

DESAIN PENYESUAI IMPEDANSI MENGUNAKAN TRAF0 1/4λ MULTISECTION

Achmad S., Rudy Yuwono

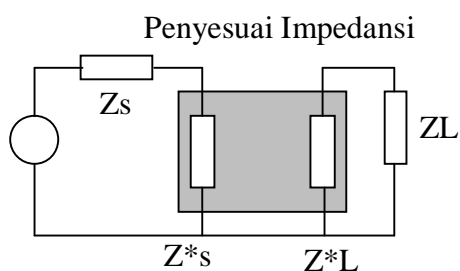
Abstrak : Dalam paper ini, akan dijabarkan desain penyesuai Impedansi menggunakan Trafo $1/4\lambda$ Multisection yang diaplikasikan pada saluran transmisi berbentuk Coaxial. Ide penggunaan penyesuai Impedansi ini muncul ketika sebuah pemancar pada stasiun pancar ulang harus menggunakan 2 atau lebih antena berimpedansi 50 Ohm. Pendekatan yang digunakan dalam desain ini adalah pendekatan Chebychev. Penyesuai impedansi ini didesain untuk bekerja pada frekuensi 800MHz dengan BW minimum 50MHz.

Kata Kunci : Trafo 1/4λ, Chebychev

Penyesuai Impedansi adalah sistem yang selalu ditemui dalam sirkit-sirkit frekuensi tinggi dan gelombang mikro. Konsep dasarnya suatu penyesuai impedansi adalah sebuah transformator yang mempunyai kemampuan untuk melakukan proses transformasi dari satu nilai impedansi ke nilai impedansi lain. Proses transformasi tersebut terutama diperlukan agar sistem pemancar dapat menyalurkan energi secara optimum menuju beban (antena). Jika terdapat suatu sumber dengan impedansi sumber sebesar Z_s dan terhubung pada suatu beban dengan impedansi sebesar Z_L maka kondisi *Match* (sepadan) akan tercapai jika terpenuhi:

$$Z_s = Z_L^* \quad (1)$$

Jika kondisi tersebut tidak tercapai, maka diperlukan system lain yang dapat mentransformasikan impedansi Z_s ke impedansi Z_L . Sistem penyesuai impedansi ini secara diagram dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar1. Ilustrasi Penyesuai Impedansi

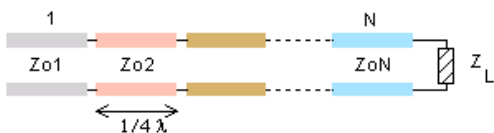
Dari Gambar 1. terlihat bahwa pada dasarnya penyesuai impedansi akan menyepadankan impedansi sumber sedemikian rupa sehingga terdapat transfer energi yang optimum dari sumber menuju penyesuai impedansi. Jika penyesuai impedansi tersebut mempunyai rugi-rugi penyisipan yang cukup kecil, maka pada sisi beban, impedansi Z_L akan memandang impedansi output system sebagai sumber energi baru dengan impedansi output sebesar Z_L^* . Kondisi ini menyebabkan energi yang disalurkan lewat penyesuai impedansi akan tersalurkan secara optimum menuju beban Z_L . Jika kondisi ini dicermati secara umum, maka dapat dikatakan bahwa penyesuai impedansi ini adalah piranti yang menyebabkan kondisi persamaan 1 terjadi.

Pada dasarnya penyesuai impedansi dibagi atas 2 keluarga besar, yaitu: penyesuai impedansi menggunakan komponen *Lumped* dan penyesuai impedansi menggunakan saluran transmisi. Penggunaan komponen *Lumped* terutama pada sirkit-sirkit frekuensi rendah dengan daya rendah, sedangkan untuk sirkit frekuensi tinggi dan microwave banyak digunakan saluran transmisi sebagai bahan dasar pembuatan penyesuai impedansi.

