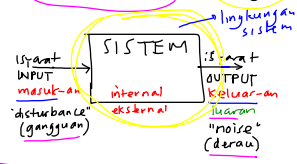
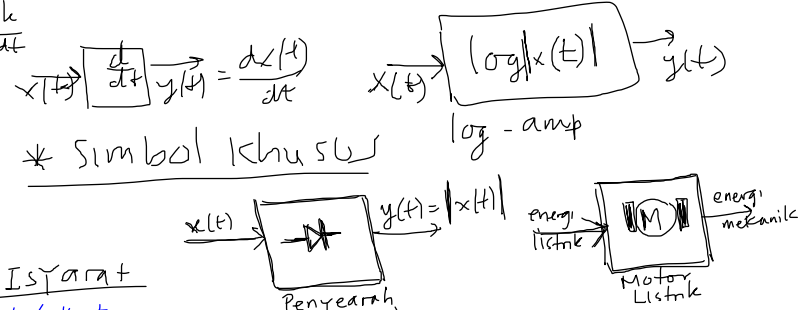


*** Representasi PROSES/SISTEM**
 Dalam Bagan Kotak, **SISTEM/PROSES** di-representasi -kan dgn **KOTAK**

*** NOTASI Sistem**
 * Kata & kalimat
 * Huruf dan angka

*** Operasi matematik**
 $x(t) \rightarrow \int dt \ y(t) = \int x(t) dt$
 integrator

$x \rightarrow K \rightarrow y = Kx$
 $K > 1 \rightarrow$ Penguat / Amplifier
 $0 < K < 1 \rightarrow$ Redaman / Attenuator
 $K < 0 \rightarrow$ Penguat membalik (inverting amplifier)



*** Notasi Isyarat**

*** Berupa kata-kata/kalimat**
*** Berupa fungsi**
 $x(t)$ = isyarat x yang berubah dgn t
 $y(k)$ = isyarat y yang berubah dgn k = 0, 1, 2, 3, ...
 ω = omega
 f = frekuensi
 T = T (periode)
 π = pi
 $\omega = 2\pi f$
 $\pi = 180^\circ$
 ω = radian, D. Diameter

*** Representasi Sistem**

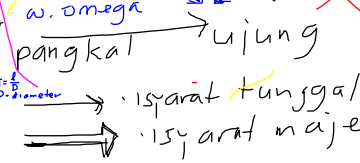
Dalam kuliah ini, sistem direpresentasikan dengan **BAGAN KOTAK (Block Diagram)**, suatu alat matematik untuk mem-visualisasi-sasi sistem

$\Rightarrow$ Representasi isyarat (signal)

$\Rightarrow$ Representasi proses atau sistem

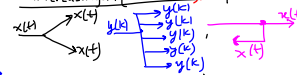
*** Representasi isyarat (signal)**

Dalam Bagan Kotak, isyarat direpresentasikan dengan **garis panah** yang ada **USUNG** dan **PANGKAL**-ny

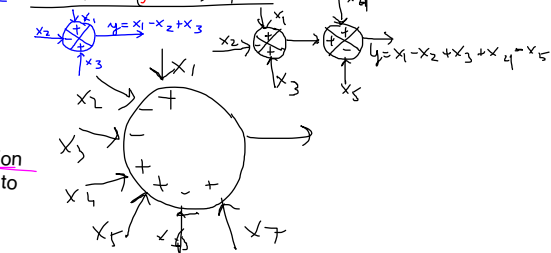


*** Percabangan dan Pertemuan ISYARAT**

*** Percabangan (branching) isyarat**



*** Pertemuan (junction) isyarat**



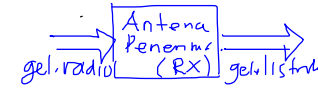
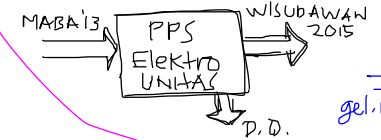
*** Analisis Isyarat dan Sistem**

