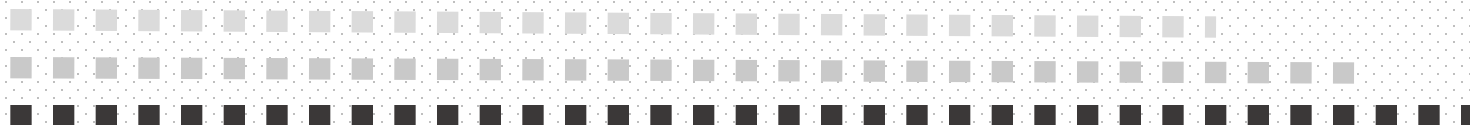


# Teori Saluran Transmisi (3)

TTG4D3 – Rekayasa Gelombang Mikro

Oleh

Budi Syihabuddin – Erfansyah Ali



# Outline

- Konsep Pantulan pada Saluran Transmisi
- Voltage Standing Wave Ratio



# Konsep Pantulan Pada Saluran Transmisi

- Pantulan pada saluran terjadi akibat  $Z_{in}$  saluran  $\neq Z_0$ .
  - **Artinya** : *Sebagian gelombang datang akan dipantulkan , dan pantulan ini terjadi di tiap titik di saluran*
- Kondisi dimana  $Z_{in}$  saluran  $\neq Z_0$  disebut kondisi ***unmatched/mismatched***
- Pada kondisi praktis, disaluran transmisi pasti terjadi pantukan



# Gelombang Berdiri

$$V_x = A_1 e^{\gamma x} + A_2 e^{-\gamma x}$$

Teg pantul =  $V^-$

Teg datang =  $V^+$

$$I_x = \frac{1}{Z_0} (-A_1 e^{\gamma x} + A_2 e^{-\gamma x})$$

Arus pantul =  $I^-$  Arus datang =  $I^+$

Jika  $Z_R = Z_0$  maka  $Z_{in} = Z_0$ , sehingga persamaan tegangan dan arus :

$$V_x = A_2 e^{-\gamma x}$$

$$I_x = \frac{A_2}{Z_0} e^{-\gamma x}$$

Tetapi jika  $Z_R \neq Z_0$  dan  $Z_{in} \neq Z_0$ , maka di tiap titik di saluran akan terjadi pantulan. Gelombang di tiap titik di saluran merupakan penjumlahan dari gelombang datang dan gelombang pantul. Gelombang hasil penjumlahan ini disebut **Standing Wave atau Gelombang berdiri**



# Koefisien Pantul

- Adalah besaran yang menyatakan perbandingan *gelombang pantul* terhadap *gelombang datang*
  - Koefisien pantul tegangan ( $k_v$  atau  $k$ )

$$k_v = \frac{V^-}{V^+} \quad 0 \leq |k_v| \leq 1$$

- Koefisien pantul arus ( $k_I$ )

$$k_I = \frac{I^-}{I^+} \quad 0 \leq |k_I| \leq 1$$



# Analisis Persamaan Koefisien Pantul Tegangan (Koefisien Pantul)(1)

Dari pers tegangan jika parameter beban diketahui :

$$V_d = V_R \cosh \gamma d + I_R Z_0 \sinh \gamma d$$

$$V_d = V_R \left[ \frac{e^{\gamma d} + e^{-\gamma d}}{2} \right] + I_R Z_0 \left[ \frac{e^{\gamma d} - e^{-\gamma d}}{2} \right]$$

$$V_d = \left[ \frac{V_R + I_R Z_0}{2} \right] e^{\gamma d} + \left[ \frac{V_R - I_R Z_0}{2} \right] e^{-\gamma d}$$

$$V_d = \frac{I_R (Z_R + Z_0)}{2} e^{\gamma d} + \frac{I_R (Z_R - Z_0)}{2} e^{-\gamma d}$$

*Teg datang = V<sup>+</sup>* (indicated by a green dashed box around the first term)

*Teg pantul = V<sup>-</sup>* (indicated by a blue dashed box around the second term)



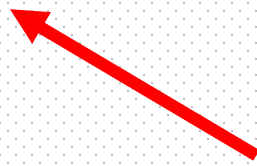
# Analisis Persamaan Koefisien Pantul Tegangan (Koefisien Pantul)(2)

- Maka koefisien pantul tegangan di suatu titik sejauh 'd' dari beban :

Persamaan koefisien pantul tegangan di suatu titik disaltran sejauh 'd' dari beban

$$k_{ud} = \frac{V_d^-}{V_d^+} = \frac{\frac{I_R(Z_R - Z_0)}{2} e^{-\gamma d}}{\frac{I_R(Z_R + Z_0)}{2} e^{\gamma d}}$$

$$k_d = \left( \frac{Z_R - Z_0}{Z_R + Z_0} \right) e^{-2\gamma d}$$



# Analisis Persamaan Koefisien Pantul Tegangan (Koefisien Pantul)(3)

- Jika  $d = 0$  maka :

$$k_{d \text{ jika } d=0} = k_R = \frac{Z_R - Z_0}{Z_R + Z_0}$$

- Sehingga :

