

BAB II

TINJAU PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Agar mendapatkan hasil yang diharapkan pada penelitian, penulis melakukan sebuah kajian dari beberapa penelitian terdahulu dengan tujuan sebagai referensi agar dapat dibandingkan kelebihan dan kelemahan pada perancangan. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Atik Fatmawati,2006) dengan jurnal berjudul **“Realisasi Perangkat Lunak Untuk Merancang Penyesuai Impedansi Dengan Menggunakan Stub Tunggal dan Stub Ganda”**. Permasalahan yang diangkat pada jurnal tersebut adalah merealisasikan suatu perangkat lunak untuk merancang penyesuai impedansi dengan menggunakan stub tunggal dan stub ganda yang dipasang seri atau paralel terhadap saluran transmisi, perangkat lunak tersebut juga dilengkapi dengan animasi *Smith Chart* untuk memperlihatkan pada pengguna proses penyesuai impedansi dengan hasil pengujian yang telah mampu menyesuaikan impedansi kompleks ke impedansi riil. Akan tetapi saat perhitungan belum digunakannya teknologi digital dengan sebuah salah satu perangkat lunak komputer yang bernama MATLAB yang bertujuan agar perhitungan dapat teratasi dengan mudah.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Said Attammimi,2012) dengan jurnal yang berjudul **“Perancangan Rangkaian Matching dengan Diagram Smith Terintegrasi Komputer”**. Permasalahan yang diangkat pada tersebut adalah solusi smith yang dapat digunakan untuk merancang rangkaian matching jenis stub short circuit : stub tunggal parallel,stub tunggal serial, dan stub ganda parallel dengan menggunakan tiga jenis grafik untuk menganalisa performansi, yaitu : grafik VSWR, grafik faktor refleksi, dan grafik (lokus) faktor refleksi pada diagram smith yang dimana menggunakan program aplikasi computer berbasis MATLAB akan tetapi pada kasus stub ganda paralel terdapat *forbidden circle* dan belum bisa dijalankan di luar MATLAB (sebagai sebuah *stand-alone application*).

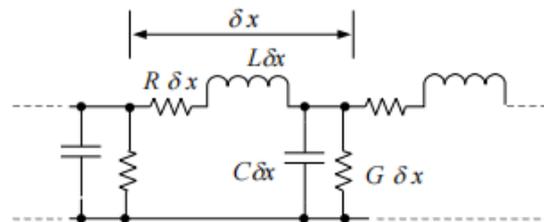
Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Suwanto,2009) dengan jurnal yang berjudul “**Perancangan Simulasi Smith Chart Untuk Impedance Matching**”. Permasalahan yang diangkat dalam jurnal tersebut adalah *matching impedance* dengan metode trafo $\frac{1}{4} \lambda$, metode LC dan metode *single stub* yang dimana dilakukan sebuah analisis dengan memberikan variasi Z_0 , Z_L , dan untuk metode rangkaian LC dengan memberikan penambahan variasi frekuensi dan variasi pada L dengan menggunakan alat bantu *smith chart* akan tetapi untuk metode yang digunakan belum kompleks dan belum dilakukannya penyesuaian impedansi untuk saluran transmisi *lossy*.

2.2 Saluran Transmisi

Teori saluran transmisi membahas penghantar (baik berupa konduktor ataupun dielektrika tertentu) yang digunakan untuk menghubungkan suatu pembangkit sinyal, disebut juga sumber, dengan sebuah penerima (pemakai), atau disebut juga beban. Karena sinyal elektrik merambat hanya dengan kecepatan cahaya, maka sinyal elektrik juga memerlukan suatu waktu tempuh tertentu untuk merambat dari suatu tempat (sumber). Jika sinyal elektrik ini berubah secara cepat dengan waktu (frekuensi tinggi), waktu tempuh di atas menjadi signifikan. Waktu tempuh (*delay*) yang terjadi harus diperhatikan, sinyal yang keluar dari suatu saluran transmisi tidaklah sama dengan apa yang dimasukkan pada bagian inputnya. Cara lain untuk memahami hal di atas adalah dengan membandingkan panjang saluran transmisi yang dipergunakan dengan panjang gelombang sinyal yang dikirimkan melalui saluran tersebut.

Suatu saluran transmisi jika dilihat dari sudut pandang rangkaian akan mempunyai resistansi dan induktansi seri, yang membentuk impedansi seri dari kawat penghantar, serta konduktansi dan kapasitansi shunt dari dielektrikum yang terdapat diantara penghantar, yang bersama-sama membentuk admitansi shunt dari saluran. Saluran transmisi diartikan sebagai suatu susunan yang membawa perambatan gelombang elektromagnetik dari titik α ke titik β . Pada saluran transmisi permukaan sepanjang propagasi berada dalam daerah z dengan

frekuensi ω sehingga nilai gelombang sebesar $\beta = \omega/c$, maka z dalam daerah waktu tergantung dari tegangan dan arus.



Gambar 2.1 Pendekatan-pendekatan rangkaian untuk suatu potongan pendek δx dari saluran transmisi.

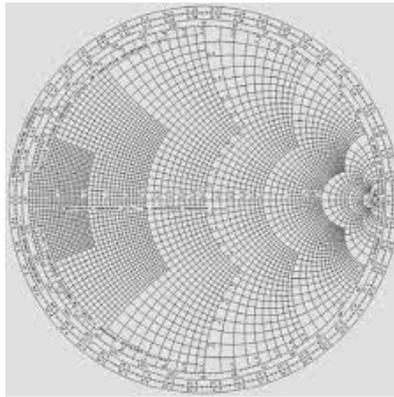
(Sumber : 123dok.com)

Pada gambar 2.1 ditunjukkan Parameter R , L , G , dan C yang merupakan konstanta-konstanta saluran primer, ini adalah resistansi seri R dalam Ohm (Ω), induktansi seri L dalam Henry (H), konduktansi *shunt* G dalam Siemen (S), dan kapasitansi C dalam Farad (F). Dimana R timbul karena adanya rugi-rugi tembaga, G timbul karena adanya kerugian dielektrik atau kebocoran yang terjadi antara dua penghantar. Sedangkan L dan C masing-masing timbul karena pengaruh medan magnet dan medan listrik. Saluran Transmisi ada 2 jenis yaitu saluran *balance* (paralel) yang merupakan saluran *twin lead* dan saluran terbuka (*open wire*), dan saluran *coaxial* (*coax*).

2.3 Smith Chart

Penggunaan *smith chart* dalam saluran transmisi berfungsi untuk memudahkan dalam melakukan penyesuaian impedansi pada saluran transmisi. Penyelesaian masalah dengan menggunakan *smith chart* ini, sering disebut dengan penyelesaian masalah secara grafis. Sehingga akurasi hasil yang diperoleh sangat tergantung dari ketepatan kita pada saat memetakan titik-titik dan mentransformasinya ke titik-titik lain dalam *smith chart* tersebut. Semakin presisi pada saat memetakan dan mentransformasi titik-titik tersebut, semakin akurat pula hasil yang diperoleh. Dibanding dengan menggunakan perhitungan, relatif lebih

banyak waktu dan tenaga diperlukan untuk memecahkan persoalan dengan dasar bilangan kompleks tersebut, dibanding dengan perhitungan pada operasi dengan bilangan nyata. Untuk membantu pemecahan tersebut, dapat digunakan suatu peta (*chart*), yang dikenal dengan Peta *Smith* atau *Smith Chart*.