- 1. Isyarat
- 2. Sistem
- 3. Representasi SISTEM $\rightarrow$ Bagan Kotak
- 4. Mekanisme SISTEM $\rightarrow$ 10 mekan
- 5. Pemetaan SISTEM $\rightarrow$ 3 mekan

TEST I : <http://www.uahes.ac.id/hi/za/ncip/kuliah/>
 Sistem Linear $\rightarrow$ Solusi

*** Pengertian SISTEM**
 (Oppenheim, et al.)

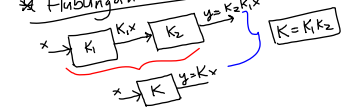
A system can be viewed as any process that results in the transformation of signals. Thus, a system has an input and an output which is related to the input through the system transformation.



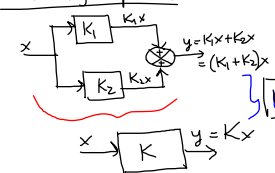
*** ALJABAR BAGAN KOTAK**

Block Diagram Algebra

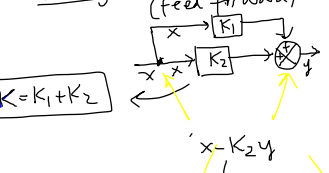
*** Hubungan serial (cascado)**



*** Hubungan paralel**



*** Hubungan umpan maju (feed forward)**



*** Hubungan umpan-balik (feedback)**

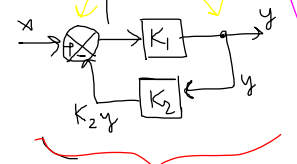
$$y = K_1 [x - K_2 y]$$

$$= K_1 x - K_1 K_2 y$$

$$y + K_1 K_2 y = K_1 x$$

$$[1 + K_1 K_2] y = K_1 x \rightarrow$$

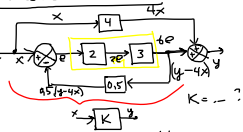
$$y = \frac{K_1}{1 + K_1 K_2} x$$



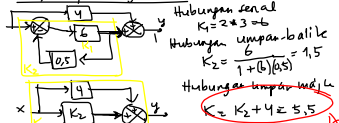
$$K = \frac{K_1}{1 + K_1 K_2}$$

Contoh-contoh

*** Contoh MATEMATIS**



Gara: Dengan Aljabar Bagan Kotak



Cara II: Dengan Percabangan & Pertemuan Isyarat

$$e = x - (0.5(y - 4x))$$

$$= x - (0.5y - 2x)$$

$$= x - 0.5y + 2x = 3x - 0.5y$$

$$6e = y - 4x$$

$$6(3x - 0.5y) = y - 4x$$

$$18x - 3y = y - 4x$$

$$4y = 22x$$

$$y = 5.5x$$

SAMA!

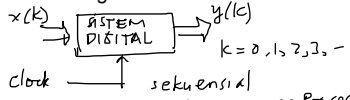
K = 5.5

* Sistem Kausal/Non-Kausal

DEFINISI

Suatu sistem dikatakan non-kausal jika keluaran dan keadaannya pada saat ini bergantung pada masukan, keadaan dan/atau keluarannya pada masa yang akan datang

Contoh MATEMATIS



SISTEM A

$$y(k) = 10(k+1)x(k)$$

Kausal

k	x(k)	y(k)
0	1	10
1	0	0
2	1	30

SISTEM B

$$y(k) = 10kx(k+1)$$

non kausal

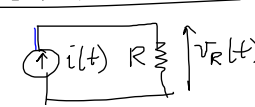
k	x(k)	y(k)
0	?	0
1	?	?
2	?	?

non-realizable

Sistem yang 'seolah-olah' NON-KAUSAL, padahal sebenarnya KAUSAL

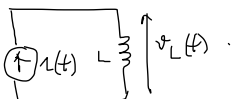
Jika mundur 3 langkah
 $y(k-3) = 10(k-2)x(k-2)$
 $y(k) = 10(k+1)x(k)$
 ← Kausal

