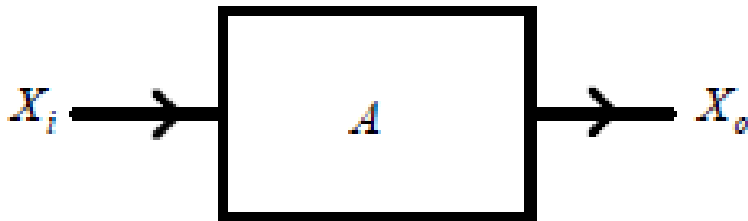


# OPERATIONAL AMPLIFIER DENGAN UMPAN BALIK (CLOSED LOOP)

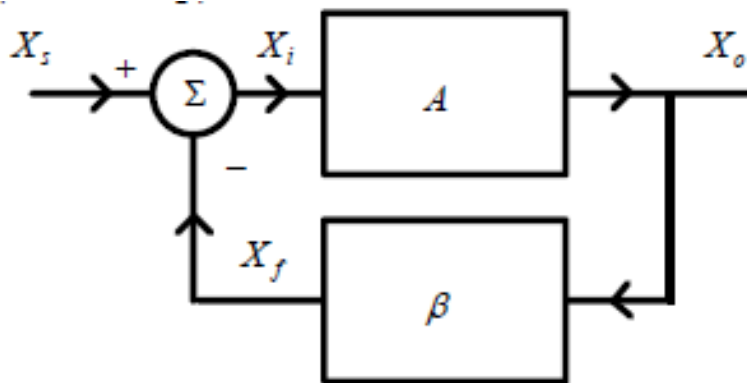
- Umpan balik (feedback) dapat diartikan mengembalikan sebagian output ke bagian input.
- Ada 2 umpan balik :
  1. Umpan balik negatif (memperlemah)
  2. Umpan balik positif (memperkuat)
- Sistem umpan balik negatif adalah suatu sistem dimana sinyal keluaran dari penguat dikembalikan lagi input penguat tersebut, sehingga sinyal keluaran bergabung dengan sinyal masukan. Dan sinyal keluaran yang dikembalikan mempunyai fasa yang berlawanan dengan sinyal masukan.
- Umpan balik negatif digunakan untuk membuat penguat menjadi lebih tidak mudah berosilasi, mempunyai respon frekuensi yang lebih besar dan mempunyai cacat yang lebih kecil pada bentuk keluarannya

## Penguat tanpa feedback (open loop)



$$X_o = AX_i$$

## Penguat dengan feedback (closed loop)



$$X_o = AX_i$$

$$X_f = \beta X_o$$

$$X_i = X_s - X_f \Rightarrow \frac{X_o}{A} = X_s - \beta X_o \Rightarrow X_o \left( \frac{1}{A} + \beta \right) = X_s$$

$$\frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

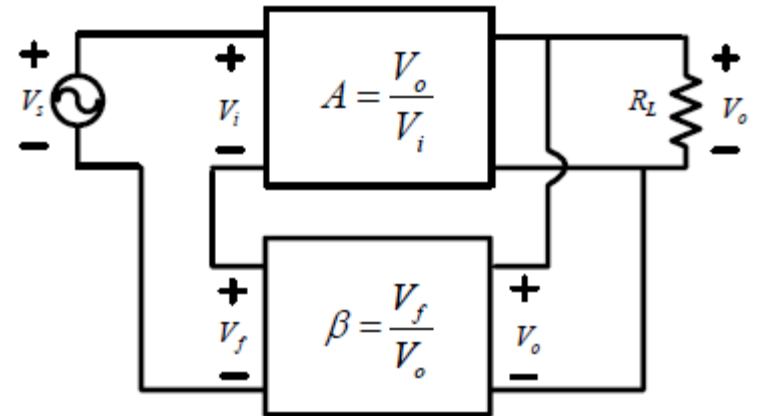
$$\text{Jika } A\beta \gg 1, \text{ maka : } \frac{X_o}{X_s} = \frac{1}{\beta}$$

penguatan hanya tergantung oleh penguatan umpan balik.