$$k_d = k_R e^{-2\gamma d}$$

$k_R$  adalah koefisien pantul di beban





# Hubungan Tegangan Pantul vs Arus Pantul dan Hubungan Tegangan Datang vs Arus Datang

$$V_x = A_1 e^{\gamma x} + A_2 e^{-\gamma x}$$

Teg pantul =  $V^-$

Teg datang =  $V^+$

$$I_x = \frac{1}{Z_0} (-A_1 e^{\gamma x} + A_2 e^{-\gamma x})$$

Arus pantul =  $I^-$  Arus datang =  $I^+$

Teg pantul : Arus pantul

Teg datang : Arus datang

$$\frac{V_x^-}{I_x^-} = \frac{A_1 e^{\gamma x}}{-\frac{A_1 e^{\gamma x}}{Z_0}} = -Z_0$$

$$\frac{V_x^-}{I_x^-} = -Z_0$$

$$\frac{V_x^+}{I_x^+} = \frac{A_2 e^{-\gamma x}}{\frac{A_2 e^{-\gamma x}}{Z_0}} = Z_0$$

$$\frac{V_x^+}{I_x^+} = Z_0$$



# Koefisien Pantul Arus ( $k_I$ )

- Magnitude koefisien pantul arus = magnitude koefisien pantul tegangan
- Beda fasa antara koefisien pantul tegangan dan koefisien pantul arus adalah  $180^\circ$

$$k_I = \frac{I^-}{I^+} = \frac{-V^+ / Z_0}{V^+ / Z_0} = \frac{-V^-}{V^+} = -k_u = -k$$

$$k_I = -k_u = -k$$



# Koefisien Pantul pada Saluran Lossless

$$k_d = k_R e^{-2\gamma d} = k_R e^{-2\alpha d} \cdot e^{-j2\beta d} = k_R e^{-2\alpha d} < e^{-j2\beta d} \quad \text{rad}$$

Jika saluran lossless ( $\alpha = 0$ ) :

$$k_d = k_R < e^{-j2\beta d} \quad \text{rad}$$

***Magnitude koefisien pantul tegangan di sembarang titik pada saluran lossless adalah tetap yang berubah hanya fasanya***



# Kesimpulan (1)

- Agar tidak terjadi pantulan pada saluran maka  $Z_{in}$  saluran harus sama dengan  $Z_0$
- Jika pantulan pada saluran terlalu besar maka generator akan rusak
- Pada saluran matched (sepadan) berlaku :  $k_d = 0$
- Pada saluran lossless berlaku : magnitude  $k_d =$  magnitude  $K_R$ . Artinya disepanjang saluran, magnitude koefisien pantul adalah tetap dan sama dengan koefisien pantul di beban
- Pada saluran lossy, magnitude koefisien pantul terbesar ada di beban. Sedangkan magnitude koefisien pantul terkecil ada di input saluran (sumber)



# Standing Wave Ratio(SWR) atau Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

- Menyatakan perbandingan antara tegangan maksimum terhadap tegangan minimum di suatu titik disaluran. Notasi :  $SWR=VSWR=S$

$$S_d = \frac{V_{\max d}}{V_{\min d}}$$

- Tegangan maksimum ( $U_{\max}$ ) terjadi apabila disuatu titik disaluran, teg datang dan teg pantul sefasa

$$V_{\max} = |V^+| + |V^-|$$

- Tegangan minimum ( $U_{\min}$ ) terjadi apabila disuatu titik disaluran, teg datang dan teg pantul berbeda fasa  $180^\circ$

$$V_{\min} = |V^+| - |V^-|$$



# Penurunan Persamaan VSWR

$$S_d = \frac{V_{\max d}}{V_{\min d}} = \frac{|V_d^+| + |V_d^-|}{|V_d^+| - |V_d^-|} = \frac{|V_d^+| + |k_d||V_d^+|}{|V_d^+| - |k_d||V_d^+|} = \frac{1 + |k_d|}{1 - |k_d|}$$

$$S_d = \frac{1 + |k_d|}{1 - |k_d|} = \frac{1 + |k_R e^{-2\alpha d}|}{1 - |k_R e^{-2\alpha d}|}$$

- Jika saluran bersifat lossless maka :  $S_d = \frac{1 + |k_R|}{1 - |k_R|}$  SWR disepanjang saluran adalah **tetap**

- Jika saluran bersifat lossy maka :

$$S_d = \frac{1 + |k_R e^{-2\alpha d}|}{1 - |k_R e^{-2\alpha d}|} \quad \text{SWR disepanjang saluran } \mathbf{berbeda}$$



## Kesimpulan (2)

- Pada saluran lossless, SWR di sepanjang saluran besarnya adalah tetap
- Pada saluran lossy berlaku :
  - SWR terbesar ada dibeban, sedangkan SWR terkecil ada di input saluran
  - Jika saluran transmisi makin panjang maka di input saluran (sumber) SWR akan makin kecil
- Batasan SWR :  $SWR \geq 1$
- Jika saluran sepadan (matched) maka berlaku :  $SWR = 1$  dan *magnitude  $k = 0$*



# Referensi

- Transmission Lines & Network, Umesh Sinha
- Microwave Engineering 3rd Edition, David M. Pozar



Terima Kasih