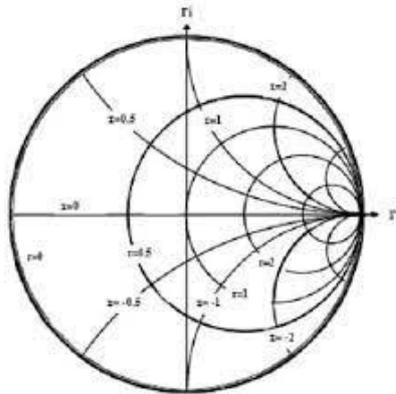
Gambar 2.2 Peta *Smith* (*Smith Chart*).

(Sumber : M. David Pozar:2003)

Smith chart menggambarkan grafik Γ -*plane* dengan jaringan kurva bersifat linear dari lingkaran resistansi konstan dan reaktansi konstan yang digambarkan dalam satu kesatuan lingkaran. Sebenarnya, *smith chart* adalah penggambaran garis kurva bersifat linear dalam histogram garis. Beberapa koefisien refleksi titik Γ jatuh pada saat perpotongan antara lingkaran resistansi dan reaktansi, r , x , dari penyesuaian impedansi maka dapat dibaca secara langsung :

$$z = r + jx.$$

Sebaliknya, dengan memberikan $z = r + jx$ dan menentukan perpotongan antara lingkaran r , x , titik kompleks Γ dapat ditempatkan dan nilainya dapat dibaca pada koordinat polar dan kartesian. Peta *Smith* merupakan kombinasi antara 2 (dua) kelompok lingkaran-lingkaran yang mewakili resistansi atau bagian riil (r) dan reaktansi atau bagian imajiner (x), dapat dilihat pada Gambar 4. Kelompok pertama, lingkaran-lingkaran dengan harga r tetap, yang bertitik pusat $\Gamma_r = r/r+1$ dan $\Gamma_i = 0$, serta berjari-jari $\{1/(1+r)\}$. Harga r mempunyai nilai antara 0 sampai ∞ ; $0 \leq r \leq \infty$. Jika $r = 0$, maka jari-jari lingkaran adalah satu dengan titik pusat $\Gamma_r = 0$ dan $\Gamma_i = 0$. Untuk $r = \infty$, maka jari- jari lingkaran = 0,5 dan bertitik pusat di $\Gamma_r = 1$ dan $\Gamma_i = 0$.



Gambar 2.3 Kombinasi bagian riil(r) dan bagian imajiner(x) yang tergambar pada domain $|\Gamma|$
(Sumber : 123dok.com)

2.4 Penyesuaian Impedansi

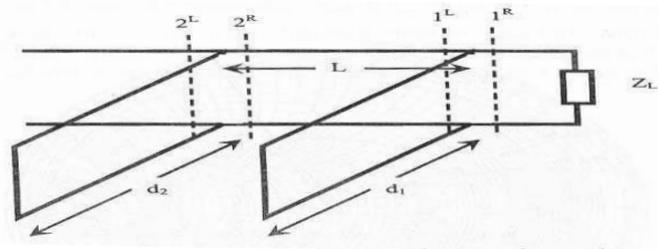
Penyesuaian impedansi merupakan hal yang penting dalam rentang frekuensi gelombang mikro. Suatu saluran transmisi yang diberi beban seperti impedansi karakteristik mempunyai *Standing Wave Ratio* (SWR) yang sama dengan satu, dan mentransmisikan sejumlah daya dengan tidak adanya pantulan. Juga efisiensi transmisi menjadi optimum jika tidak ada daya yang dipantulkan. Penyesuaian impedansi dalam saluran transmisi memiliki pengertian yang berbeda dengan dalam teori rangkaian. Dalam teori rangkaian, transfer daya maksimum membutuhkan impedansi beban sama dengan konjugasi kompleks sumber. Penyesuaian seperti ini disebut dengan penyesuaian konjugasi. Dalam saluran transmisi, penyesuaian mempunyai pengertian memberikan beban yang sama dengan impedansi karakteristik saluran.

Tujuan utama dilakukannya penyesuaian impedansi adalah untuk menyesuaikan impedansi satu ke impedansi yang lain agar terjadi konektivitas antar media. Media disini dapat diartikan sebagai suatu jaringan atau rangkaian yang berupa suatu sumber, saluran transmisi dan beban atau penerima. Bila impedansi kedua media tersebut tidak sama, maka akan terdapat daya yang dipantulkan. Daya pantul ini dapat mengurangi daya yang dikirimkan. Akibatnya daya yang sampai pada penerima menjadi sangat kecil dan kemungkinan tidak dapat dideteksi oleh

penerima. Oleh sebab itu untuk meminimalisasi refleksi akibat perbedaan impedansi beban dengan impedansi gelombang, digunakanlah teknik penyesuaian impedansi (*impedance matching techniques*). Yang prinsip kerjanya adalah menyisipkan sebuah rangkaian matching di antara beban dan saluran transmisi yang akan dipasangkan. Ada beberapa macam metode penyesuaian impedansi yaitu metode saluran trafo $\frac{1}{4} \lambda$, rangkaian LC stub tunggal dan stub ganda.

2.4.1 Penyesuaian Impedansi Metode Stub Ganda

Rangkaian stub tunggal memiliki suatu kekurangan yakni jika beban pada stub tunggal mengalami suatu perubahan, akan dilakukannya tindakan yang perlu diambil yang bertujuan untuk mengantisipasi tidaklah sederhana. Karenanya, diperkenalkan suatu rangkaian yang disebut sebagai rangkaian Stub Ganda, yang dimana dapat dilihat pada gambar 2.4



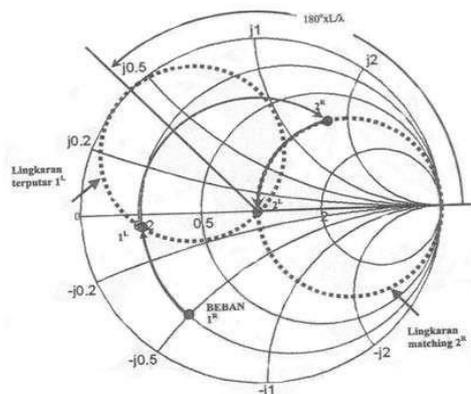
Gambar 2.4 Penyesuaian Impedansi Stub Ganda.

(Sumber : Mudrik Alaydrus:2009)

Penyesuai stub sering diartikan sebagai bagian dari saluran transmisi yang impedansi karakteristiknya biasanya sama dengan saluran utama dengan ujung terbuka atau terhubung singkat, dan dihubungkan secara paralel dengan saluran utama. Untuk dapat menyesuaikan impedansi dua media yang dihubungkan, dilakukan dengan mengatur panjang stub l dan jarak dimana stub dipasang, dan yang diukur dari salah satu media, sehingga didapatkan penyesuaian impedansi.