- Ada 4 cara hubungan umpan balik :
  1. Umpan balik seri tegangan
  2. Umpan balik paralel tegangan
  3. Umpan balik seri arus
  4. Umpan balik paralel arus
- Rangkaian umpan balik negatif akan menghasilkan penguatan lebih kecil dibanding tanpa umpan balik
- Keuntungan utama umpan balik negatif
  - Memiliki frekuensi kerja lebih lebar
  - Memperbaiki kestabilan sistem/rangkaian

# 1. Umpan balik seri tegangan

Ciri-ciri : impedansi input diperbesar dan impedansi output kecil.



*Penguatan Umpan Balik :*

$$A_f = \frac{V_o}{V_s} = \frac{AV_i}{V_i + V_f} = \frac{AV_i}{V_i + \beta V_o} = \frac{AV_i}{V_i + \beta AV_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Input :*

$$Z_{if} = \frac{V_s}{I_i} = \frac{V_i + V_f}{I_i} = \frac{V_i + \beta V_o}{I_i} = \frac{V_i + \beta AV_i}{I_i} = \frac{V_i}{I_i} (1 + A\beta) = Z_i (1 + A\beta)$$

*Impedansi Output :*

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{IZ_o + AV_i}{I}$$

Saat  $V_s = 0 \rightarrow V_i = -V_f$

$$Z_{of} = \frac{IZ_o + AV_i}{I} = \frac{IZ_o - AV_f}{I} = \frac{IZ_o - A\beta V}{I} = Z_o - A\beta \frac{V}{I} = Z_o - A\beta Z_{of}$$

$$Z_{of} = \frac{Z_o}{1 + A\beta}$$

## 2. Umpan Balik Paralel Tegangan

Ciri-ciri : menurunkan impedansi input dan impedansi output.

*Penguatan Umpan Balik :*

$$A_f = \frac{V_o}{I_s} = \frac{AI_i}{I_i + I_f} = \frac{AI_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{AI_i}{I_i + \beta AI_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Input :*

$$Z_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{V_i}{I_i + I_f} = \frac{V_i}{I_i + \beta V_o} = \frac{V_i / I_i}{I_i / I_i + \beta V_o / I_i} = \frac{Z_i}{1 + A\beta}$$