Contoh ELEKTRIK



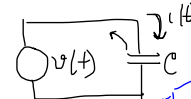
$$v_R(t) = R i(t)$$

(tanpa ingatan)



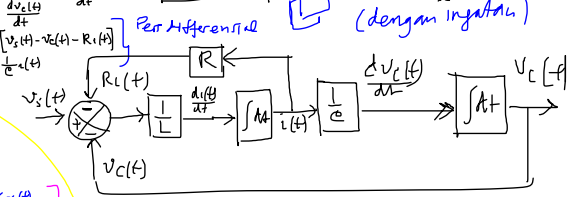
$$v_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

(dengan ingatan)



$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$

(dengan ingatan)



Pers Diferensial (KALKULUS)

Sistem Sierensi

Bagan Kalkulus

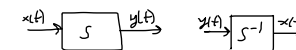
double integrator

next = Mekanika

* Sistem Invertible dan non-invertible

DEFINISI

Suatu sistem dikatakan invertible jika memiliki inverse



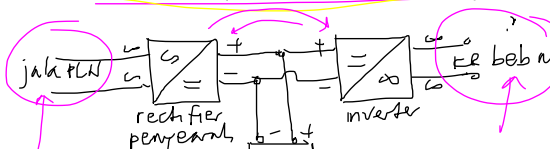
Invertibility: penting dalam "signal processing"

Sistem	INVERSE
Recorder	Play back
MIC	SPEAKER
Encoder	Decoder
Pemancar (TX)	Penerima (RX)
Modulator	Demodulator
Encrypt	Decrypt
Scrambler	Descrambler
Multiplexer (MUX)	Demultiplexer (DEMUX)

"INVERTER" inverse "RECTIFIER" ???

Bukan, rectifier non-invertible!

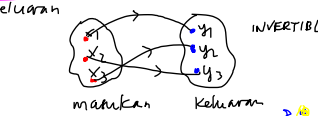
UPS: Uninterruptable Power Supply



$$x(t) \rightarrow \text{Rectifier} \rightarrow y(t) = |x(t)|$$

$$\begin{aligned} x(t) = 1 &\rightarrow y(t) = 1 \\ x(t) = -1 &\rightarrow y(t) = 1 \end{aligned} \rightarrow x(t) = ?$$

Umumnya suatu sistem invertible karena terjadi pemetaan SATU-ke-SATU (one-to-one mapping) antara masukan dan keluaran



Bandingkan: $y(t) = [x(t)]^2 = \text{non-invertible (REAL)}$
 dengan $y(t) = [x(t)]^3 = \text{invertible}$

* Sistem LINIER dan TAK LINIER

Suatu sistem dikatakan linier, jika kombinasi linier isyarat masukan SELALU menghasilkan kombinasi linier isyarat keluaran

- Jika suatu sistem
- diberikan masukan $x_1(t)$ menghasilkan keluaran $y_1(t)$
 - diberikan masukan $x_2(t)$ menghasilkan keluaran $y_2(t)$
 - lalu dengan α_1 dan α_2 REAL $\neq 0$, diberikan masukan $x(t) = \alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t)$ maka keluarannya SELALU $y(t) = \alpha_1 y_1(t) + \alpha_2 y_2(t)$ untuk sembarang $x_1(t), x_2(t), \alpha_1$ dan α_2

Dengan TABEL :

Masukan	Keluaran
$x_1(t)$	$y_1(t)$
$x_2(t)$	$y_2(t)$
sembarang α_1, α_2	$y(t) = \alpha_1 y_1(t) + \alpha_2 y_2(t)$

KOMBINASI LINIER MASUKAN

KOMBINASI LINIER KELUARAN

Contoh :

* Buktikan penguat $y(t) = Kx(t)$ adalah penguat linier!