Tujuan dari rangkaian *matching* ini adalah untuk mengubah impedansi, sehingga konektor pada sisi saluran transmisi, yaitu konektor pada posisi $2L$ (di sisi kiri stub 2), memiliki impedansi sama dengan impedansi Dari bentuk gelombang saluran transmisi. Impedansi pada $2L$ dalam diagram Smith (Gambar 2.4) berada

pada titik yang *matching*. Stub 2 adalah yang mengoreksi komponen reaktif yang ada di posisi kanan, yaitu $2R$. Nilai komponen reaktif di sana tidak diketahui, tetapi di $2R$ yang dipelajari dengan metode stub tunggal adalah perubahan fiktif dalam suatu impedansi. Pada Gambar 2.4, bergerak lebih jauh ke kanan. admitansi di sisi kiri stub 1 atau pada posisi $1L$ dapat diperoleh dengan memutar impedansi $2R$ berlawanan arah jarum jam. Oleh karena itu, secara umum, karena infleksi berada di tengah, lingkaran yang cocok berputar berlawanan arah jarum jam hingga $180^\circ \times L/\lambda$. Apa yang dilakukan berlaku untuk semua kasus dimana terdapat jarak antara stub L .

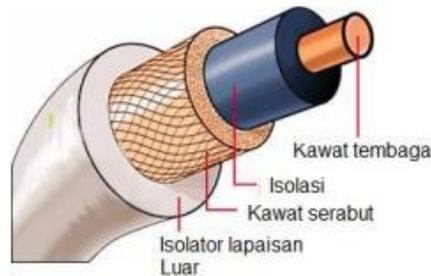


Gambar 2.5 Diagram Smith pada Rangkaian *Matching* Stub Ganda.

(Sumber : Eternal Dean Refisis:2011)

Sekarang kita harus melalui sebuah stub 1 dengan tujuan agar sampai ke beban yang dituju. Admitansi di posisi $1L$ menghasilkan suatu penjumlahan admitansi stub 1, dengan memiliki sifat yang reaktif dengan suatu admitansi beban. Jadi antara admitansi beban dan admitansi di posisi $1L$ hanya berbeda di bagian komponen imajiner. Apabila titik admitansi beban diketahui, maka titik admitansi $1L$ berada di atas lingkaran dengan konduktansi yang sama. Apabila lingkaran berputar, titik posisi admitansi beban akan bergeser ke sepanjang lingkaran konduktansi yang bersifat konstan, menuju ke arah lingkaran berputar dengan tujuan mendapatkan $1L$. setelah itu akan kembali menuju sumber lagi.

2.5 Kabel Koaksial



Gambar 2.6 Kabel Koaksial

(Sumber : Nurhadi Budi Santoso:2013)

Kabel koaksial pada dasarnya adalah jenis kabel yang menggunakan dua konduktor. Bagian tengah kabel berupa inti kawat yang kokoh, ditutup dengan sekat, kemudian dibungkus kembali dengan kawat berlapis konduktor. Jenis kabel ini biasanya digunakan untuk jaringan bandwidth tinggi. Selain itu, kabel koaksial dapat menarik tembaga (kawat perantara). Kabel ini juga biasa digunakan untuk mengirimkan data sinyal frekuensi dengan amplitudo pada kisaran di atas 300kHz. Karena kabel ini dapat membawa frekuensi tinggi, sistem transmisi ini pada dasarnya menggunakan kabel koaksial dengan kapasitas saluran yang cukup besar.

Kabel koaksial juga memiliki kecepatan yang cukup baik untuk transfer data, sehingga kabel koaksial juga merupakan media yang memungkinkan perangkat keras komputer dapat terhubung dengan perangkat lain. Selain itu, kabel koaksial memiliki fungsi tambahan untuk berbagi broadband atau sinyal frekuensi tinggi.

Kabel coaxial terdiri dari dua jenis, yaitu :

1. *Thick coaxial cable* (mempunyai diameter lumayan besar)

Kabel koaksial jenis ini dispesifikasi berdasarkan standar IEEE 802.3 10BASE5, dimana kabel ini mempunyai diameter rata-rata 12mm, kabel jenis ini biasa disebut sebagai *standard Ethernet* atau *thick Ethernet*, atau hanya disingkat ThickNet. Jenis kabel koaksial ini yaitu RG-8 yang dimana jika digunakan dalam jaringan mempunyai spesifikasi dan aturan sebagai berikut :

- a. Setiap ujung harus diterminasi dengan terminator 50 Ohm (dianjurkan menggunakan terminator yang sudah dirakit, bukan menggunakan satu

buah resistor 50 Ohm 1 Watt, sebab resistor mempunyai disipasi tegangan yang lumayan lebar).

- b. Maksimum 3 segment dengan peralatan terhubung (*attached devices*) atau berupa *populated* segment.
- c. Setiap kartu jaringan mempunyai pemancar tambahan (*external transceiver*).
- d. Setiap segment maksimum berisi 100 perangkat jaringan, termasuk dalam hal ini *repeaters*.
- e. Maksimum panjang kabel per segment adalah 1.640 *feet* (atau sekitar 500 meter).
- f. Maksimum jarak antar segment adalah 4.920 *feet* (atau sekitar 1500 meter).
- g. Setiap segment harus diberi *ground*.
- h. Jarak maksimum antara tap atau percabangan dari kabel utama ke perangkat (*device*) adalah 16 *feet* (sekitar 5 meter).
- i. Jarak minimum antara tap adalah 8 *feet* (sekitar 2,5 meter).

2. *Thin coaxial cable* (mempunyai diameter lebih kecil)

Kabel koaksial jenis ini banyak dipergunakan di kalangan radio amatir, terutama untuk *transceiver* yang tidak memerlukan output daya yang besar, kabel koaksial ini untuk digunakan sebagai perangkat jaringan, kabel koaksial jenis ini memenuhi standar IEEE 802.3 10BASE2, dimana diameter rata-rata berkisar 5mm dan biasanya berwarna hitam atau warna gelap lainnya. Setiap perangkat (*device*) dihubungkan dengan BNC *T-connector*. Kabel jenis ini juga dikenal sebagai *thin Ethernet* atau ThinNet.

Kabel koaksial ini, misalnya jenis RG-58 A/U atau 174 A/U, jika diimplementasikan dengan *TConnector* dan terminator dalam sebuah jaringan, harus mengikuti aturan sebagai berikut :

- a. Setiap ujung kabel diberi terminator 50 Ohm.
- b. Panjang maksimal kabel adalah 1.000 *feet* (185 meter) per segment.

- c. Setiap segment maksimum terkoneksi sebanyak 30 perangkat jaringan (*devices*).
- d. Kartu jaringan cukup menggunakan *transceiver* yang *onboard*, tidak perlu tambahan *transceiver*, kecuali untuk *repeater*.
- e. Maksimum ada 3 segment terhubung satu sama lain (*populated segment*).
- f. Setiap segment sebaiknya dilengkapi dengan satu ground.
- g. Panjang minimum antar *T-Connector* adalah 1,5 *feet* (0.5 meter).

