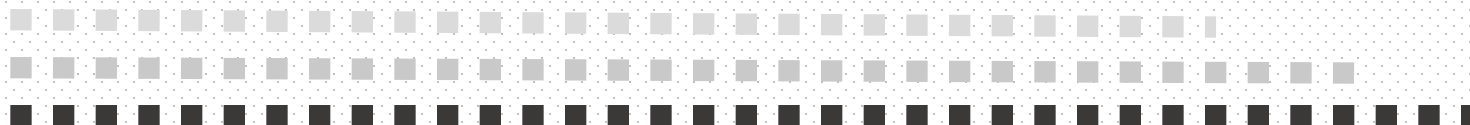


# Penguat Daya Gelombang Mikro (3)

TTG4D3 – Rekayasa Gelombang Mikro

Oleh

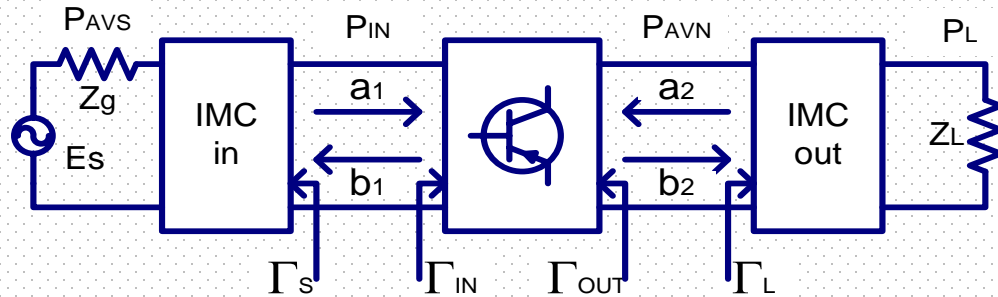
Budi Syihabuddin – Erfansyah Ali



# Outline

- Perancangan Penguat Daya (GT, GP Konstan & GA Konstan)

# Perancangan Gain Maksimum (Conjugate Matching)



→ syarat transistor mantap tanpa syarat

Jika dipilih :  $\left. \begin{matrix} \Gamma_{IN} = \Gamma_S^* \\ \Gamma_{OUT} = \Gamma_L^* \end{matrix} \right\}$  diperoleh penguatan daya transducer ( $G_T$ ) maksimum

$$\Gamma_S^* = S_{11} + \frac{S_{12} \cdot S_{21} \cdot \Gamma_L}{1 - S_{22} \cdot \Gamma_L}$$

$$\Gamma_L^* = S_{22} + \frac{S_{12} \cdot S_{21} \cdot \Gamma_S}{1 - S_{11} \cdot \Gamma_S}$$

$$\Gamma_{SM} = \frac{B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4|C_1|^2}}{2C_1}$$

$$\Gamma_{LM} = \frac{B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2C_2}$$

dimana :

$$B_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2$$

$$B_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |\Delta|^2$$

$$C_1 = S_{11} - \Delta S_{22}^*$$

$$C_2 = S_{22} - \Delta S_{11}^*$$

$$G_{T,MAX} = \frac{1}{1 - |\Gamma_{SM}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_{LM}|^2}{|1 - S_{22} \cdot \Gamma_{LM}|^2}$$

atau

$$G_{T,MAX} = \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|} (K - \sqrt{K^2 - 1})$$



# Operating Power Gain (GP) Konstan (1)

## a. KASUS KEMANTAPAN TANPA SYARAT

$$G_P = \frac{1}{1 - |\Gamma_{IN}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22} \cdot \Gamma_L|^2} = |S_{21}|^2 \cdot g_P$$

dimana:  $g_P = \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{1 - |S_{11}|^2 + |\Gamma_L|^2 \cdot (|S_{22}|^2 - |\Delta|^2) - 2 \operatorname{Re}[\Gamma_L \cdot C_2]}$

$$C_2 = S_{22} - \Delta \cdot S_{11}^* ; \Delta = S_{11} \cdot S_{22} - S_{12} \cdot S_{21}$$