Jawab :

Masukan	Keluaran
$x_1(t)$	$y_1(t) = Kx_1(t)$
$x_2(t)$	$y_2(t) = Kx_2(t)$

α_1, α_2

$$x(t) = \alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t) \rightarrow y(t) = Kx(t)$$

$$= K[\alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t)]$$

$$= K\alpha_1 x_1(t) + K\alpha_2 x_2(t)$$

$$= \alpha_1(Kx_1(t)) + \alpha_2(Kx_2(t))$$

$$= \alpha_1 y_1(t) + \alpha_2 y_2(t)$$

KOMBINASI LINIER ISYARAT MASUKAN

KOMBINASI LINIER ISYARAT KELUARAN

LTI **QED** (terbukti)

Terbukti bahwa Penguat ini LINIER

* Bagaimana dengan penguat $y(t) = Ke^{-t}x(t)$?

Jawab : Penguat $y(t) = Ke^{-t}x(t)$ adalah sistem linier!

Bukti: Masukan $\rightarrow$ Keluaran

$$x_1(t) \rightarrow y_1(t) = Ke^{-t}x_1(t)$$

$$x_2(t) \rightarrow y_2(t) = Ke^{-t}x_2(t)$$

α_1, α_2

$$x(t) = \alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t) \rightarrow y(t) = Ke^{-t}x(t)$$

$$= Ke^{-t}[\alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t)]$$

$$= Ke^{-t}\alpha_1 x_1(t) + Ke^{-t}\alpha_2 x_2(t)$$

$$= \alpha_1 Ke^{-t}x_1(t) + \alpha_2 Ke^{-t}x_2(t)$$

$$= \alpha_1 y_1(t) + \alpha_2 y_2(t)$$

LTV **QED**

* Sistem "TIME VARYING" dan "TIME INVARIANT"

Definisi: Suatu sistem dikatakan "time invariant" jika pergeseran waktu (time-shifting, ditunda atau dimajukan) pada masukan HANYA akan mengakibatkan pergeseran waktu pada keluaran

Contoh: Penguat A $\rightarrow$ Penguat B

$$y(t) = Kx(t)$$

$$y(t) = [Ke^{-t}]x(t)$$

Masukan $x_1(t)$, menghasilkan keluaran:

$$y_1(t) = Kx_1(t)$$

yang jika ditunda:

$$y_1(t-\Delta) = Kx_1(t-\Delta)$$

$$y_1(t-\Delta) = [Ke^{-(t-\Delta)}]x_1(t-\Delta)$$

$$= Ke^{\Delta}e^{-t}x_1(t-\Delta)$$

sama

Masukan $x_2(t) = x_1(t-\Delta)$, menghasilkan keluaran:

$$y_2(t) = Kx_2(t)$$

$$= Kx_1(t-\Delta)$$

$$= y_1(t-\Delta)$$

TIME INVARIANT

* Linierkah rangkaian penyearah: $y(t) = |x(t)|$?

Jawab: Tidak, penyearah ini tak linier!

BukanBukti:

Masukan $\rightarrow$ Keluaran

$$x_1(t) = 2 \rightarrow y_1(t) = |x_1(t)| = |2| = 2$$

$$x_2(t) = 3 \rightarrow y_2(t) = |x_2(t)| = |3| = 3$$

$$\alpha_1 = 4, \alpha_2 = 5 \rightarrow \alpha_1 y_1(t) + \alpha_2 y_2(t)$$

$$4 \cdot 2 + 5 \cdot 3 = 23$$

(Kombinasi linier isyarat keluaran)

$$x(t) = \alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t)$$

$$= 4 \cdot 2 + 5 \cdot 3 = 23 \rightarrow y(t) = |x(t)| = |23| = 23$$

(hasil kombinasi linier isyarat masukan)

Bukti yang benar, silakan cari sendiri!