2.5.1 Fungsi Kabel Koaksial

Kabel koaksial bias digunakan untuk kabel antenna pada televisi. Selain itu, kabel koaksial juga bisa dipakai untuk jaringan LAN. Kabel ini berfungsi untuk menghubungkan satu perangkat keras komputer dengan perangkat lainnya sehingga bisa mengalirkan data sebab kabel ini mempunyai kecepatan yang baik sebagai transmisi data. Selain itu, kabel koaksial ini juga bisa membagi sinyal *broadband* atau sinyal yang memiliki frekuensi tinggi.

2.5.2 Karakteristik Kabel Koaksial

Kabel koaksial memakai dua konduktor dengan pusat inti kawat padat yang dikelilingi sekat dan dililit kembali dengan kawat berselaput konduktor. Berikut adalah karakteristik kabel koaksial selengkapnya :

- a. Kabel tembaga (*centre core*) : ada di tengah-tengah yang berguna untuk media konduktor listrik.
- b. Lapisan plastik (*dielectric insulator*) : berguna untuk memisahkan kabel tembaga serta lapisan metal yang menyelubungi.
- c. Lapisan metal (*metallic shield*) : berguna untuk melindungi dari gangguan interferensi elektromagnetik dari sekeliling kabel.
- d. Lapisan plastik (*plastic jacket*) : merupakan lapisan terluar yang berguna untuk melindungi bagian luar kabel.

Selain 4 komponen yang sudah dijelaskan di atas, karakteristik kabel koaksial ini juga bisa diklasifikasikan seperti berikut :

- a. Biaya rata-rata per node terjangkau.

- b. Kecepatan serta keluaran transmisi data 10 hingga 100 Mbps.
- c. Media serta ukuran konektor medium yakni tidak terlalu kecil namun juga tidak terlalu besar.
- d. Panjang kabel maksimal adalah 500 meter.

2.6 Kabel Koaksial 50 Ohm

Kabel koaksial 50 Ohm dikenal sebagai kabel koaksial *baseband* memiliki impedansi karakteristik 50 Ohm.

2.6.1 Kabel Koaksial RG-58



Gambar 2.7 Kabel Koaksial RG-58

(Sumber : Nurhadi Budi Santoso:2013)

Kabel koaksial RG-58 dengan inti padat 50 Ohm. Kabel ini memiliki kerugian daya yang kecil dan sangat berguna untuk aplikasi seperti instalasi antena seluler. Kabel coaxial RG-58 memiliki lapisan jaket paling luar berwarna putih, hitam atau abu-abu.

RG-58/U adalah jenis kabel koaksial yang sering digunakan untuk sinyal daya rendah dan koneksi RF. Kabel ini memiliki impedansi karakteristik baik 50 Ohm atau 52 Ohm. “RG” awalnya indicator satuan untuk kabel RF massal di *Joint Electronics*, tipe penunjukan sistem militer AS. Ada beberapa versi yang meliputi perbedaan bahan inti (padat atau dikepang kawat) dan perisai (cakupan 70% sampai 95%).

Diameter luar RG-58 adalah sekitar 0,2 inci (5mm). RG-58 menunjukkan sekitar 25 pF/ft (82 pF/m) kapasitansi dan dapat mentolerir maksimum 300 V potensial (1800 W). plain RG-58 kabel memiliki pusat konduktor padat. RG-58A/U memiliki 7 atau 19 pusat untai konduktor fleksibel.

2.6.1.1 Spesifikasi Fisik Kabel Koaksial RG-58

Pusat konduktor padat tembaga terbuka, 1.02mm yang dilapisi dengan bahan *polyethylene* berbusa. Penghantar luar yang berupa kawat serabut berupa serabut aluminium. Keseluruhan serabut tembaga, dengan cakupan 95%. Lapisan jaket terluar dari bahan *polyethylene* (PE), dengan diameter luar 4.95mm.

2.6.1.2 Spesifikasi Teknik Kabel Koaksial RG-58

- a. Bengkokan minimum dengan radius 12.7mm.
- b. Berat 3 kg per 100 meter.
- c. Suhu operasional -40° sampai dengan $+85^{\circ}$ C.

2.6.1.3 Spesifikasi Listrik

- a. Impedansi 50 Ohm
- b. Nominal kapasitansi 79.7 pF/m.
- c. Kecepatan perambatan 80%.

2.6.2 Kabel Koaksial RG-58A/U



Gambar 2.8 Kabel Koaksial RG-58A/U

(Sumber : Nurhadi Budi Santoso:2013)

Kabel koaksial RG-58A/U 50 Ohm cocok untuk aplikasi daya rendah dan dalam rentang frekuensi yang lebih rendah.

2.6.2.1 Spesifikasi Fisik Kabel Koaksial RG-58A/U

Inti konduktor berupa serabut tembaga dalam 19 untaian, masing-masing 0.18mm. bahan *polyethylene* dielektrik (PE) menjadi isolator dari inti konduktor. Di lapisan berikutnya adalah keping tembaga sebagai penghantar luar dan pada lapisan paling luar berupa jaket PVC 4.95mm.

2.6.2.2 Spesifikasi Teknik

- a. Minimum bengkokan pada radius 12.7mm dengan berat 3kg per 100 meter.
- b. Suhu operasional -40°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$

2.6.2.3 Spesifikasi Listrik

- a. Impedansi 50 Ohm
- b. Nominal kapasitansi 93.5 pF/m.
- c. Kecepatan perambatan 66%.

2.6.3 Kabel Koaksial RG174A/U *Teflon Insulated Miniatur 50 Ohm*



Gambar 2.9 Kabel Koaksial RG174A/U *Teflon Insulated Miniatur 50 Ohm*

(Sumber : Nurhadi Budi Santoso:2013)

Kabel koaksial RG174A/U adalah 50 Ohm berguna untuk frekuensi hingga 1GHz. Penggunaan secara khusus untuk sambungan elektronik dan peralatan telekomunikasi atau alat ukur instrument.

2.6.3.1 Data Fisik

- a. Inti konduktor : tembaga berlapis 7 untai baja, 0.48mm
- b. Dielektrik : *Polyethylene* (PE), 1.48mm
- c. Anyaman : berlapis tembaga
- d. *Jacket* : *Black PVC*, diameter luar 2.80mm

2.6.3.2 Spesifikasi Teknik

- a. Minimum band radius 15.0 mm
- b. 1.2 kg berat per 100 meter
- c. Suhu operasional -40°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$

2.6.3.3 Spesifikasi Listrik

- a. Impedansi 50 Ohm
- b. Nominal kapasitansi 100,7 pF/m
- c. Kecepatan penjalaran 66%

2.7 Faktor Kecepatan (VF)

Pada dasarnya kabel koaksial antenna akan *match* atau resonansi jika bekerja pada frekuensi kerjanya apabila kabel tersebut mempunyai panjang dari kelipatan $\frac{1}{2} \lambda$ dari frekuensi kerjanya karena jika panjang kabel tersebut tidak sesuai dengan frekuensi kerjanya, maka akan adanya kesulitan dalam usaha *matching* dengan antenna. Di bawah ini merupakan Tabel Data *Velocity Factor* (Vf) Kabel koaksial.