$$|\Gamma_L|^2 - \left\{ 1 + g_P \cdot (|S_{22}|^2 - |\Delta|^2) \right\} - 2 \cdot g_P \cdot \operatorname{Re}[\Gamma_L \cdot C_2] = 1 - g_P (1 - |S_{11}|^2)$$

$$\rightarrow |\Gamma_L|^2 - \frac{g_P \cdot C_2 \cdot \Gamma_L}{1 + g_P (|S_{22}|^2 - |\Delta|^2)} - \frac{g_P \cdot C_2^* \cdot \Gamma_L^*}{1 + g_P (|S_{22}|^2 - |\Delta|^2)} = \frac{1 - g_P (1 - |S_{11}|^2)}{1 + g_P (|S_{22}|^2 - |\Delta|^2)}$$

titik pusat lingkaran :

$$C_P = \frac{g_P \cdot C_2^*}{1 + g_P (|S_{22}|^2 - |\Delta|^2)}$$

jari-jari lingkaran :

$$R_P = \frac{\left\{ 1 - 2K |S_{12} \cdot S_{21}| g_P + |S_{12} \cdot S_{21}|^2 \cdot g_P^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}{|1 - g_P (|S_{22}|^2 - |\Delta|^2)|}$$

# Operating Power Gain (GP) Konstan (2)

$G_p$  maksimum terjadi pada  $R_p = 0$ ; artinya :

$$g_{P,MAX} \cdot |S_{12} \cdot S_{21}|^2 - 2K |S_{12} \cdot S_{21}| \cdot g_{P,MAX} + 1 = 0$$

$$g_{P,MAX} = \frac{1}{|S_{12} \cdot S_{21}|} \left( K - \sqrt{K^2 - 1} \right) = \frac{G_{P,MAX}}{|S_{21}|^2}$$

sehingga:  $G_{P,MAX} = \frac{|S_{21}|}{|S_{12}|} \left( K - \sqrt{K^2 - 1} \right)$

Prosedur menggunakan lingkaran  $G_p$  konstan :

1. Untuk  $G_p$  yang ditentukan, hitung titik pusat dan jari-jari lingkaran  $G_p$  konstan
2. Pilih  $\Gamma_L$  yang diinginkan (di lingkaran tersebut)
3. Dengan  $\Gamma_L$  tersebut, daya keluaran maksimum diperoleh dengan melakukan conjugate match pada masukan, yaitu  $\Gamma_S = \Gamma_{IN}^*$ ,  $\Gamma_S$  ini memberikan  $G_T = G_p$



# Contoh (1)

Transistor dengan:

$$S_{11} = 0,641 \angle -171,3^\circ$$
$$S_{21} = 2,058 \angle 28,5^\circ$$
$$S_{12} = 0,057 \angle 16,3^\circ$$
$$S_{22} = 0,572 \angle -95,7^\circ$$

Rancanglah sebuah penguat RF yang mempunyai  $G_p = 9$  dB !

# Contoh (1)

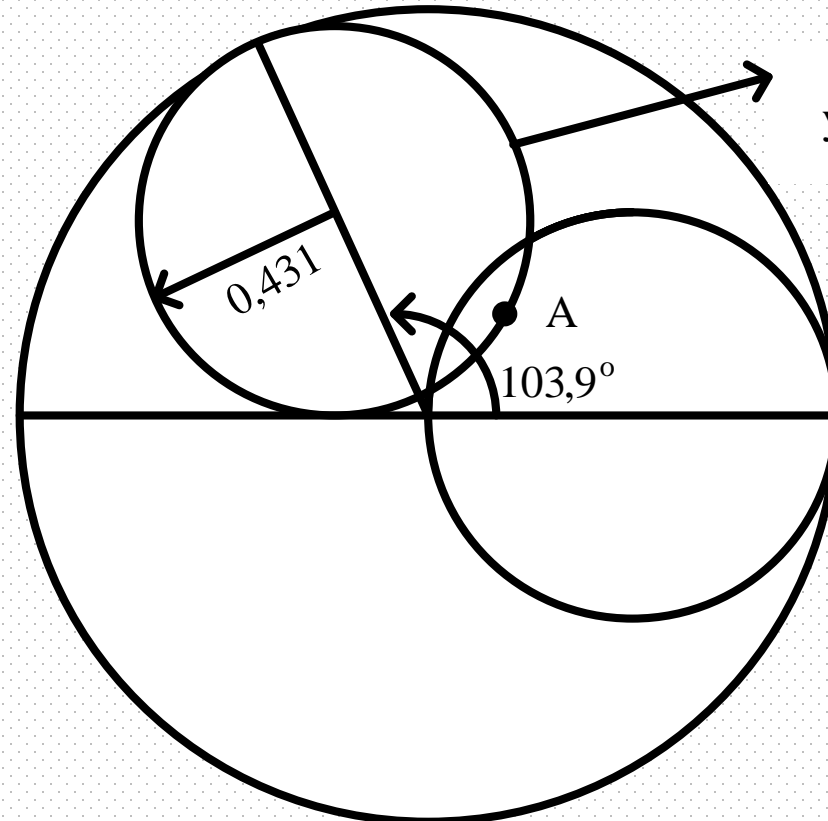
$|\Delta| = 0,3014$     $K = 1,504 \rightarrow$  mantap tanpa syarat