* Buktikan bahwa modulator fasa:

$$y(t) = A \sin[\omega t + x(t)]$$

adalah sistem tak linier.

$$\omega = 2\pi f$$

Bukti:

Masukan $\rightarrow$ Keluaran

Pada $t = 0 \rightarrow y(t) = A \sin(x(t))$

$$x_1(t) = \frac{\pi}{2} \text{ rad} \rightarrow y_1(t) = A \sin \frac{\pi}{2} = A$$

$$x_2(t) = \frac{\pi}{6} \text{ rad} \rightarrow y_2(t) = A \sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}A$$

$$\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 1 \rightarrow \alpha_1 y_1(t) + \alpha_2 y_2(t)$$

$$= 1 \cdot A + 1 \cdot \frac{1}{2}A$$

$$= \frac{3}{2}A$$

$$x(t) = \alpha_1 x_1(t) + \alpha_2 x_2(t)$$

$$= 1 \cdot \frac{\pi}{2} + 1 \cdot \frac{\pi}{6}$$

$$= \frac{2\pi}{3}$$

$$\rightarrow y(t) = A \sin \frac{2\pi}{3}$$

$$= \frac{1}{2}A\sqrt{3}$$

Terbukti sistem tak linier!

BAB I Pengenalan SISTEM

BAB II Permodelan SISTEM

* Pentingnya permodelan SISTEM !

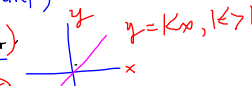
- * Model-Model Sistem
 - * Model STATIK
 - * Model DINAMIK
 - Model Transfer Function
 - Model State Space

* Model Statik

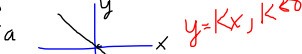
→ Disebut juga model watale-alih (transfer characterstic) (model steady state) (keadaan tunak)

→ Tidak melibatkan waktu t

Misalnya : * Penguat (Amplifier)

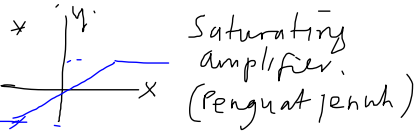


penguat tak membalik (non-inverting)



penguat membalik khusus $K = -1$, namanya adalah pembalik fase (PHASE SHIFTER)

Model STATIK mi kurang bermanfaat untuk sistem LINIER, tapi untuk SISTEM TAK LINIER ia SANGAT BERMANFAAT =



x : Isyarat masukan
y : Isyarat keluaran

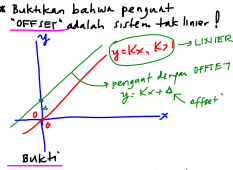
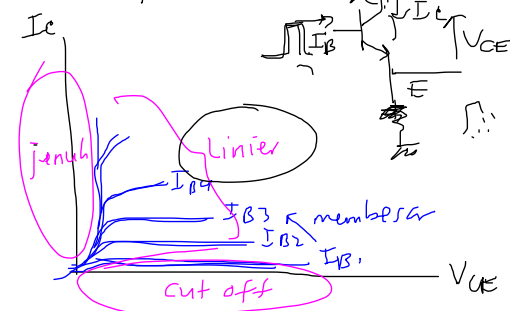
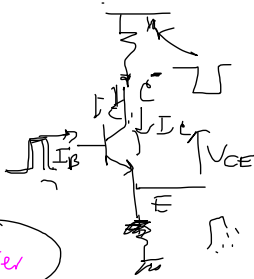
Relay

Hysteresis terak

Schmitt Trigger

Pembanding (Window Comparatr)

DEAD ZONE



Isyarat Masukan → Isyarat Keluar

$$x_1(t) = 2 \rightarrow y_1(t) = K + d$$

$$x_2(t) = 2 \rightarrow y_2(t) = 2K + d$$

$$x(t) = d_1 x_1(t) + d_2 x_2(t) = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 = 3$$

