

PERANCANGAN SIMULASI SMITH CHART UNTUK IMPEDANCE MATCHING

SUWANTO, L2F 305 243

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Semarang
Email : swan_13gusti@yahoo.co.id

Dalam dunia telekomunikasi permasalahan yang sering dihadapi adalah cara penyampaian informasi dari titik ke titik informasi. Media saluran transmisi merupakan salah satu cara yang umum digunakan dalam teknologi telekomunikasi. Agar penyampaian informasi berjalan dengan baik maka informasi yang disampaikan melalui saluran transmisi harus berjalan semaksimal mungkin. Diperlukan adanya penyesuaian antara beban saluran transmisi untuk mendapatkan komunikasi yang maksimal. Kendala yang dihadapi dalam perhitungan manual adalah memerlukan proses yang rumit dan kurang efisien.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang matching impedance dengan metode trafo $\frac{1}{4} \lambda$, metode LC dan metode single stub. Pada metode trafo $\frac{1}{4} \lambda$, metode LC dan metode single stub dilakukan analisis dengan memberikan variasi Z_0 , Z_L , dan untuk metode rangkaian LC dengan memberikan penambahan variasi frekuensi dan variasi pada L . Alat bantu utama yang digunakan dalam matching impedance adalah smith chart. Dengan menggunakan simulasi program smith chart, maka diharapkan dapat menghasilkan perhitungan yang lebih cepat dan tepat dibandingkan dengan cara manual.

Pengujian hasil simulasi program smith chart yang dibuat dalam tugas akhir ini dapat melakukan analisa dan tampilan secara grafis, sehingga mudah digunakan secara interaktif. Hasil pengujian yang sudah dilakukan, terdapat sedikit perbedaan hasil perhitungan antara manual dan program.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam saluran transmisi untuk saluran komunikasi, masalah penyesuaian impedansi merupakan permasalahan yang amat penting, agar impedansi antara dua media atau dua rangkaian yang berhubungan dapat berfungsi dengan baik. Dengan dilakukan penyesuaian impedansi, maka pantulan yang terjadi dapat diperkecil sehingga transfer daya dapat berjalan semaksimal mungkin (*maximum power transfer*), yang secara umum dapat dikatakan bahwa bila diantara dua media yang berbeda impedansinya dipasang rangkaian penyesuai impedansi, maka harga impedansi media satu bila dilihat dari sisi penyesuai impedansi yang dihubungkan dengan media tersebut sama dengan harga *conjugate* impedansi media yang lain.

Penyesuaian impedansi saluran mempunyai kaitan yang erat dengan impedansi karakteristik saluran dan komponen (*attenuasi/redaman*) yang keduanya ditentukan oleh adanya komponen R , L , C dan G dalam saluran. Pada saluran *lossless* tidak mengandung komponen α (konstanta redaman). Adanya komponen α ini mempengaruhi analisa penyesuaian impedansi karena itu dalam analisis penyesuaian impedansi dibagi dua bagian :

1. penyesuaian impedansi untuk saluran *lossless*
2. penyesuaian impedansi untuk saluran *lossy*

Adapun metode yang dapat dilakukan dan yang akan dibahas dalam penyesuaian impedansi adalah trafo $\frac{1}{4} \lambda$, rangkaian LC dan *single stub*.

Selama ini dalam pengamatan penyesuaian impedansi digunakan cara yang manual. Untuk maksud analisa penyesuaian impedansi disini umumnya digunakan *Smith Chart* dan untuk mendapatkan ketelitian yang baik dan dalam waktu yang singkat

maka perlu digunakan bantuan komputer. Pada tugas akhir ini dicoba menggunakan perangkat lunak MATLAB *version* 7.0.1. Diharapkan dengan dibuatnya perangkat lunak ini dapat digunakan sebagai pembelajaran mengenai saluran transmisi.

1.2 Tujuan

Hasil yang diharapkan pada proyek akhir ini adalah sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menganalisis penyesuaian impedansi pada saluran transmisi dengan menggunakan metode analisis dan metode grafis (*Smith Chart*).

1.3 Pembatasan Masalah

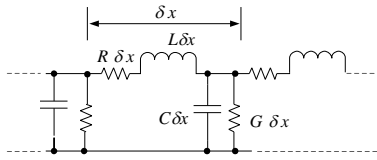
Permasalahan dari tugas akhir ini dibatasi pada penyesuaian impedansi saluran transmisi *lossless* dengan metode trafo $\frac{1}{4} \lambda$, metode LC dan metode *single stub*. Pada metode rangkaian LC hanya menggunakan analisis rangkaian L saja. Sedangkan bahasa komputer yang digunakan untuk membuat program penyesuaian impedansi adalah MATLAB *version* 7.0.1.

II. DASAR TEORI

2.1 Saluran Transmisi

Dilihat dari sudut rangkaian, suatu saluran transmisi 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. Parameter R , L , G , dan C yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dikenal sebagai 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.