$$|S_{21}|^2 = (2,058)^2 = 4,235 \Rightarrow g_P = \frac{G_P}{|S_{21}|^2} = \frac{7,94}{4,235} = 1,875$$

$$C_2 = 0,3911 \angle -103,9^\circ$$

$$R_p = 0,431 \quad C_P = 0,508 \angle 103,9^\circ$$

gambar tempat kedudukan  $\Gamma_L$  yang memberikan  $GP = 9$  dB



tempat kedudukan  $\Gamma_L$  yang memberikan  $G_P = 9$  dB

Kita pilih  $\Gamma_L = 0,36 \angle 47,5^\circ$  (titik A)

$\Gamma_S$  yang memberikan daya keluar maksimum

$$\Gamma_S = \Gamma_{IN}^* = \left[ S_{11} + \frac{S_{12} \cdot S_{21} \cdot \Gamma_L}{1 - S_{22} \Gamma_L} \right]^*$$

$$\Gamma_S = 0,629 \angle 175,51^\circ$$



# Operating Power Gain (GP) Konstan (3)

## b. KASUS MANTAP BERSYARAT

Dengan transistor mantap bersyarat, prosedur perancangan untuk  $G_p$  tertentu adalah sebagai berikut:

1. Untuk  $G_p$  yang diinginkan, gambar lingkaran  $G_p$  konstan dan lingkaran kemantapan beban. Pilih  $\Gamma_L$  yang berada pada daerah mantap dan tidak terlalu dekat dengan lingkaran kemantapan beban.
2. Hitung  $\Gamma_{IN}$  dan tentukan apakah conjugate match pada masukan mungkin. Untuk itu gambar lingkaran kemantapan sumber dan periksa apakah  $\Gamma_S = \Gamma_{IN}^*$  terletak pada daerah mantap.
3. Jika  $\Gamma_S = \Gamma_{IN}^*$  tidak terletak pada daerah mantap atau terletak pada daerah mantap namun terlalu dekat dengan lingkaran kemantapan sumber, pilih  $\Gamma_L$  yang lain dan ulangi langkah 1 dan 2.

Catatan: Nilai  $\Gamma_S$  dan  $\Gamma_L$  sebaiknya tidak terlalu dekat dengan lingkaran kemantapan, karena ketidakmantapan (OSILASI) dapat terjadi oleh variasi nilai komponen yang digunakan sehingga  $\Gamma_L$  dan  $\Gamma_S$  masuk ke daerah tidak mantap.