$$y(t) = Kx(t) + d = 3K + d$$

* Buktikan suatu integrator adalah SISTEM LINIER

Isyarat Masukan → Isyarat Keluaran

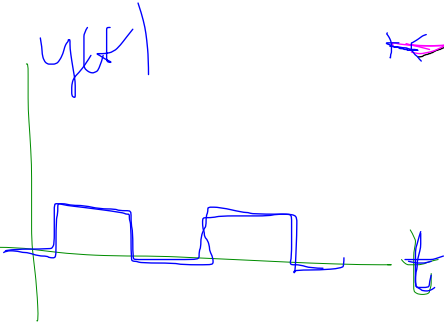
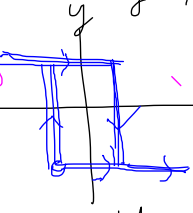
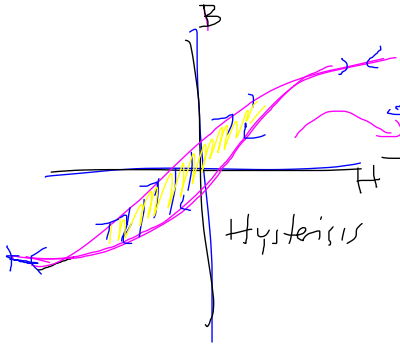
$$x_1(t) \rightarrow y_1(t) = \int x_1(t) dt$$

$$x_2(t) \rightarrow y_2(t) = \int x_2(t) dt$$

$$y(t) = \int [d_1 x_1(t) + d_2 x_2(t)] dt = \int d_1 x_1(t) dt + \int d_2 x_2(t) dt = d_1 y_1(t) + d_2 y_2(t)$$

Jadi suatu integrator adalah SISTEM LINIER karena sebagai kombinasi linier isyarat masukan selalu menghasilkan kombinasi linier isyarat keluaran

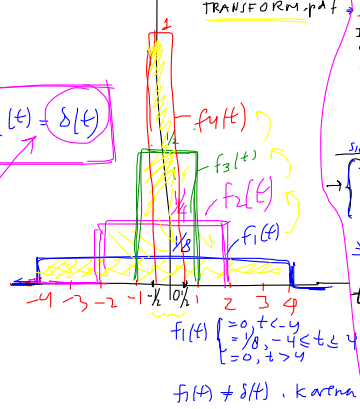
Jelaslah bahwa penguat dengan OFFSET adalah sistem TAK LINIER, karena kombinasi linier isyarat masukan TIDAK menghasilkan kombinasi linier isyarat keluaran $y(t) \neq d_1 y_1(t) + d_2 y_2(t)$, $(q.e.d.)$



$x(t) \xrightarrow{g(t)} y(t)$
 Jika $x(t) = \delta(t) \rightarrow y(t) = g(t)$
 maka $y(t)$ adalah konvolusi antara $g(t)$ dan $x(t)$
 $y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau) \cdot x(t-\tau) d\tau$
 $= \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau) \cdot \delta(t-\tau) d\tau$

Untuk menghindari kerumitan integral konvolusi, dapat digunakan Transf. Laplace
 (lihat <http://www.unhas.ac.id/fhizad/rip/kuliah/TRANSFORM.pdf>)

$\lim_{k \rightarrow \infty} f_k(t) = \delta(t)$



Model Hibrida-Lini (Transfer Function)

Apa itu hibrida-lini?
 Hibrida-lini adalah tanggapan dari suatu sistem terhadap impuls.
 Jika sebuah sistem menghasilkan keluaran $g(t)$ ketika diberikan masukan impuls dengan satuan (unit impulse) $\delta(t)$, maka dikatakan hibrida-lini sistem itu adalah $g(t)$.

Apa itu impuls dengan satuan?
 Apa itu unit impulse?

Impuls $\delta(t)$ suatu isyarat matematis yang TIDAK ADA realisasi fisiknya. Ada beberapa fenomena yang mendekati sifat-sifat suatu impuls:

- * Sifatnya sangat sempit, sangat tajam, sangat tinggi
- * Sifatnya sangat lebar dan sangat cepat
- * Sifatnya sangat sempit, sangat tajam, sangat tinggi
- * Sifatnya sangat lebar dan sangat cepat

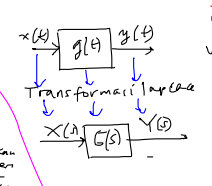
Sifat $\delta(t)$:

- * $\delta(t) = 0, t \neq 0$ Hanya ada pada $t=0$
- * $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$ Luas bidang antara $\delta(t)$ dengan sumbu $t=1$

Bagaimana membuat $\delta(t)$?