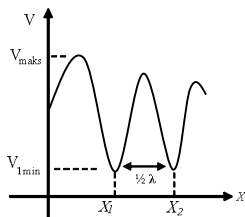
Gambar 2.1 Pendekatan-pendekatan rangkaian untuk suatu potongan pendek δx dari saluran transmisi

2.2 VOLTAGE STANDING WAVE RATIO^[2]

Perbandingan gelombang-berdiri tegangan (*voltage standing wave ratio* = *VSWR*) didefinisikan sebagai berikut :

$$VSWR = \frac{V_{maks}}{V_{min}}$$

Dimana kuantitas V_{maks} dan V_{min} adalah seperti ditunjukkan gambar 2.2 saluran dimisalkan tanpa-rugi sehingga semua maksima mempunyai nilai yang sama, V_{maks} , dan semua minima mempunyai nilai V_{min} .



Gambar 2.2 Gelombang berdiri tegangan (VSW).

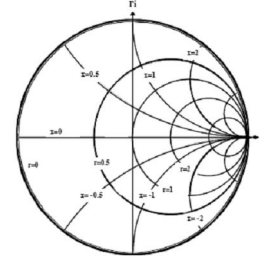
VSWR dapat mempunyai nilai dari satu sampai takterhingga, jadi, $1 \leq VSWR \leq \infty$. *VSWR* yang ideal seharusnya sama dengan satu, karena ini merepresentasikan suatu keadaan yang disesuaikan (*matched*), dan pengaturan-pengaturan praktis pada saluran transmisi *RF* sering ditunjukkan untuk membuat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

2.3 Smith chart^[3]

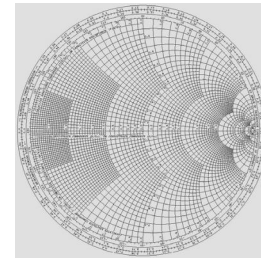
Dalam menganalisa persoalan saluran transmisi, seringkali dihadapkan pada perhitungan-perhitungan dengan bilangan kompleks yang sangat banyak. Hal ini akan menyebabkan relatif lebih banyak waktu dan tenaga diperlukan untuk memecahkan persoalan dengan dasar bilangan kompleks tersebut, dibanding dengan perhitungan pada operasi dengan bilangan nyata. Untuk membantu pemecahan tersebut, dapat digunakan suatu peta (*chart*), yang dikenal dengan **Peta Smith** atau **Smith Chart**.

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 3 Kombinasi bagian riil(r) dan bagian imajiner(x) yang tergambar pada domain $|\Gamma| \leq$



Gambar 4 Gambar peta smith (*smith chart*).

2.4 Penyesuaian Impedansi

Tujuan utama dari 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.

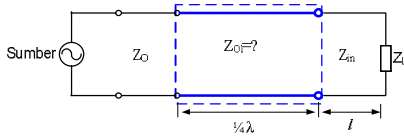
Biasanya impedansi kedua media yang dihubungkan dibuat '*fixed*' (tetap) sehingga tidak mungkin merubah impedansi salah satu media untuk disesuaikan dengan lainnya agar didapatkan penyaluran daya maksimum. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dipasang suatu peralatan yang dapat mentransformasikan impedansi yang satu menjadi sama dengan impedansi media yang lainnya. Peralatan tersebut diberi nama penyesuai impedansi.

Ada beberapa macam metode penyesuaian impedansi dan yang akan dibahas disini adalah metode: saluran *trafo* $\frac{1}{4} \lambda$, rangkaian *LC* dan *single stub*.

2.5 Metode Saluran Trafo $\frac{1}{4} \lambda$ ^[3]

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 matching impedansi dari dua media yang dihubungkan. Pada Gambar 2.5 dapat dilihat contoh dari saluran $\frac{1}{4} \lambda$ dengan impedansi karakteristik Z_0 yang digunakan

sebagai matching impedansi yang menghubungkan impedansi sumber ke beban.



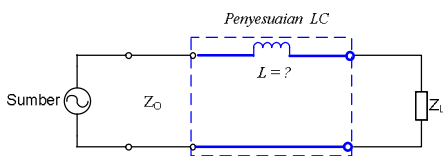
Gambar 5 Matching impedansi menggunakan saluran $1/4 \lambda$.

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

2.6 Metode Rangkaian LC^[2]

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.

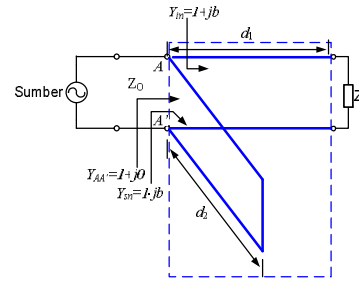


Gambar 6 Penyesuaian Impedansi dengan Rangkaian RL

2.7 Metode Single Stub^[2]

Penyesuai stub sering disebut sebagai bagian dari saluran transmisi yang biasanya impedansi karakteristiknya 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 d yang diukur dari salah satu media, sehingga didapatkan penyesuaian impedansi. Lebih jelasnya dilihat pada Gambar 2.7. dibawah ini :



Gambar 7 Penyesuaian impedansi *single stub*

III. PERANCANGAN PROGRAM

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang perancangan pembuatan *smith chart* GUI dengan menggunakan GUIDE.