## Contoh (2)

Transistor dengan:

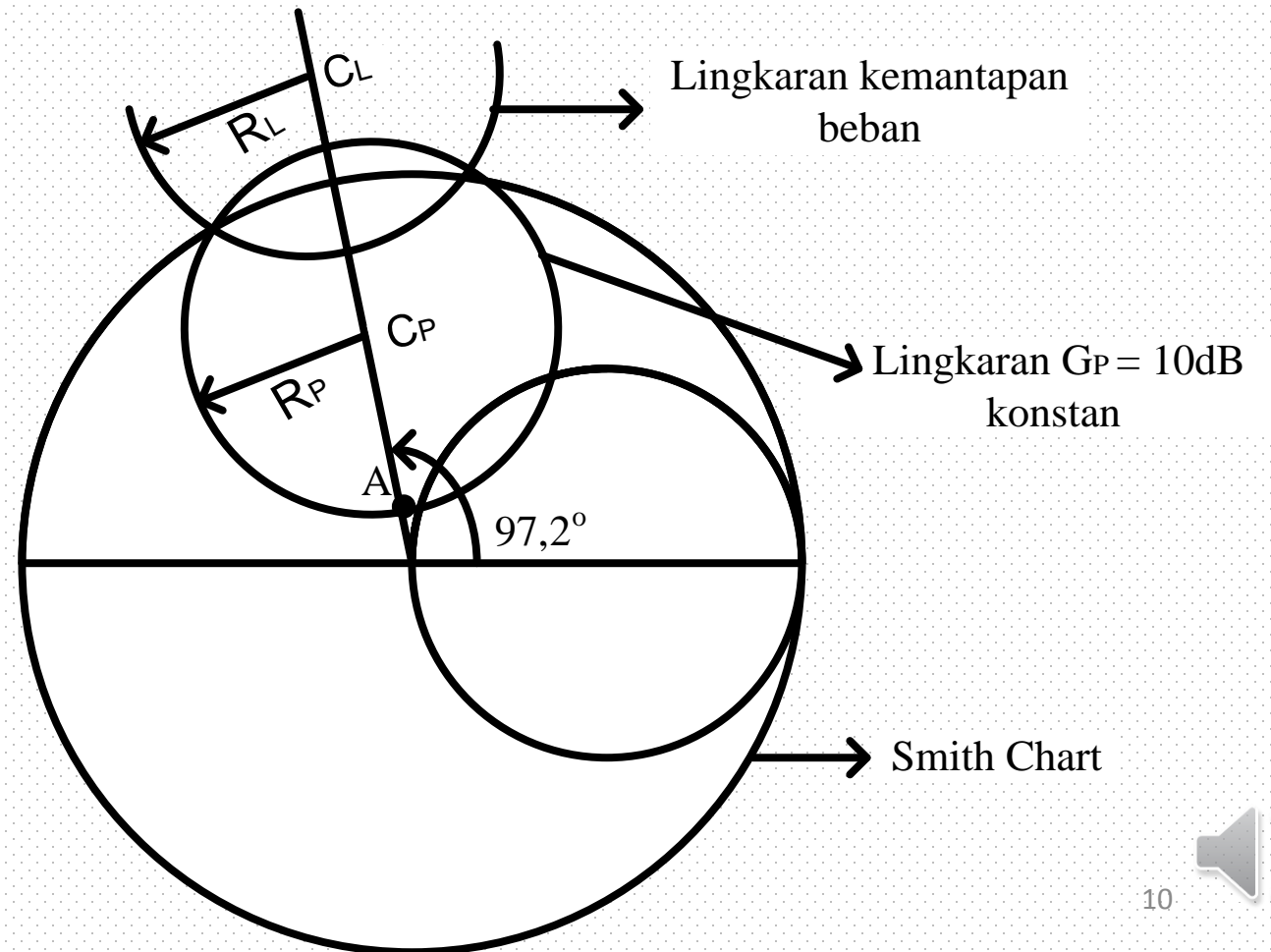
$$S_{11} = 0,5 \angle -180^\circ$$
$$S_{21} = 2,5 \angle 70^\circ$$
$$S_{12} = 0,08 \angle 30^\circ$$
$$S_{22} = 0,8 \angle -100^\circ$$

Rancanglah sebuah penguat RF yang mempunyai  $G_p = 10$  dB !

