RF Signal Generator 0,1 - 900 MHz HEWLET PACKARD, 8558B spektrum analyzer 0,1-155 MHz HEWLET PACKARD, dua buah dummy load, dua*

buah V.U. meter, antena dipole $\lambda/2$, kabel RG 8 dan RG58.

2.2. Analisis data

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

- 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.
- Menentukan jarak antar strip konduktor untuk mendapatkan impedansi karakteristik, dalam penelitian ini dirancang impedansi karakteristik 50 ohm.
- 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 berikut :



Gambar 2. Rangkaian sederhana alat ukur Koefisien Pantul

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

2.3. Rancangan Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Semarang.

Untuk mengetahui karakteristik Alat Ukur Koefisien Pantul hasil perancangan maka dilakukan pengujian dan kalibrasi pada frekuensi kerjanya.

Pengujian VSWR meter dilakukan pada jangkauan frekuensi 3,5 MHz - 200 MHz.

- Penyetelan awal Alat Ukur Koefisien Pantul dilakukan dengan mengatur potensio 1 untuk mendapatkan simpangan skala penuh pada meter 1 (M_1) kemudian mengatur potensio 2 untuk VSWR.
- Mengkalibrasi Alat Ukur.
- Melakukan pengukuran koefisien pantul sebuah antena dipole $\lambda/2$, hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur referensi.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari penelitian adalah berupa Alat Ukur Koefisien Pantul yang dirancang dan dibuat menggunakan teknologi microstrip, gambar Alat Ukur Koefisien Pantul yang sudah diberi casing dapat dilihat dalam Gambar 3. Untuk menghasilkan Alat Ukur Koefisien Pantul 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 Alat Ukur Koefisien Pantul ini dirancang untuk impedansi karakteristik 50 ohm dan agar konduktor yang digunakan tidak terlalu besar maka ditentukan ukuran

diameter konduktor 4×10^{-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 (3) sebagai berikut :

$$Z_0 \sim \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{3777d}{w\sqrt{\epsilon_{rd}}} \quad (\text{ohm}) \quad (3)$$

Jika :

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

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

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

3.3. Pengesetan Alat Ukur Koefisien Pantul.

Posisi Alat Ukur Koefisien Pantul di ukur 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 :

$V_i = V_I e^{j\beta l}$. 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 :

$$C = \frac{l.w.(\epsilon_0\epsilon_r)}{h} \quad (\text{Farad}) \quad (4)$$

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

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

3.5. Induktansi

Besarnya nilai iduktansi 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 ekivalen strip konduktor yang digunakan pada rangkaian Alat Ukur Koefisien Pantul yang ternyata mempunyai kesamaan dengan rangkaian ekivalen saluran transmisi seperti dalam Gambar 1. Gambar Alat Ukur Koefisien Pantul hasil rancangan dapat dilihat dalam Gambar 3.

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

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (5)$$

Dari persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$L = \frac{1}{f^2 4\pi^2 C} \quad (6)$$

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

Nilai induktansi 1,9 nH dapat diperoleh dengan panjang strip konduktor pada Alat

Ukur Koefisien Pantul dan ditentukan dengan Persamaan (3-3) sebagai berikut :

$$L = 5,08 \times 10^{-3} \left(\ln \frac{l}{w+t} + 1,19 + 0,022 \frac{w+t}{l} \right) (nH) \quad (7)$$

Dengan persamaan tersebut maka panjang strip konduktor $l = 14,5$ cm

Panjang gelombang yang melalui strip konduktor dapat ditentukan dengan Persamaan (8) berikut (Wu, 2009) :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (\text{meter}) \quad (8)$$

dengan λ_0 = panjang gelombang sinyal di udara, maka diperoleh $\lambda = 14,5$ cm untuk frekuensi 950 MHz.

3.6. Dioda

Oleh karena komponen ukur 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*.