3.1 Penggunaan Smith Chart

Penyelesaian masalah dengan menggunakan peta Smith 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 peta Smith tersebut. Semakin presisi kita memetakan dan mentransformasi titik-titik tersebut, semakin akurat pula hasil yang kita peroleh. Di bawah ini diberikan contoh-contoh penggunaan peta Smith dalam saluran transmisi.

3.1.1 Menormalisasi Beban

Setiap impedansi/admitansi yang dipetakan pada peta ini harus dinormalisasikan terhadap impedansi karakteristik saluran Z_0 , dan digunakan notasi z (huruf kecil) untuk impedansi yang telah dinormalisir tersebut. Jika suatu impedansi dinyatakan dengan $Z = R + jX$, maka normalisasi impedansi tersebut menjadi :

$$z = \frac{Z}{Z_0} = \frac{R + jX}{Z_0} = r + jx(\Omega) \quad (3-1)$$

3.1.2 Transformasi Impedansi ke Admitansi

Dalam menyelesaikan masalah saluran transmisi, sering kali kita bekerja dari impedansi ke admitansi atau sebaliknya. Impedansi Z sering kali dinyatakan secara kompleks, yaitu terdiri dari resistansi R dan reaktansi X . Admitansi Y merupakan kebalikan dari Z , yaitu:

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + jX} = \frac{R - jX}{R^2 + X^2} (S) \quad (3-2)$$

3.2 Penyesuaian Impedansi Saluran Transmisi *Lossless*

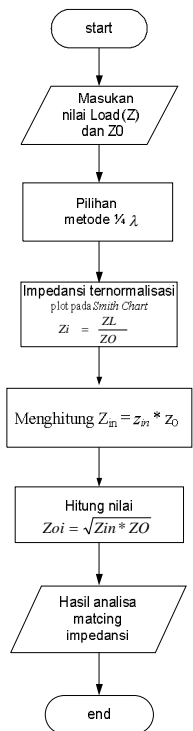
Untuk membahas saluran transmisi *lossless* ini, semua saluran transmisi yang ada dalam pembahasan, baik yang dipakai sebagai penyesuaian impedansi (misalnya dipakai untuk *stub*) atau sebagai media yang akan disesuaikan merupakan saluran transmisi *lossless*.

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

Dalam perencanaan secara grafis, untuk menentukan harga impedansi karakteristik saluran *trafo* $\frac{1}{4} \lambda$ digunakan *smith chart* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menormalisasi Z_L terhadap Z_0 diperoleh $z_1 = Z_L / Z_0$, dan diplot pada *smith chart*.
2. Memutar z_1 ke arah generator sampai memotong sumbu riil (*resistif*), diukur panjang putaran, diperoleh l .
3. Perpotongan pemutaran z_1 terhadap sumbu riil tersebut adalah impedansi saluran (ternormalisasi).
4. Harga Z_{oi} diperoleh dengan :

$$Z_{oi} = \sqrt{Z_{in} \cdot Z_0}$$



Gambar 8 Flowchart metode saluran *trafo* $\frac{1}{4} \lambda$

3.2.2 Metode Rangkaian LC

Penyesuaian impedansi ini diperoleh dengan memasang rangkaian L atau C yang dipasang secara seri atau paralel. Prinsip utama dari penyesuaian impedansi ini adalah menggeser impedansi beban (ternormalisasi) zL atau admitansi beban (ternormalisasi) yL dengan r/g (riil) yang sama sehingga memotong lingkaran bantu $g=1$. Lingkaran bantu $g=1$ dimaksudkan agar mudah mentransfer ke lingkaran $r=1$ dengan memutar dengan VSWR yang sama sejauh $\frac{1}{4} \lambda$, sehingga diperoleh harga $1 + jb$ atau $1 - jb$.

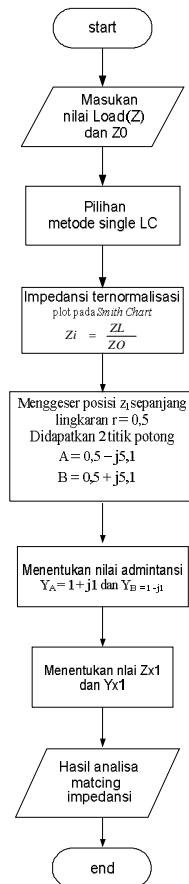
Bila L seri terhadap beban, maka $zA = r + j(x + xL)$, dimana $xL =$ reaktansi induktif; $xL = \omega L$. Dalam

Smith Chart zA dapat diperoleh dengan menggeser zL searah dengan jarum jam dengan r (riil) yang sama.

Bila C seri terhadap beban, maka $zB = r + j(x + xC)$, dimana $xC =$ reaktansi kapasitif; $xC = -1/\omega C$. Dalam *Smith Chart* zB dapat diperoleh dengan menggeser zL berlawanan dengan jarum jam dengan r (riil) yang sama.

Bila L paralel terhadap beban, maka $y_a = g + j(b + b_a)$, dimana $b_1 =$ susceptansi induktif, $x_L = -1/\omega L$. Dalam *Smith Chart* y_B dapat diperoleh dengan menggeser y_L berlawanan dengan jarum jam dengan g (riil) yang sama.