Tabel 1. VF (Velocity Factor) 1

Tipe	VF
RG-6/U PE (Belden 8215)	66.0
RG-6/U Foam (Belden 9290)	81.0
RG-8/U PE (Belden 8237)	66.0
RG-8/U Foam (Belden 8214)	78.0
RG-8/U (Belden 9913)	84.0
RG-8X (Belden 9258)	82.0
RG-11/U Foam HDPE (Belden 9292)	84.0
RG-58/U PE (Belden 9201)	66.0
RG-58A/U Foam (Belden 8219)	73.0
RG-59A/U PE (Belden 8241)	66.0
RG-59A/U Foam (Belden 8241F)	78.0
RG-174 PE (Belden 8216)	66.0
RG-174 Foam (Belden 7805R)	73.5
RG-213/U (Belden 8267)	66.0

(Sumber : febo.com)

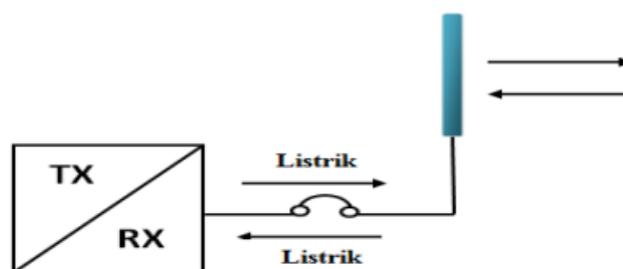
2.8 Antena

Antena adalah komponen yang dirancang untuk mentransmisikan atau menerima gelombang elektromagnetik. Energi listrik dari antena Pemancar kemudian diubah menjadi gelombang elektromagnetik oleh antena. Gelombang ini lalu dipancarkan di luar ruangan. Untuk penerima akhir Gelombang elektromagnetik diubah menjadi energi listrik Dengan antena. Antena adalah batang konduktor yang membawa listrik.

Listrik yang menimbulkan induksi magnet dan medan magnet yang kuat. Oleh karena itu, secara umum antena dapat diartikan sebagai perangkat listrik. Dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik Kemudian mengirimkannya ke ruang kosong atau sebaliknya, kemudian mengubah gelombang elektromagnetik dari luar angkasa menjadi sinyal Listrik.

Panjang antena untuk radiasi efektif tergantung pada frekuensi Sinyal transmisi. Antena pendek untuk frekuensi tinggi dan antena panjang untuk frekuensi rendah. Antena memiliki 3 fungsi pokok, yaitu :

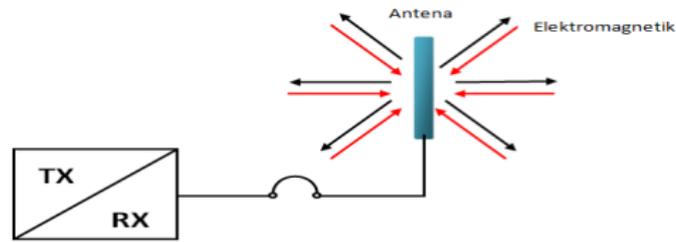
1. Antena bertindak sebagai konverter. Ini harus menjadi konverter. Antena mengubah bentuk sinyal listrik ke Sinyal elektromagnetik.



Gambar2.10 Antena Sebagai Konverter

(Sumber : M.Hajar Wardana:2006)

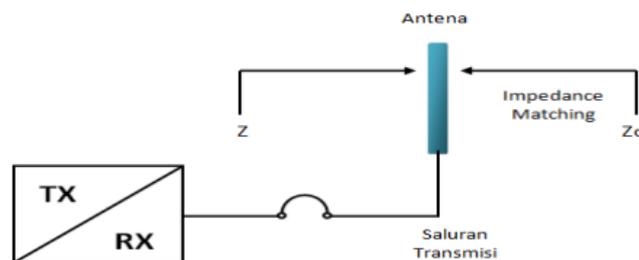
2. Antena berfungsi sebagai radiator. Radiatornya adalah Antena memancarkan (memancarkan) gelombang elektromagnetik Ke udara sekitar. Jika tidak (antena menerima atau 6 Menangkap energi radiasi elektromagnetik dari udara bebas), Dalam hal ini, fungsi ini disebut reradiator.



Gambar 2.11 Antena Sebagai Radiator/Re-diator

(Sumber : M.Hajar Wardana:2006)

3. Antena bertindak sebagai *matching impedance*. Ini disebut *matching impedance* karena antena selalu melakukan ini. Sesuaikan impedansi sistem. Sistem yang dimaksud adalah saluran Transmisi dan udara bebas. Antena cocok dengan impedansi karakteristik saluran Dengan resistensi pembuatan gelombang udara.



Gambar 2.12 Antena Sebagai *Matching Impedance*

(Sumber : M.Hajar Wardana:2006)

2.8.1 Antena *Directional*

Antena *Directional* adalah antena yang dapat digunakan sebagai pemancar dan juga sebagai penerima, tapi hanya memiliki polarisasi ke arah tertentu atau satu arah saja.

2.8.2 Antena *Omnidirectional*

Antena *Omnidirectional* adalah antena yang digunakan sebagai pemancar dan memiliki polarisasi ke segala arah atau 360 derajat. Keuntungan dari antena jenis ini adalah dapat melayani jumlah pengguna yang lebih banyak dan biasanya digunakan untuk posisi pengguna yang melebar. Kesulitannya adalah pada

pengalokasian frekuensi untuk setiap sel agar tidak terjadi interferensi. Antena jenis ini biasanya digunakan untuk posisi pelanggan yang melebar.

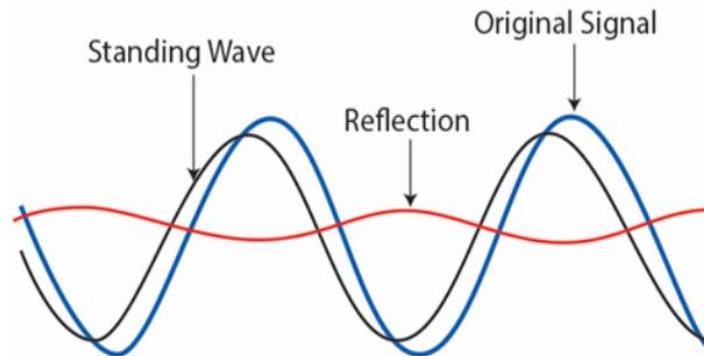
Direktivitas antena *omnidirectional* berada dalam arah vertikal. Bentuk pola radiasi antena *omnidirectional* digambarkan seperti bentuk kue donat dengan pusat berimpit. Kebanyakan antena ini mempunyai polarisasi vertikal, meskipun tersedia polarisasi horizontal. Antena *omnidirectional* dalam pengukuran sering digunakan sebagai pembanding terhadap antena yang lebih kompleks. Contoh antena *omnidirectional* antara lain antena *dipole*, antena *brown*, antena *coaxial*, antena *super-turnstile*, antena *groundplane*, antena *collinear*, antena *slotwave guide* dan lain- lain.