TRAF0 1/4λ MULTISECTION

Dewasa ini telah banyak metode-metode yang diciptakan un-tuk mendesain penyesuai impedansi menggunakan saluran transmisi. Metode yang paling umum diguna-kan adalah metode Stub [1,2]. Metode ini adalah metode yang paling sederhana. Kelemahan men-dasar dari metode ini adalah sempit nya BW (Band width) yang dihasil kan. Dengan sempitnya BW terse-but, maka metode Stub ini hanya dapat dipakai pada satu band freku-ensi saja. Metode lain yang sering digunakan adalah metode trafo $1/4\lambda$ [1,2]. Metode ini sebagaimana me-tode Stub menghasilkan BW yang relatif sempit sehingga memerlukan penalaan ulang jika ingin digunakan pada band yang lain. Metode lain yang dapat digunakan adalah meto-de taper atau Non Uniform [2,3]. Metode ini mempunyai keunggulan dari segi BW dan panjang fisiknya akan tetapi memerlukan pekerjaan mekanik yang teliti karena bentuk-nya yang tidak teratur.

Untuk meningkatkan BW dari trafo $1/4\lambda$ dapat digunakan teknik multisection, yaitu menderetkan N buah trafo $1/4\lambda$ sebagaimana ilustrasi berikut ini.



bar 2. Trafo $1/4\lambda$ Multisection

Gam

Berdasarkan Gambar 2. terse-but, maka dapat dirumuskan nilai koefisien pantul total dari system tersebut sebagai berikut [2]:

$$\Gamma = r_0 + r_1 e^{-2jq} + r_2 e^{-4jq} + \dots + r_N e^{-2Njq} \quad (2)$$

dengan

$\theta = \beta l$: panjang elektrik segmen

$\beta = 2\pi/\lambda$

$\rho =$ koefisien pantul tiap segmen

Jika trafo bersifat simetrik, maka nilai koefisien pantul total dapat dinyatakan sebagai:

$$\Gamma = 2e^{-jNq} [r_0 \cos Nq + r_1 \cos(N-2)q + \dots + r_N \cos(N-2n)q] \quad (3)$$

Persoalan sekarang adalah bagai-mana menentukan nilai Γ agar mempunyai nilai yang relative kecil un-tuk BW yang diinginkan. Terdapat beberapa pendekatan yang dapat digunakan un-tuk mendapatkan nilai Γ tersebut. Salah satunya adalah pendekatan Chebychev.

Polinom Chebycev orde ke-N yang dapat dinyatakan sebagai berikut [2]:

$$T_N(x) = 2xT_{N-1} - T_{N-2} \quad (4)$$

Sifat polinom Chebychev ini adalah berosilasi antara ± 1 un-tuk $|x| \leq 1$ dan bernilai tak berhingga diluar range tersebut. Polinom ini mirip dengan karakteristik BPF yang memang dipelukan dalam desain penyesuai Impedansi ini. Jika nilai x digantikan dengan $\cos \theta$.sec θ_m maka nilai T_N dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T_N\left(\frac{\cos q}{\cos q_m}\right) = \cos N \left(\cos^{-1} \frac{\cos q}{\cos q_m} \right) \quad (5)$$

Dengan membuat agar nilai Γ berosilasi sebagaimana polinom Chebychev, maka persamaan 3 dapat dinyatakan sebagai:

$$\Gamma = A e^{-jNq} T_N(\sec q_m \cos q) \quad (6)$$

dengan nilai A sebesar:

$$A = \frac{\ln(Z_L / Z_0)}{2T_N(\sec q_m)} \quad (7)$$

sehingga nilai Γ dapat pula dinyatakan sebagai:

$$\Gamma = \frac{1}{2} e^{-jNq} \ln \frac{Z_L}{Z_0} \frac{T_N(\sec q_m \cos q)}{T_N(\sec q_m)} \quad (8)$$

Persamaan diatas mengisyaratkan bahwa nilai Γ akan berosilasi dengan dalam daerah Pass dengan nilai koefisien pantul maksimum yang diperbolehkan sebesar:

$$r_m = \frac{\ln(Z_L / Z_0)}{2T_N(\sec q_m)} \quad (9)$$

Untuk mendapatkan nilai ρ dari persamaan 3, maka dapat digunakan pendekatan berikut ini:

$$(\cos q)^n = 2^{-n} e^{-jnq} \sum_{m=0}^n C_m^n e^{j2mq} \quad (10)$$

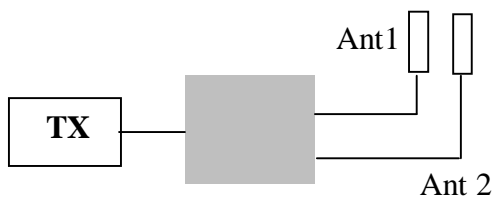
Dengan menggunakan persamaan 10 dan persamaan 4 atau definisi tentang $T_N(x)$, maka akan didapatkan persamaan berikut:

$$T_1(\sec q_m \cos q) = \sec q_m \cos q \quad (11)$$

$$T_2(\sec q_m \cos q) = 2(\sec q_m \cos q)^2 - 1 \quad (12)$$

DESAIN TRAF0 MULTISECTION

Secara diagram system pemancar ulang dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. Sistem pemancar pada stasiun pancar ulang

Dua buah antenna tersebut mempunyai impedansi input sebesar 50 Ohm dan harus dihubungkan dengan pemancar yang mempunyai impedansi output 50 ohm. Untuk mendapatkan kondisi Match (sepadan), maka diperlukan penyesuai impedansi yang dapat melakukan transformasi impedansi dari 50 ohm (Tx) ke 25 Ohm (dua antenna). Dalam kasus ini frekuensi kerja stasiun pancar ulang adalah 800 MHz dengan BW minimum 10 MHz. Diinginkan koefisien pantul maksimum adalah sebesar 0.05. Dengan menggunakan persamaan 9, persamaan 12 (2 section) dan persamaan 3, maka didapatkan nilai impedansi tiap section sebagai berikut:

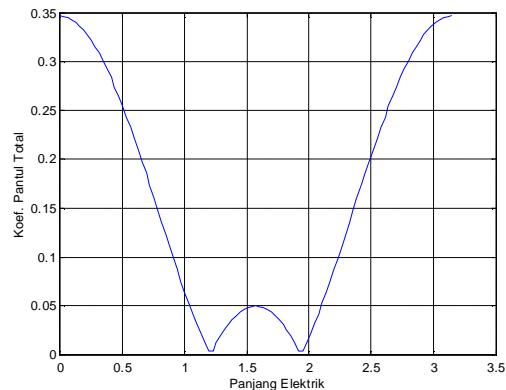
$$r_1 = 0.099$$

$$r_2 = 0.148$$

$$\overline{Z}_1 = 1.219$$

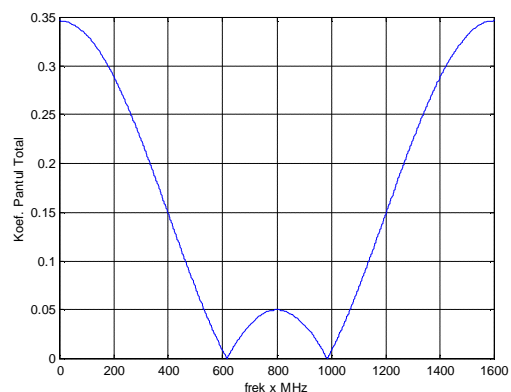
$$\overline{Z}_2 = 1.639$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka respon koefisien total dari penyesuai Impedansi dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. Respon koefisien total terhadap panjang elektrik

BW dari penyesuai impedansi dapat digambarkan sebagai berikut:



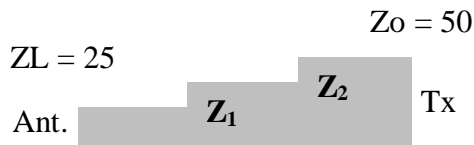
Gambar 6. Koefisien Pantul fungsi frekuensi

Dengan menormalisir kembali impedansi tiap section diatas, maka akan didapatkan nilai impedansi karakteristik aktual tiap section sebagai berikut:

$$Z_1 = 1.219 \times 50 = 60.95$$

$$Z_2 = 1.639 \times 50 = 81.95$$

secara diagram dapat digambarkan sebagai berikut:

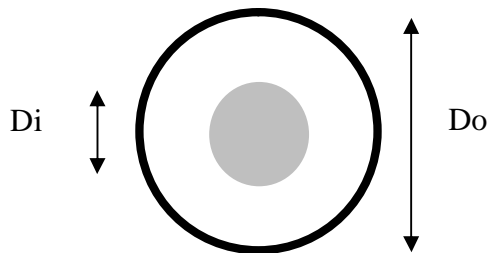


Gambar 3. Ilustrasi 2 section 1/4λ

Nilai-nilai impedansi dari tiap segmen tersebut kemudian aplikasi-kan pada saluran transmisi berben tuk coaxial. Coaxial mempunyai keunggulan dibandingkan dengan mikrostrip. Keunggulan tersebut ter-utama pada kemampuan untuk menangani daya-daya besar.