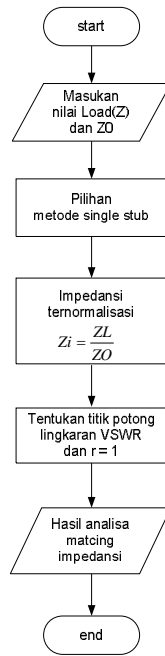
Bila C paralel terhadap beban, maka $y_A = g + j(b + b_C)$, dimana $b_C =$ susceptansi kapasitif; $b_C = \omega C$. Dalam *Smith Chart* y_A dapat diperoleh dengan menggeser y_L berlawanan dengan jarum jam dengan g (riil) yang sama.



Gambar 9 Flowchart metode rangkaian LC

3.2.3 Metode Single Stub

Untuk pembahasan langkah-langkah perencanaan, perlu diketahui terlebih dahulu prinsip perencanaan penyesuaian impedansi *single stub* dengan menggunakan *smith chart*. Prinsip analisa tersebut diuraikan sebagai berikut :



Gambar 10 Flowchart metode single stub

1. Bila beban dinyatakan dengan impedansi Z_L , maka perlu dinormalisasi terhadap Z_0 , diplot pada *smith chart*. Untuk mendapatkan y_1 diputar ke arah beban dengan VSWR yang sama sejauh $\frac{1}{4} \lambda$. Tetapi bila diketahui y_1 bisa langsung diplot.
2. Untuk mendapatkan panjang d_1 , y_1 diputar ke arah generator dengan VSWR yang sama sampai titik $y_1 = 1 + jb$ atau $y_1 = 1 - jb$. Panjang perputaran antara y_1 sampai y_1 tersebut merupakan d_1 .
3. Langkah selanjutnya adalah menghilangkan harga $+jb$ atau $-jb$

IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Perhitungan Penyesuaian Impedansi

4.1.1 Metode Trafo $\frac{1}{4} \lambda$

Metode ini digunakan untuk menghitung penyesuaian impedansi karena dengan menambah saluran transmisi tertentu sepanjang $\frac{1}{4} \lambda$ (lain dari saluran transmisi utama), akan lebih mudah menghitung impedansi karakteristik saluran yang dipakai.

- Bila $Z_L = R(\text{riil})$, Saluran lain dengan impedansi karakteristik Z_{O1} dengan panjang $\frac{1}{4} \lambda$ dipasang langsung pada beban, dengan menggunakan rumus:

$$Z_{O1} = \sqrt{Z_0 \cdot Z_L}$$

Dimana :

Z_0 = impedansi karakteristik saluran transmisi utama.

- Bila $Z_L = R + jX$ (kompleks), yang harus diperhatikan adalah letak pemasangan saluran dengan impedansi karakteristik Z_0 tersebut

(misalkan sepanjang l dari beban). Dengan pertimbangan ini, maka digunakan *smith chart*.

contoh perhitungan menggunakan *smith chart* secara manual dan secara *software* (dengan bantuan komputer).

Contoh kasus :

Suatu saluran transmisi dengan impedansi karakteristik 50Ω dan impedansi beban $Z_L = (50 + j100) \Omega$.

Rencanakan suatu saluran trafo $\frac{1}{4} \lambda$ agar beban dari saluran transmisi tersebut dalam kondisi match.

Penyelesaian :

1. Menormalisasi Z_L terhadap Z_0 diperoleh $z_1 = Z_L / Z_0$, dan diplot pada *smith chart*

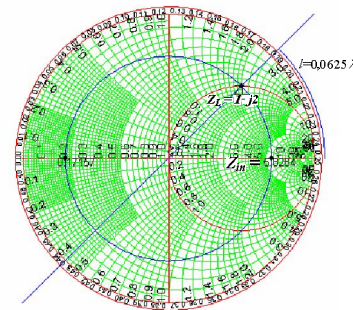
$$z_1 = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{50 + j100}{50} = 1 + j2$$

2. Memutar z_1 ke arah generator dengan VSWR yang sama sampai memotong sumbu riil (resistif), diukur panjang putaran, diperoleh l .

$$l = 0.0625 \lambda$$

3. Perpotongan pemutaran z_1 terhadap sumbu riil tersebut adalah impedansi saluran (ternormalisasi)

$$z_{in} = 5.8 + j0$$



Gambar 11 Perhitungan saluran trafo $\frac{1}{4} \lambda$.