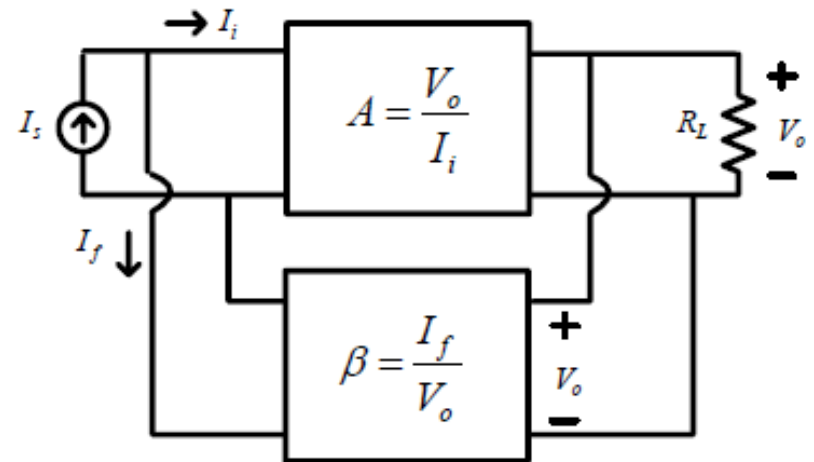
*Impedansi Output :*

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{IZ_o + AI_i}{I}$$

Saat  $I_s = 0 \rightarrow I_i = -I_f$

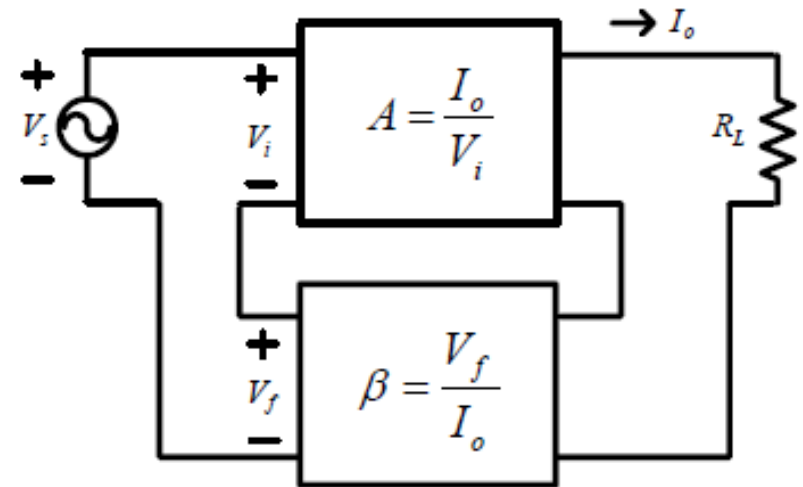
$$Z_{of} = \frac{IZ_o + AI_i}{I} = \frac{IZ_o - AI_f}{I} = \frac{IZ_o - A\beta V}{I} = Z_o - A\beta \frac{V}{I} = Z_o - A\beta Z_{of}$$

$$Z_{of} = \frac{Z_o}{1 + A\beta}$$



### 3. Umpan Balik Seri Arus

Ciri-ciri : menaikkan impedansi input dan impedansi output.



*Penguatan Umpan Balik :*

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{I_o}{V_i + V_f} = \frac{I_o}{I_o/A + \beta I_o} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Input :*

$$Z_{if} = \frac{V_s}{I_i} = \frac{V_i + V_f}{I_i} = \frac{V_i + \beta I_o}{I_i} = \frac{V_i + \beta A V_i}{I_i} = \frac{V_i}{I_i} (1 + A\beta) = Z_i (1 + A\beta)$$

*Impedansi Output :*

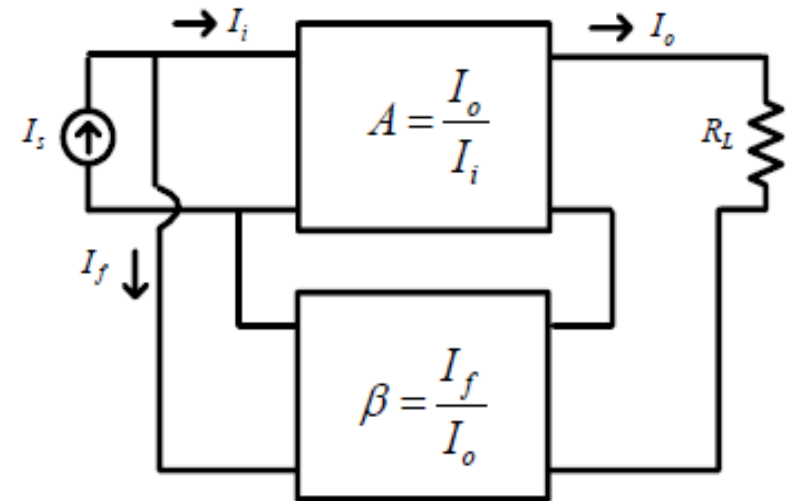
$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{Z_o (I - A V_i)}{I}$$

Saat  $V_s = 0 \rightarrow V_i = -V_f$

$$Z_{of} = \frac{Z_o (I - A V_i)}{I} = \frac{Z_o (I + A V_f)}{I} = \frac{Z_o (I + A \beta I)}{I} = Z_o (1 + A\beta)$$

## 4. Umpan Balik Paralel Arus

Ciri-ciri : menurunkan impedansi input dan menaikkan impedansi output.



*Penguatan Umpan Balik :*

$$A_f = \frac{I_o}{I_s} = \frac{I_o}{I_i + I_f} = \frac{AI_i}{I_i + \beta I_o} = \frac{AI_i}{I_i + \beta AI_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Input :*

$$Z_{if} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{V_i}{I_i + I_f} = \frac{V_i}{I_i + \beta I_o} = \frac{V_i}{I_i + \beta AI_i} = \frac{V_i}{I_i} \frac{1}{1 + A\beta} = \frac{Z_i}{1 + A\beta}$$

*Impedansi Output :*

$$Z_{of} = \frac{V}{I} = \frac{Z_o(I - AI_i)}{I}$$

Saat  $I_s = 0 \rightarrow I_i = -I_f$

$$Z_{of} = \frac{Z_o(I - AI_i)}{I} = \frac{Z_o(I + AI_f)}{I} = \frac{Z_o(I + A\beta I)}{I} = Z_o(1 + A\beta)$$