# Contoh (2)

$\Delta = 0,223 \angle 62,12$      $K = 0,4 \rightarrow$  transistor mantap bersyarat

$$G_P = 10\text{dB} \left\{ \begin{array}{l} C_P = 0,572 \angle 97,2^\circ \\ R_P = 0,473 \\ C_L = 1,18 \angle 97,2^\circ \\ R_L = 0,34 \end{array} \right.$$



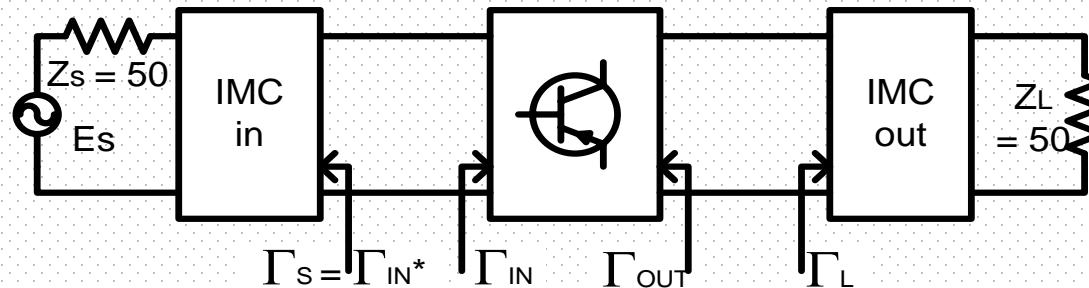
# Contoh (2)

- Oleh karena  $|S_{11}| < 1$ , daerah MANTAP berada di luar lingkaran kemantapan BEBAN
- Pilih titik A  $\rightarrow \Gamma_L = 0,1 \angle 97,2^\circ \rightarrow \Gamma_S = \Gamma_{IN}^* = 0,52 \angle 179,32^\circ$
- Lingkaran kemantapan sumber :  $C_S = 1,67 \angle 171^\circ$  dan  $R_S = 1,0$   
 $\Gamma_S$  di atas harus diperiksa apakah berada di daerah MANTAP.
- Daerah mantap berada di luar lingkaran kemantapan sumber  $\rightarrow \Gamma_S$  berada di daerah mantap, maka  $\Gamma_S$  dapat digunakan.

$$\Gamma_S = \Gamma_{IN}^* \rightarrow VSWR_{IN} = 1$$

$$VSWR_{OUT} = \frac{1 + |\Gamma_b|}{1 - |\Gamma_b|} = 23,5$$

$$\Gamma_{OUT} = 0,934 \angle -97,18^\circ \Rightarrow |\Gamma_b| = 0,918$$



# Available Power Gain (GA) Konstan (1)

## a) KASUS MANTAP TANPA SYARAT

$$G_A = \frac{1}{1 - |\Gamma_{OUT}|^2} |S_{21}|^2 \frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - S_{11}\Gamma_S|^2} = |S_{21}|^2 \cdot g_A$$

$$g_A = \frac{G_A}{|S_{21}|^2} = \frac{1 - |\Gamma_S|^2}{1 - |S_{22}|^2 + |\Gamma_S|^2 \cdot (|S_{11}|^2 - |\Delta|^2) - 2 \operatorname{Re}[\Gamma_S \cdot C_1]}$$

$$C_1 = S_{11} - \Delta \cdot S_{22}^*$$

Dengan cara yang sama seperti lingkaran  $G_p$  konstan, diperoleh : **Lingkaran  $G_A$  konstan :**

titik pusat lingkaran :  $C_A = \frac{g_A \cdot C_1^*}{1 + g_A (|S_{11}|^2 - |\Delta|^2)}$

jari-jari lingkaran :  $R_A = \frac{\left\{ 1 - 2K |S_{12} \cdot S_{21}| g_A + |S_{12} \cdot S_{21}|^2 \cdot g_A^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}{|1 + g_A (|S_{11}|^2 - |\Delta|^2)|}$

Semua  $\Gamma_S$  pada lingkaran, memberikan suatu  $G_A$  yang diinginkan. Untuk  $G_A$  tertentu, daya keluaran maksimum diperoleh dengan  $\Gamma_L = \Gamma_{OUT}^* \rightarrow \Gamma_L$  ini memberikan  $G_T = G_A$