4. Menghitung $Z_{in} = z_{in} * Z_0$

$$Z_{in} = 5.8 * 50$$

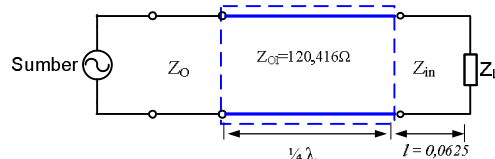
$$Z_{in} = 290 \Omega$$

5. Menghitung harga saluran lain dengan impedansi Z_{O1} diperoleh dengan :

$$Z_{O1} = \sqrt{Z_{Lin} * Z_0}$$

$$Z_{O1} = \sqrt{290 * 50}$$

$$Z_{O1} = 120.4 \Omega$$

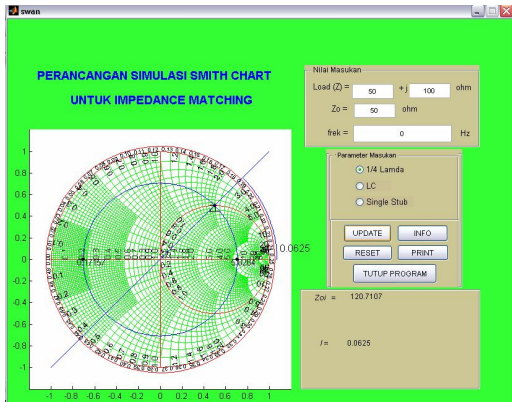


Gambar 12 Hasil perhitungan trafo $\frac{1}{4} \lambda$

Diatas telah diuraikan contoh soal menyelesaikan penyesuaian impedansi saluran *trafo* $\frac{1}{4} \lambda$ dengan menggunakan *smith chart* secara manual. Berikut ini adalah penyelesaian permasalahan contoh soal diatas dengan menggunakan bantuan komputer atau *software*,

1. Jalankan program smith
2. Masukkan nilai *load* (Z_L) dan nilai impedansi karakteristik saluran utama Z_0 .
3. Pilih metode $\frac{1}{4} \lambda$
4. Tekan tombol *update*, maka diperoleh hasil seperti gambar 12
5. Diperoleh hasilnya, yaitu :
 $Z_{01} = 120.7107 \Omega$
 $l = 0.0625\lambda$

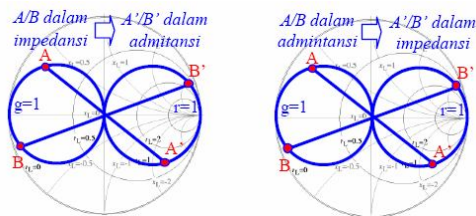
Dari kedua cara penyelesaian penyesuaian impedansi secara manual dan dengan bantuan komputer diatas memberikan hasil yang relatif sama.



Gambar 13 Hasil perhitungan program saluran *trafo* $\frac{1}{4} \lambda$.

4.1.2 Metode Rangkaian LC

Metodenya dengan memasang rangkaian L dan atau C yang dipasang seri atau paralel terhadap beban. Prinsip utama dari penyesuaian impedansi ini adalah menggeser impedansi beban (ternormalisasi) z_L atau admitansi beban (ternormalisasi) y_L dengan r/g (riil) yang sama sehingga memotong lingkaran bantu $g=1$.



Gambar 14 Mentransfer A ke A' atau B ke B'.

Lingkaran bantu $g=1$ dimaksudkan agar mudah mentransfer ke lingkaran $r=1$ dengan memutar dengan VSWR yang sama sejauh $\frac{1}{4} \lambda$, sehingga diperoleh harga $1 + jb$ atau $1 - jb$.

Mentransfer A ke A' atau B ke B', dengan cara memutar dengan VSWR yang sama sejauh $\frac{1}{4} \lambda$ untuk mengubah dari impedansi ke admitansi atau sebaliknya dari admitansi ke impedansi. Diperoleh A' = $1 - jb$ atau B' = $1 + jb$.

Berikut ini diberikan contoh perhitungan menggunakan *smith chart* secara manual dan secara *software* (dengan bantuan komputer).

Contoh soal :

Rencanakanlah *matching* dengan *Lumped Circuit* (rangkaiian LC) agar beban $Z_L = (25 + j100) \Omega$ sesuai dengan saluran 50Ω pada frekuensi 200MHz. Penyelesaian :

$$z_1 = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{25 + j100}{50} = 0.5 + j2 \text{ (plot pada Smith Chart)}$$

Langkah selanjutnya adalah menggeser posisi z_1 sepanjang lingkaran $r = 0,5$ hingga memotong lingkaran bantu dan mendapatkan 2 titik potong yaitu :

$$A = 0,5 - j5,1$$

$$B = 0,5 + j5,1$$

Penggeseran tersebut dapat dilakukan dengan memasang seri suatu reaktansi kapasitif sebesar $j(-0,51 + 2) = j1,49$ untuk menggeser ke titik A, dan sebesar $j(0,51 + 2) = j2,51$ untuk menggeser ke titik B.

Setelah menemukan titik A dan B, maka tentukan harga admitansinya :

$$Y_A = 1 + j1$$

$$Y_B = 1 - j1$$

Untuk memindah admitansi $Y_A = 1 + j1$ menjadi

1, maka diperlukan suatu susceptansi sebesar $-j1$ yang dipasang paralel terhadap titik A dan sebesar $+j1$ untuk titik B.