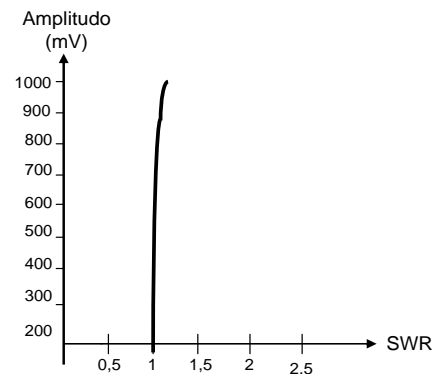
3.7. Hasil Pengujian dan Analisis

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 $\lambda/2$* .

3.7.1. Pengesetan awal

Pengesetan awal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan daya maksimal Alat Ukur Koefisien Pantul. 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 amplitudo

3.7.2. Analisis Hasil Pengujian

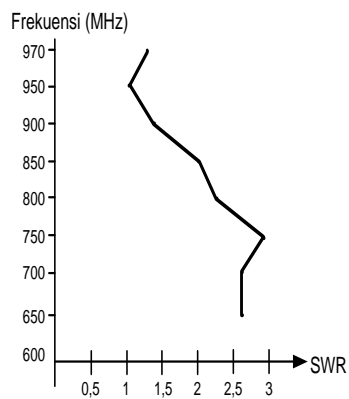
Dari Gambar 4 dapat dilihat jika daya dinaikkan dari 200 sampai 1000 mV Alat Ukur Koefisien Pantul masih menunjukkan nilai 1 atau mendekati nilai 1, hal ini menunjukkan bahwa Alat Ukur Koefisien Pantul dapat berfungsi dengan baik. Ini dapat dipastikan karena beban yang digunakan mempunyai impedansi 50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

3.7.3. Kalibrasi

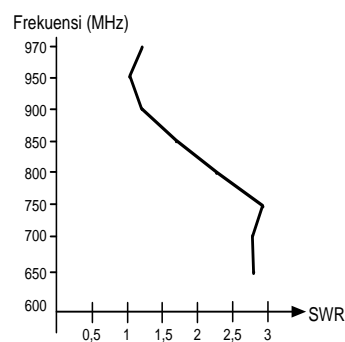
Setelah pengesetan, Alat Ukur Koefisien Pantul hasil perancangan dilakukan kalibrasi dengan SWR meter referensi pada frekuensi 100 MHz sampai 950 MHz. Pada pengujian ini diperoleh hasil bahwa penunjukan yang benar-benar sesuai adalah dari frekuensi 100 MHz sampai 950 MHz.

3.7.4. 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 antenna dipole diukur dengan SWR hasil perancangan



Gambar 6 Pengukuran SWR antenna dipole menggunakan SWR meter referensi

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian menunjukkan Alat Ukur Koefisien Pantul hasil perancangan mampu dioperasikan sampai pada frekuensi 950 MHz. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan analisis rangkaian listrik dan perhitungan yang tepat dari rangkaian ekuivalen Alat Ukur Koefisien Pantul, maka dapat ditentukan batasan frekuensi kerja Alat Ukur Koefisien Pantul.

DAFTAR PUSTAKA

Ginsberg L. G., 2007, *Printed Circuit Design, Featuring Computer-Aided Technologies*, McGraw Hill, Inc., Singapore.

<http://www.nojapower.com.au/product/recluser.html>, diakses 22 November 2011.

Liao S. Y., 1987, *Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design*,

Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.

Parini and Clive, 1994, *Moment-Method Analysis of a Finite Array Arbitrary Shaped Microstrip Patch Radiating Elements*. *International Journal of Microwave and Millimetrewave Computer-Aided Engineering*, Vol.4. Research, Electronic Engineering. Queen Mary. University of London, London.

Wu Q., L-K. JIN, J-H. FU, 2009, *The Research of Millimeter Wave Low Side-lobe Microstrip Antenna Arrays*, *Journal, Dept. Of Microwave Engineering*, Harbin Institute of Technology, China, Harbin.