SALURAN COAXIAL

Secara diagram saluran berben-tuk Coaxial dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 7. Penampang sebuah Coaxial

Untuk diameter luar Do, diameter dalam Di dan tetapan dielektrik ε, maka impedansi karakteristik dari saluran berbentuk Coaxial tersebut dapat dinyatakan sebagai [4]:

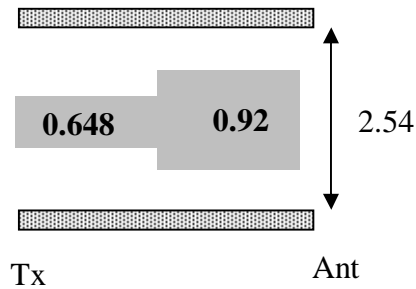
$$Z_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \ln \frac{D_o}{D_i} \tag{13}$$

Jika nilai impedansi tiap section sebelumnya diwujudkan dalam ben-tukan saluran coaxial dari bahan aluminium ($\mu = 4\pi \times 10^{-7}$) maka untuk diameter luar sebesar 1 inci (2.54 cm) akan didapatkan lebar section sebagai berikut (dielektrik adalah udara sehingga $\epsilon_r = 1$)

$$D_1 = 0.92 \text{ cm}$$

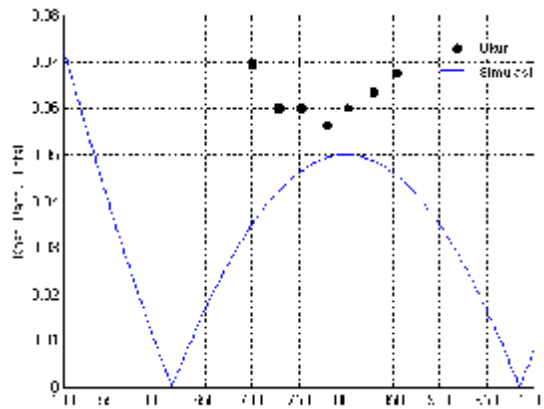
$$D_2 = 0.648 \text{ cm}$$

dengan panjang masing-masing segmen sebesar 9.375 cm (Total panjang penyesuai adalah: 18.75 cm). Secara diagram saluran coaxial tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 8. Penampang membujur penyesuai impedansi berbentuk Coaxial.

Dengan melakukan pengukuran VSWR dan mencari nilai koefisien pantulnya, maka untuk jangka frekuensi 700 MHz sampai dengan 850 MHz penyesuai impedansi yang dirancang mempunyai respon sebagai berikut:



Gambar 9. Hasil Pengukuran

PEMBAHASAN

Dari Gambar 9 terlihat bahwa penyesuai impedansi yang diran-cang mempunyai nilai koefisien re fleksi yang cukup kecil (≈ 0.065) pada daerah antara 700MHz sam-pai 850 MHz. Walaupun

nilai koefisien pantul dari penyesuai impedansi yang dirancang masih belum mendekati kurva desain awal akan tetapi masih layak untuk digunakan (VSWR =1:1.13) mentransformasi impedansi pemancar (50 Ohm) ke impedansi antenna (25 Ohm).

REFERENSI

- [1] Yip. Peter. 1995, High Frequency Circuit Design and Measurement, Chapman & Hall, London
- [2] Collin. RE. 1996, Foundation for Microwave Engineering, McGraw Hill, USA
- [3] Urbani et al. 2005, Synthesis of Filtering Structures for Microstrip Antennas using Orlov's Formula, Journal ETRI, Vol.27, No. 2
- [4] Sadiku.N.O.Matthew.1989, Elements of Electromagnetics, Second Edition, Saunders Pub., USA