$$Z_{x1} = j1,49, \text{ maka } z_{x1} = j74,5$$

$$z_{x1} = j\omega L_1$$

$$L_1 = \frac{74,5}{2\pi \cdot 200 \cdot 10^6}$$

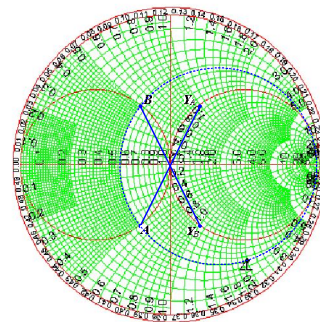
$$L_1 = 0,059 \mu\text{H}$$

$$Y_{x1} = -j1, \text{ maka } z_{x1} = j50$$

$$z_{x1} = j\omega L_1$$

$$L_1 = \frac{50}{2\pi \cdot 200 \cdot 10^6}$$

$$L_1 = 0,04 \mu\text{H}$$



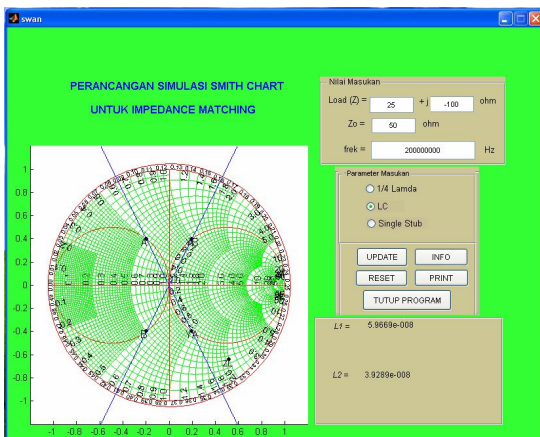
Gambar 15 Perhitungan rangkaian LC

Berikut ini adalah penyelesaian permasalahan contoh soal diatas dengan menggunakan bantuan komputer atau *software*. Langkah-langkah menjalankan program :

1. Jalankan program smith
2. Masukkan nilai *load* (Z_L), nilai impedansi karakteristik saluran utama Z_0 , dan frekuensi
3. Pilih metode LC.
4. Tekan tombol *update*.
5. Tandai dengan menekan (*click*) titik perpotongan lingkaran riil z_1 dan lingkaran $g=1$ (lingkaran bantu), maka diperoleh hasil seperti gambar 4.10
6. Diperoleh hasilnya, yaitu :

$$L_1 = 5,965.10^{-008}$$

$$L_2 = 3,943.10^{-008}$$



Gambar 16 Hasil perhitungan program metode rangkaian LC.

4.1.3 Metode Single Stub

Metode ini dilakukan dengan memberi sebuah *stub* yang ujungnya dihubungkan singkat atau dibuka dan dipasang secara paralel (*shunt*) dengan saluran utama. Jenis saluran yang digunakan sebagai *stub* sama dengan saluran utama. Prinsipnya hanya mencari panjang letak *stub* terhadap beban (d_1) dengan panjang *stub* d_2 (bila *stub* dihubungkan singkat atau terbuka). Berikut ini diberikan contoh soal untuk di analisa dengan mengerjakan secara manual dan dengan bantuan komputer(*software*).

Contoh kasus :

Saluran transmisi tanpa rugi-rugi 50 W terhubung dengan beban dengan impedansi $Z_L = (25 - j50)W$. Rancanglah penyesuaian impedansi dengan *single stub* agar beban tersebut sesuai (*matched*) dengan saluran transmisi.

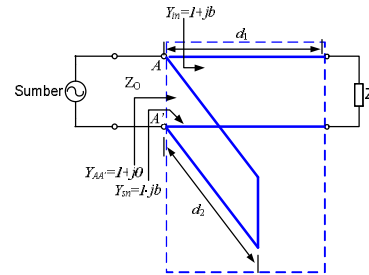
Penyelesaian :

Impedansi beban ternormalisasi :

$$z_1 = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{25 + j50}{50} = 0.5 + j1$$

Beban ini dipetakan pada peta Smith dengan lokasi titik A. Selanjutnya kita gambar lingkaran S konstan melalui A. Untuk memudahkan pemetaan, sebaiknya kita ubah impedansi beban ini ke bentuk admitansi beban, dengan cara memutar sejauh $0,25\lambda$ pada lingkaran S , sehingga diperoleh y_L pada titik B,

$$y_L = 0.4 + j0.8$$



Gambar 17 Penyelesaian dengan metode *single stub*

Titik B ini berlokasi di $0,115\lambda$ skala *WTG*. Dalam domain admitansi, lingkaran r_L menjadi lingkaran g_L , dan lingkaran x_L menjadi lingkaran b_L . Selanjutnya, kita putar beban menuju generator sejauh d , agar admitansi input ternormalisasi y_d mempunyai harga riil sama dengan 1. Keadaan ini dipenuhi oleh dua titik C dan D (dari Gambar 4.5 dan 4.6), dimana kedua titik tersebut memotong lingkaran $g_L = 1$. Titik C dan D ini merupakan dua alternatif penyelesaian untuk mendapatkan panjang d .