Gambar 2.13 Antena *Omnidirectional*

2.9 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio atau VSWR ini terjadi ketika terdapat impedansi yang tidak sesuai atau istilah *unmatch*. Ketidaksesuaian impedansi mengakibatkan bahwa impedansi alat yang satu dengan yang lain mempunyai perbedaan baik impedansi yang lebih kecil maupun yang lebih besar dari pada alat yang terhubung. Ketidaksesuaian ini juga menyebabkan sinyal RF yang terpantul dan kehilangan energi maju melalui sebuah sistem sehingga beberapa dayanya terpantulkan dan kembali ke pengirim. Untuk mengetahui gambar gelombang berdiri yang merambat pada suatu saluran dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 VSWR

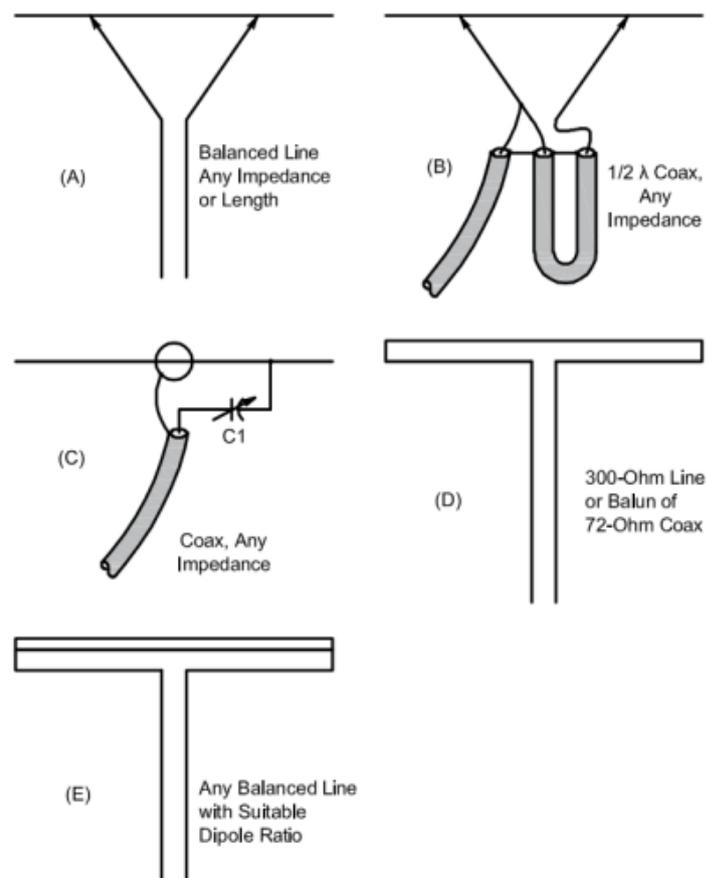
(Sumber : wordpress.com)

Kualitas penyesuaian impedansi ditunjukkan oleh nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR). Jika didapatkan nilai VSWR yang tinggi maka akan menunjukkan bahwa sinyal yang dipantulkan bahkan lebih besar dari sinyal yang dikirimkan oleh antenna. Sebuah antenna mikrostrip dapat bekerja dengan baik jika berada pada nilai $VSWR \leq 2$ atau $\text{return loss} \leq -10\text{dB}$. Nilai VSWR yang paling ideal adalah $VSWR = 1$. Semakin nilai VSWR mendekati angka 1 maka sinyal yang akan dilewatkan ke antenanya akan semakin optimal. Untuk mempelajari proses memperbaiki nilai VSWR tersebut maka dirancanglah modul penyesuaian impedansi yang akan digunakan pada mata kuliah saluran transmisi yaitu dengan menggunakan teknik penyesuaian impedansi dengan metode single stub dengan dirancang secara seri dan paralel.

Perbandingan gelombang-berdiri tegangan (*voltage standing wave ratio* = VSWR) dapat mempunyai nilai dari satu sampai takterhingga, jadi, $1 \leq VSWR \leq \infty$. VSWR yang ideal seharusnya sama dengan satu, karena ini merepresentasikan suatu keadaan yang disesuaikan (*matched*), dan pengaturan-pengaturan praktis pada saluran transmisi RF sering ditunjukkan untuk membuat VSWR yang minimum. VSWR selalu suatu bilangan nyata (yaitu, bilangan yang tidak mempunyai bagian khayal).

2.10 Matching Impedance

Dalam *matching* impedansi antara antenna dengan saluran transmisi untuk frekuensi VHF maupun UHF dikenal 3 cara, yaitu *Delta Match*, *Gamma Match*, dan *Folded Dipole*



Gambar 2.15 Cara *Matching Impedance*

(Sumber : Nurhadi Budi Santoso:2013)

1. *Delta Match*

Mungkin *matching* impedansi yang pertama kali dibuat adalah dengan tapping pada kawat terbuka dengan panjang kawat sepanjang setengah gelombang. Kemudian dikembangkan pengumpan antenna kawat setengah gelombang di *feed point* di tengah antara ujung antenna dan membentuk simbol delta. Hal ini seperti terlihat pada gambar 2.15A dan 2.15B.

Dalam metode *delta match* ini kita tidak perlu mengetahui besaran impedansinya, yang terpenting dengan mengatur besaran *delta match* dengan melebarkan atau mengecilkan bentuk delta pada *feed point* dan mendapatkan penunjukan SWR yang rendah.

2. *Gamma Match*

Gamma match dapat dilihat pada gambar 2.15C. titik tengah dari kawat atau elemen antenna setengah panjang gelombang merupakan titik yang netral. Pada titik inilah kabel luar serabut yang ada pada kabel koaksial disambungkan ke elemen antenna, yang mana akan juga tersambung dengan boom antenna baik terbuat dari bahan metal maupun bukan konduktor. Sementara inner (kawat tengah) kabel koaksial dihubungkan ke elemen *matching point*. Hal ini seolah-olah membentuk kapasitor C1.

Kapasitor C1 seolah merupakan kapasitor variable, yang mana dapat diatur nilai kapasitansinya menyesuaikan kebutuhan. Untuk bekerja di frekuensi 50 Mhz maka membutuhkan nilai kapasitansi sekitar 100 pF, dan 35 pF sampai dengan 50 pF jika bekerja di frekuensi 144 Mhz.

Untuk menghubungkan bagian *gamma match* dengan elemen *driven* dibutuhkan sebuah *sliding clamp*. Dengan demikian untuk mengatur nilai kapasitansi cukup menggeser-geser kedudukan *sliding clamp* sampai didapatkan penunjukan SWR yang rendah.

3. *Folded Dipole*

Impedansi di titik tengah dari *feed point* dipole setengah gelombang bernilai sekitar 72 Ohm. Jika konduktor tunggal dengan ukuran sembarang dilipat untuk membuat *folded dipole* setengah gelombang seperti terlihat pada gambar 2.15D, maka impedansinya akan meningkat 4 kali lipat menjadi 300 Ohm. Dengan demikian langsung dapat di umpan dengan kabel line yang berimpedansi sekitar 300 Ohm tanpa menggunakan penyesuai impedansi (balun).