$\delta(t)$ dapat dibuat secara matematis dengan berbagai cara, antara lain sub:

$f(t) \neq \delta(t)$ karena $f(t)$ tidak hanya ada pada $t=0$

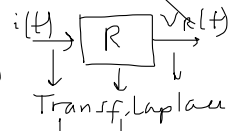


Contoh: * Tentukan $\mathcal{L}\{\delta(t)\}$!

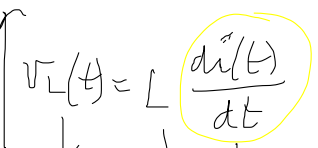
$\mathcal{L}\{\delta(t)\} = \frac{G(s)}{X(s)} = 1$

t : real variable
 s : pembah Laplace (complex variable)
 $\mathcal{L}\{x(t)\} = X(s) \leftrightarrow \mathcal{L}^{-1}\{X(s)\} = x(t)$
 $\mathcal{L}\{g(t)\} = G(s) \leftrightarrow \mathcal{L}^{-1}\{G(s)\} = g(t)$

Konsep IMPEDANSI

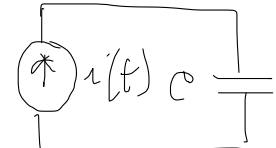


$Z_R(s) = \frac{V_R(s)}{I(s)} = R$



Transf. Laplace

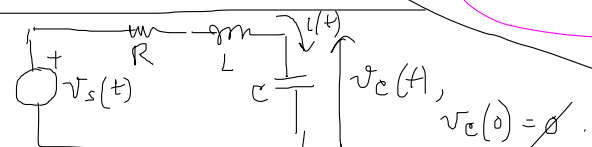
$V_L(s) = L s I(s) \rightarrow Z_L(s) = \frac{V_L(s)}{I(s)} = L s$



$v_C(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$

Transf. Laplace:

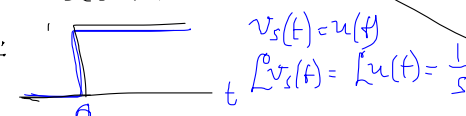
$V_C(s) = \frac{1}{C s} I(s) \rightarrow Z_C(s) = \frac{V_C(s)}{I(s)} = \frac{1}{C s}$



$G(s) = \frac{V_C(s)}{V_s(s)} = \frac{Z_C}{Z_R + Z_C} = \frac{1/s}{R + 1/s} = \frac{1}{R s + 1}$

$G(s) = \frac{Z_C}{Z_R + Z_C} = \frac{1/s}{R + 1/s} = \frac{1}{R s + 1}$

* Analisis Transien: $V_s(t)$:



$V_s(s) = \frac{1}{s}, G(s) = \frac{1}{R s + 1}$

$V_C(s) = G(s) V_s(s) = \frac{1}{s(R s + 1)}$

$v_C(t) = \mathcal{L}^{-1}\{V_C(s)\} \rightarrow$ lihat tabel

* Analisis Steady State
 $x(t)$ periodik $\rightarrow x(t) = A \sin(\omega t + \phi)$
 ω : omega [rad/sec]
 ϕ : phase [deg]
 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ [second]
 $s = j\omega$
 $G(j\omega) = \frac{1}{R(j\omega) + 1} = \frac{1}{j\omega R + 1}$
 $A_f = |G(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{R^2 \omega^2 + 1}}$
 $\phi = \angle G(j\omega) = -\tan^{-1}(\omega R)$
 $I_m = \omega R C$
 $v_C(t) = A_f A \sin(\omega t + \phi) \rightarrow$ Diagram Bode