- Di titik C, diperoleh $y_d = 1 + j1,58$, yang letaknya $0,178\lambda$ pada skala *WTG*. Jarak antara B dan C adalah:

$$d_1 = (0,178 - 0,115)\lambda = 0,063\lambda$$

Dilihat dari generator, akan terdapat dua kombinasi saluran paralel, yaitu dari beban dan dari *stub* yang terhubung singkat, dengan admitansi input ternormalisasi:

$$y_{in} = y_s + y_d$$

dimana y_s adalah admitansi *input* ternormalisasi dari saluran *stub*. Untuk menyelesaikan saluran induk dengan rangkaian *stub paralel*, dibutuhkan hasil $y_{in} = 1 + j0$ sehingga:

$$1 + j0 = y_s + 1 + j1,58 \text{ Atau } y_s = -j1,58$$

Untuk mendapatkan panjang *stub* yang ujungnya terhubung singkat, dimulai dari titik E (dengan admitansi $-jY$) yang terletak $0,25\lambda$ pada skala *WTG*. Admitansi input ternormalisasi $-j1,58$ terletak di titik F yang berkedudukan di $0,34\lambda$ skala *WTG*. Jadi diperoleh:

$$l_1 = (0,34 - 0,25)\lambda = 0,09\lambda$$

- Di titik D, diperoleh $y_d = 1 - j1,58$. Jarak antara B dan D adalah:

$$d_1 = (0,32 - 0,115)\lambda = 0,207\lambda$$

Dilihat dari generator, akan terdapat dua kombinasi saluran paralel, yaitu dari beban dan

dari *stub* yang terhubung singkat, dengan admitansi input ternormalisasi:

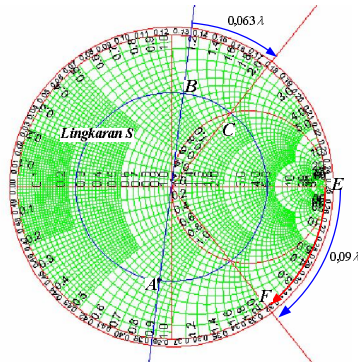
$$y_{in} = y_s + y_d$$

dimana y_s adalah admitansi input ternormalisasi dari saluran *stub*. Untuk menyelesaikan saluran induk dengan rangkaian *stub paralel*, dibutuhkan hasil $y_{in} = 1 + j0$, sehingga:

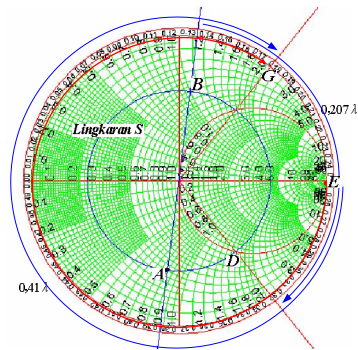
$$1 + j0 = y_s + 1 + j1,58 \text{ atau } y_s = +j1,58$$

Untuk mendapatkan panjang *stub* yang ujungnya terhubung singkat, dimulai dari titik *E* (dengan admitansi $-jY$) yang terletak $0,16\lambda$ pada skala *WTG*. Admitansi input ternormalisasi $-j1,58$ terletak di titik *G* yang berkedudukan di $0,25\lambda$ skala *WTG*. Jadi diperoleh:

$$l_1 = (0,25 - 0,16)\lambda = 0,09\lambda$$



Gambar 18 Penyelesaian untuk titik C



Gambar 19 Penyelesaian untuk titik D

Berikut ini adalah penyelesaian permasalahan contoh kasus diatas dengan menggunakan bantuan komputer atau *software*. Langkah-langkah menjalankan program :

1. Jalankan program smith
2. Masukkan nilai $load(Z_L)$ dan nilai impedansi karakteristik saluran utama Z_0 .
3. Pilih metode *single stub*.
4. Tekan tombol *update*.
5. Tandai dengan menekan (click) titik perpotongan lingkaran VSWR dan lingkaran $r=1$, maka diperoleh hasil seperti gambar 4.7.
6. Diperoleh hasilnya, yaitu :
 - o $Y1 = 1,0007 + j1,5692$
 - $d1 = 0,29307$