Apabila diumpan dengan kabel berimpedansi 70 Ohm sampai 75 Ohm maka diperlukan penyesuaian impedansi dengan perbandingan 4:1. Impedansi lebih tinggi bisa disiasati dengan menambahkan satu kaat tambahan seperti terlihat pada gambar 2.15E.

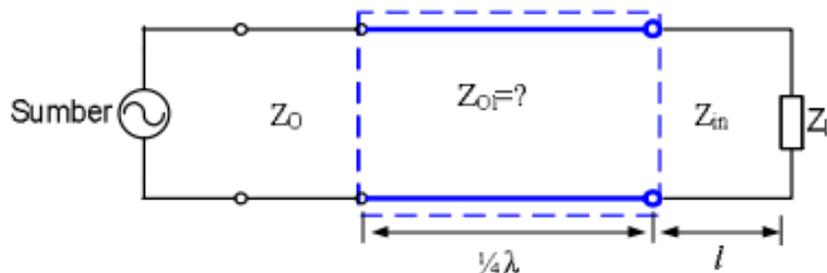
2.10.1 Teknik Penyesuaian Impedansi (*Matching Impedance Technique*)

Tujuan utama dari penyesuaian impedansi adalah untuk menyesuaikan impedansi satu ke impedansi lain agar terjadi suatu konektivitas antar media, media yang dimaksud adalah suatu rangkaian yang dapat berupa sebuah sumber, saluran transmisi dan beban ataupun penerima.

Apabila kedua media tersebut impedansinya tidak sama, maka akan terdapat daya yang dipantulkan yang dapat mengurangi daya yang dikirimkan, mengakibatkan daya yang akan sampai pada penerima menjadi sangat kecil dan kemungkinan tidak terdeteksi oleh penerima. Oleh sebab itu untuk mengeliminasi refleksi akibat perbedaan impedansi beban dengan impedansi gelombang, teknik yang digunakan adalah teknik penyamaan/penyesuaian impedansi (*impedance matching techniques*) dengan prinsip kerja menyisipkan sebuah rangkaian *matching* di antara beban dan saluran transmisi yang akan di pasang.

2.11 Metode Saluran Trafo $\frac{1}{4} \lambda$

Metode saluran trafo $\frac{1}{4} \lambda$ adalah salah satu metode penyesuaian impedansi dimana sebagai penyesuaian impedansi digunakan saluran dengan panjang $\frac{1}{4} \lambda$ dengan menentukan harga impedansi karakteristik sedemikian rupa sehingga dicapai penyesuaian impedansi dari dua media yang dihubungkan. Pada Gambar 2.16 dapat dilihat contoh dari saluran $\frac{1}{4} \lambda$ dengan impedansi karakteristik Z_0 yang digunakan sebagai penyesuaian impedansi yang menghubungkan impedansi sumber ke beban.



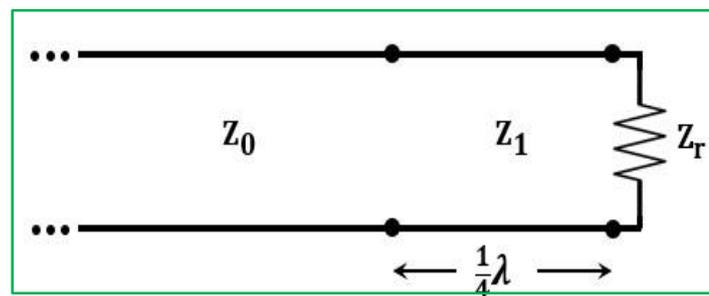
Gambar 2.16 Penyesuaian Impedansi Menggunakan Saluran $\frac{1}{4} \lambda$.

(Sumber : Mudrik Alaydrus:2009)

Karena untuk mendapatkan saluran dengan impedansi karakteristik kompleks dengan harga tertentu sangat sulit, maka penyesuaian impedansi saluran $\frac{1}{4} \lambda$ ini akan lebih baik jika digunakan untuk menyesuaikan dua media yang mempunyai impedansi resistif murni, karena yang dibutuhkan adalah saluran dengan panjang $\frac{1}{4} \lambda$ dan dengan impedansi karakteristik murni atau berarti bahwa saluran yang diperlukan adalah saluran tanpa rugi-rugi. Perlu diingat bahwa agar didapat saluran tanpa rugi-rugi, maka frekuensi kerja yang digunakan harus relative cukup tinggi. Biasanya saluran $\frac{1}{4} \lambda$ ini digunakan untuk penyesuaian impedansi antara dua saluran transmisi tanpa rugi-rugi yang berbeda impedansi karakteristik.

2.12 Saluran $\frac{1}{4}$ Panjang Gelombang Sebagai *Matching Impedance*

Saluran dengan panjang $\frac{1}{4}$ panjang gelombang berfungsi sebagai “*transformer*” untuk menyepadankan beban Z_r ke impedansi sumber (masukan) Z_s .

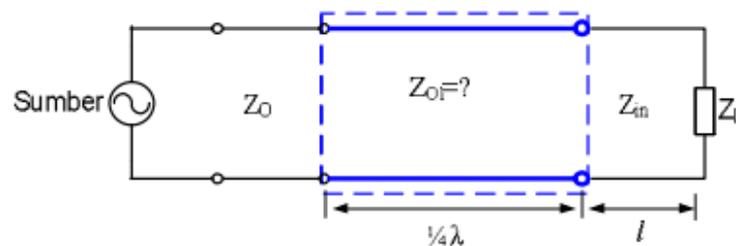


Gambar 2.17 Saluran $\frac{1}{4}$ Panjang Gelombang

(Sumber : Mudrik Alaydrus:2009)

Saluran dengan panjang $\frac{1}{4} \lambda$ juga berfungsi sebagai *Inverter Impedansi*, artinya dapat mentransformasikan impedansi yang rendah menjadi tinggi atau sebaliknya, dari impedansi yang tinggi ditransformasikan ke impedansi rendah. Dalam penerapan saluran $\frac{1}{4} \lambda$ dipakai untuk penyepadaman saluran transmisi ke antenna (resistif). Jadi impedansi antenna R_A yang ingin disambungkan dengan suatu saluran yang mempunyai karakteristik R_0 ($\neq R_A$), harus dihubungkan dengan saluran yang panjang $\frac{1}{4} \lambda$ dan impedansinya $(R_0 R_A)^{1/2}$.

2.13 Proses *Matching* dengan Beban Tidak Riil/Kompleks



Gambar 2.18 Proses *Matching* dengan beban tidak riil/kompleks

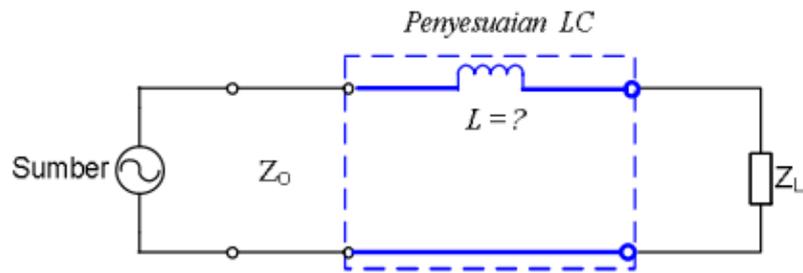
(Sumber : Mudrik Alaydrus:2009)

Pada beban impedansi tidak riil, beban akan dijadikan riil dengan menambahkan suatu saluran transmisi dan diputakan sampai impedansi beban itu ke posisi tegangan maksimum (pada sumbu riil positif), atau ke posisi tegangan minimum (pada sumbu riil negatif).