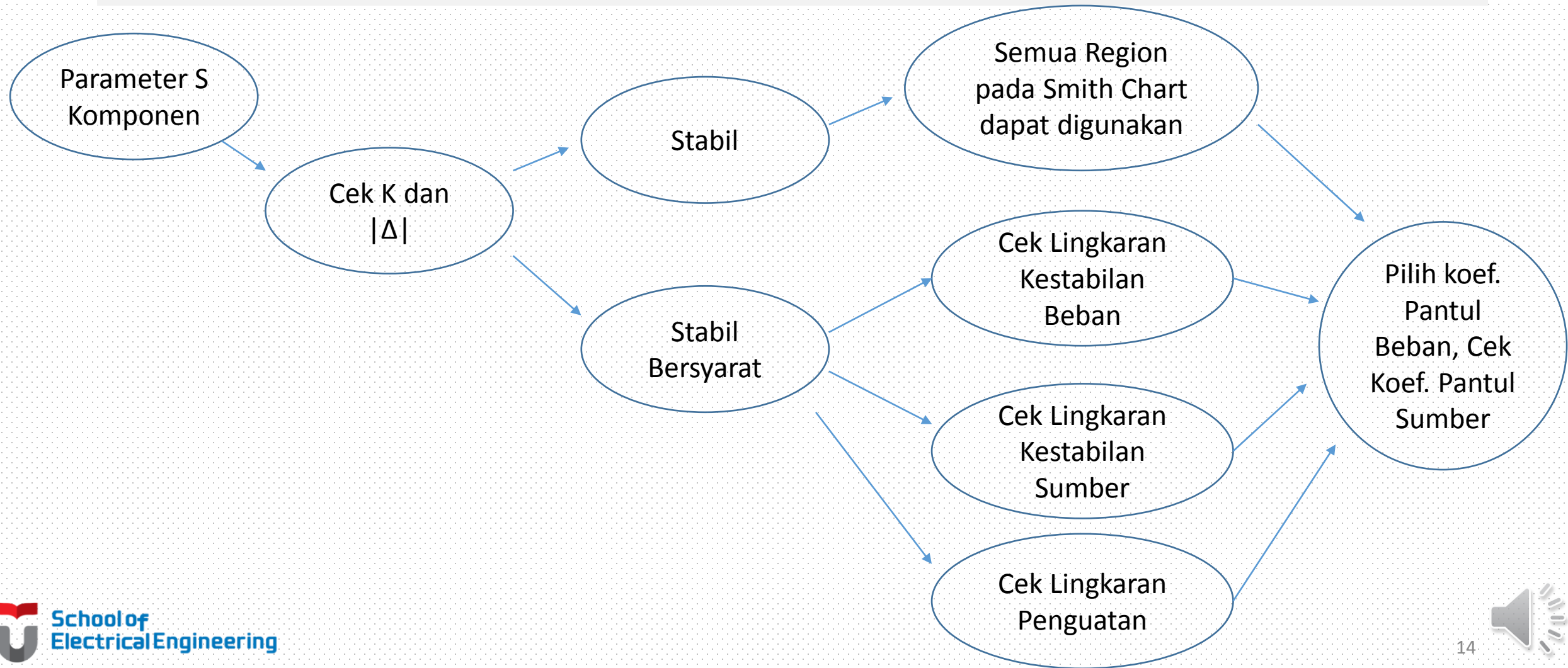
# Available Power Gain ( $G_A$ ) Konstan (2)

## **b) KASUS MANTAP BERSYARAT**

1. Untuk  $G_A$  yang diinginkan, gambar lingkaran  $G_A$  konstan dan lingkaran kemantapan sumber. Pilih  $\Gamma_S$  yang berada di daerah mantap dan tidak terlalu dekat dengan lingkaran kemantapan.
2. Hitung  $\Gamma_{OUT}$  dan periksa apakah conjugate match mungkin. Untuk itu gambar lingkaran kemantapan beban dan periksa apakah  $\Gamma_L = \Gamma_{OUT}^*$  berada di daerah mantap.
3. Jika  $\Gamma_L = \Gamma_{OUT}^*$  tidak berada pada daerah mantap atau terlalu dekat dengan lingkaran kemantapan beban, pilih  $\Gamma_S$  atau  $G_A$  yang lain.



# Kesimpulan



# Referensi

- Microwave Engineering 3rd Edition, David M. Pozar.

Terima Kasih