$$y2 = -1,5692$$

$$d2(OC) = 0,3403$$

$$d2(SC) = 0,090298$$

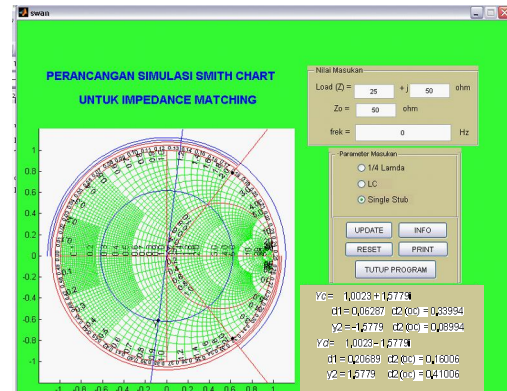
$$o Y1 = 1,0007 - j1,5692$$

$$d1 = 0,43714$$

$$y2 = 1,5692$$

$$d2(OC) = 0,1597$$

$$d2(SC) = 0,4097$$



Gambar 20 Hasil perhitungan program metode *single stub*

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa penyesuaian impedansi (*mathing impedance*) saluran transmisi dengan menggunakan metode *trafo* $\frac{1}{4}\lambda$, *single stub*, dan rangkaian LC, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pada metode *trafo* $\frac{1}{4}\lambda$ dan *single stub* tidak dipengaruhi dengan penambahan frekuensi (frekuensi tidak berpengaruh), tetapi pada metode LC frekuensi akan berpengaruh pada besarnya nilai L tersebut.
2. Pada metode *trafo* $\frac{1}{4}\lambda$ dengan Z_0 bertambah besar, dan nilai Z_L tetap, menyebabkan Z_{OI} dan l semakin besar.
3. Pada metode *trafo* $\frac{1}{4}\lambda$, dengan $Z_L = (50 + j100)\Omega$ dan impedansi karakteristik 50Ω didapatkan hasil perhitungan manual $Z_{OI} = 120,416\Omega$ dan dengan software $Z_{OI} = 120,7107\Omega$, dari penghitungan manual dan software terdapat perbedaan pada $Z = 0,2947\Omega$, sedang letak salurannya (l) sama.
4. Pada metode rangkaian LC dengan semakin bertambahnya nilai Z_0 (dan nilai Z_L tetap), maka nilai L_1 akan semakin kecil, dan nilai L_2 akan semakin besar.
5. Pada metode rangkaian LC dengan bertambahnya nilai frekuensi (nilai Z_0 dan Z_L tetap), maka nilai L_1 dan L_2 akan semakin kecil.
6. Untuk penyelesaian impedansi dengan metode rangkaian LC dengan $Z_L = (25 + j100)\Omega$ dengan $Z_0 = 50\Omega$ pada frekuensi 200 MHz,

penghitungan secara manual didapatkan nilai $L_1 = 0,0593 \mu\text{H}$, $L_2 = 0,0398 \mu\text{H}$, dari penghitungan manual dan software terdapat perbedaan sebesar $0,00034 \mu\text{H}$ untuk L_1 , dan $0,0004 \mu\text{H}$ untuk L_2 .

7. Pada metode *single stub* dengan bertambahnya nilai Z_0 dan nilai Z_L yang tetap maka akan menghasilkan 2 alternatif jawaban yaitu :
 - a. Pada alternatif 1 : nilai d_1 (posisi stub) tetap, dan d_2 (panjang stub *open circuit*) semakin besar, untuk d_2 (panjang stub *short circuit*) semakin besar.
 - b. Pada alternatif 2 : nilai d_1 (posisi stub) tetap, dan d_2 (panjang stub *open circuit*) semakin besar, untuk d_2 (panjang stub *short circuit*) semakin kecil.
8. Hasil perhitungan metode *single stub* dengan impedansi $Z_L = (25 + j50) \Omega$ dan $Z_0 = 50 \Omega$ dari penghitungan manual dan software terdapat perbedaan :
 - a. Pada Y_c terdapat perbedaan ; panjang stub adalah $0,0002\lambda$, untuk letak stub *open circuit* $0,00006 \lambda$ dan stub *short circuit* $0,0506 \lambda$.
 - b. Pada Y_d terdapat perbedaan ; panjang stub adalah $0,00011\lambda$, untuk letak stub *open circuit* $0,00006 \lambda$ dan stub *short circuit* $0,00006 \lambda$.

5.2 Saran

Tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut, dan terdapat beberapa saran, antara lain :

1. Dalam proyek akhir selanjutnya dapat dilakukan penyesuaian impedansi untuk saluran transmisi *lossy*.
2. Untuk proyek akhir selanjutnya dapat dilakukan analisa penyesuaian impedansi dengan metode yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dennis Roddy, Kamal Idris, Johon Coolen, Komunikasi Elektronika jilid 1, Jakarta, Erlangga, 1984.
- [2] Dennis Roddy, Kamal Idris, Johon Coolen, Komunikasi Elektronika jilid 2, Jakarta, Erlangga, 1984.
- [3] Kraus, John D. And Ronald J. Marhefka, *Antennas for All Application*, 3th ed, McGraw-Hill, 2002.
- [4] William Sinnema, " *Electronic Transmission Technology*", RENTICEHALL, INC, 1998.
- [5] Patrick Marchand, O.Thomas Holland, " *Graphics and GUI with MATLAB*", Chapman & Hall/CRC, Third Edition, 2003.
- [6] Freeman, Roger L, *Telecommunications Transmission Handbook*, 4th ed., Willey-intercience Publication, Canada, 1998.
- [7] Kraus, Jhon D, " *Electromagnetics*", Japan, McGraw-Hill, Third Edition 1984.

- [8] Adriansyah, Nachwan Mufti, Elektro Magnetika Telekomunikasi ppt, 2002.
- [9] ..., *Impedance matching*, <http://www.elektroindonesia.com>, Agustus 2007.
- [10] ..., *smith chart*, <http://www.elektroindonesia.com>, Oktober 2007.
- [11] ..., *impedance-matching*, <http://www.answers.com>, Oktober 2007.
- [12] ..., *antenna-handbook-2005/28*, <http://yblzdx.arc.itb.ac.id>, Oktober 2008.

BIOGRAFI



SUWANTO

L2F 305 243

Mahasiswa Teknik Elektro Program Ekstensi Universitas Diponegoro angkatan 2005 dengan konsentrasi Elektronika Telekomunikasi.

Semarang, 15 Mei 2009
Pembimbing I

Yuli Christiyono, S.T, M.T.
NIP. 132 163 660

Pembimbing II

Ajub Ajulian Zahra, ST, MT
NIP 132 205 684