2.14 Metode Rangkaian LC

Selain menggunakan saluran transmisi, metode penyesuaian impedansi dapat pula dilakukan dengan menggunakan rangkaian yang terdiri dari komponen L dan C dalam konfigurasi L dan dipasang seri dengan kedua media yang akan disesuaikan impedansinya. Bila impedansi kedua media tersebut adalah resistansi murni, maka penyesuaian dilakukan dengan memakai komponen reaktansi murni sehingga tidak timbul kerugian daya dalam rangkaian penyesuaian impedansi tersebut.

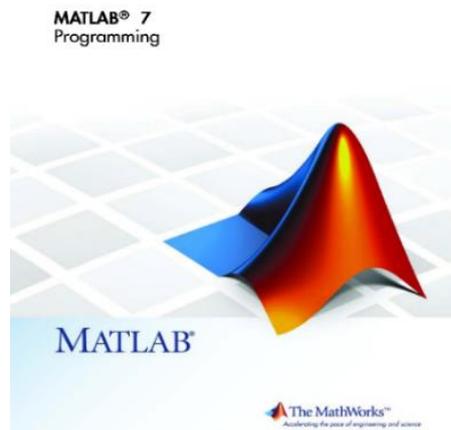
Tetapi bila impedansi kedua media tidak resistansi murni, maka penyesuaian impedansi akan mengandung komponen resistansi pula sehingga akan timbul kerugian daya didalam rangkaian matching impedansi tersebut. Oleh karena itu bila impedansi media tersebut tidak resistansi murni, komponen reaktansi dalam media tersebut harus dieliminir dengan cara memasang komponen reaktansi. Sehingga harga reaktansi media tersebut sama dengan nol.



Gambar 2.19 Penyesuaian Impedansi dengan Rangkaian LC.

(Sumber : Mudrik Alaydrus:2009)

2.15 Matlab



Gambar 2.20 Aplikasi Matlab

(Sumber : pemrogramanmatlab.com)

Dalam perancangan laporan akhir ini bahasa komputer yang akan digunakan untuk membuat program penyesuaian impedansi adalah Matlab. Matlab adalah platform pemrograman yang menggunakan bahasa berbasis matriks sehingga umumnya digunakan untuk menganalisis data, membuat algoritma, serta menciptakan pemodelan dan aplikasi.

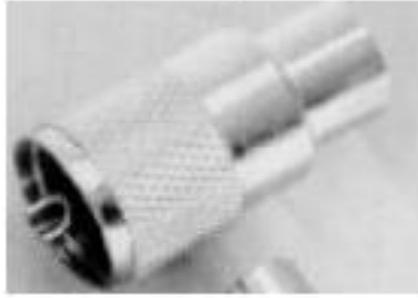
Pertama dirilis di tahun 1970 oleh *MathWorks*, Matlab adalah salah satu platform yang paling banyak digunakan untuk mengolah angka dan bahasa pemrograman. Ada banyak sekali hal yang kamu bisa lakukan dengan Matlab, khususnya yang terkait dengan ilmu di bidang teknik, matematika, dan sains.

2.16 Konektor Frekuensi HF dan VHF

Tipe konektor : HF dan VHF

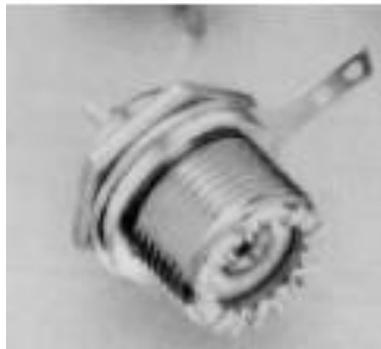
Nama lain : PL-259 SO-239

Frekuensi kerja sampai 300 Mhz atau kurang.



Gambar 2.21 Konektor VHF *Female*

(Sumber : Nurhadi Budi Santoso:2013)



Gambar 2.22 Konektor VHF *Male*

(Sumber : Nurhadi Budi Santoso:2013)

Konektor jenis HF dan VHF dibuat pada awal 1930-an , saat teknologi HF/VHF cukup baru. Dahulu VHF yang dalam banyak eksperimen radio amatir, sebagian besar dengan alasan teknik mulai bereksperimen dan bekerja di daerah perbatasan VHF sekitar 1926. Segera setelah itu mulai berkembang ke radio FM dan televisi maka mulai dipakai dan dinamakan kelompok konektor VHF.

Produsen konektor VHF dan pengguna semua menyatakan bahwa korektor jenis ini pada umumnya memiliki impedans karakteristik tidak konstan dan cocok

untuk digunakan hingga 200 atau 300 Mhz saja, tergantung pada kualitas produksi. Mereka juga menyatakan bahwa konektor HF/VHF dapat digunakan hingga 500 Mhz dengan kinerja yang berkurang. Konektor VHF sebelumnya memang sebenarnya sama sekali tidak cocok untuk digunakan di atas 300 Mhz. Mungkin pengecualian untuk ini akan terjadi bila sistem murah dan kasar diperlukan di mana kerugian dan sinyal yang baik untuk radio kebisingan adalah sedikit perhatian. Namun, bahkan untuk frekuensi serendah 144 Mhz, jika kerugian yang rendah dan sinyal yang baik untuk rasio kebisingan sangat diinginkan, penggunaan jenis VHF konektor tidak dianjurkan.

Konektor VHF masih memiliki tempat dalam banyak aplikasi di mana konektor RF yang kuat tapi ekonomis diperlukan, tetapi untuk aplikasi serius penggunaannya harus dibatasi dibawah 100 Mhz. Tipe N jauh lebih unggul dalam kinerja, dan juga harus dicatat konektor jenis BNC mirip dalam kinerja dengan jenis N, tetapi memiliki kelemahan.

1.17 Konektor SMA

SMA 3,5 mm atau APC – 3.5 , WSMA , 2.92 mm.



Gambar 2.23 Konektor SMA

(Sumber : Nurhadi Budi Santoso:2013)

Konektor SMA adalah jenis umum dan murah, tetapi kurangnya presisi mempengaruhi daya tahan dan kinerja, dapat menyebabkan keausan meningkat ketika di sambungkan dengan lainnya (presisi) konektor. SMA konektor hanya

dinilai untuk jumlah yang sangat terbatas dari siklus koneksi dan harus diperiksa sebelum setiap penggunaan. Sebuah konektor SMA standar dirancang untuk interkoneksi menjadi 12,4 GHz. Untungnya, SMA yang baik adalah dapat digunakan untuk 18 GHz disebagian besar kabel, dan jika dibangun dengan baik dengan kerugian yang lebih besar dan kembali kerugian yang lebih rendah untuk 24 GHz.

