



**YAYASAN PERGURUAN CIKINI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL**

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640 Telp. (021) 727 0090, 787 4645, 787 4647 Fax. (021) 786 6955
<http://www.istn.ac.id> E-mail: rektorat@istn.ac.id

**SURAT PENUGASAN TENAGA PENDIDIK
Nomor : 020/03-C.04/IV/2025
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2024/2025**

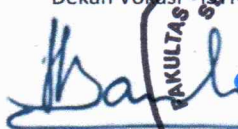
Nama	: Ir. Ariman, MT	Status Pegawai	: Edukatif Tetap
NIP/NIK/NIDN	: 199004/-/0313026703	Program Studi	: Teknik Elektro D3
Jabatan Akademik	: Lektor		

BIDANG	PERINCIAN KEGIATAN	RUANG/ TEMPAT	HARI/ JAM	SKS	KETERANGAN
I PENDIDIKAN DAN PENGAJARAN	MENGAJAR DI KELAS (KULIAH/RESPONSI DAN LABORATORIUM)				
	1. Sistem Cerdas (TEKNIK ELEKTRO KELAS K)	C-1	Sabtu/ 13:40-15:00	1.5	Team Teaching
	2. Pengolahan Sinyal Digital (TEKNIK ELEKTRO KELAS K)	C-3	Sabtu/ 19:00-20:40	1	Team Teaching
	3. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (TEKNIK SIPIL S1 KELAS A)	B-4	Rabu/ 16:00-18:00	1	Team Teaching
	4. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (TEKNIK SIPIL S1 KELAS K)	C-2	Jumat/ 16:00-18:00	1	Team Teaching
	5. Kewirausahaan (TEKNIK ELEKTRO KELAS K)	C-2	Sabtu/ 08:00-10:00	0	
	6. MBKM 7 Literasi Digital (P) (TEKNIK ELEKTRO KELAS K)	C-2	Jumat/ 19:00-20:40	0	
	7. Menguji Tugas Akhir			1	
	8. Pembimbing Tugas Akhir			1	
	9. Menduduki Jabatan Ka. Prodi Teknik Elektro D3		Senin – Jumat	3	
II PENELITIAN	1. Penulisan Karya Ilmiah			1	
III PENGABDIAN DAN MASYARAKAT	1. Pelatihan dan Penyuluhan			1	
IV UNSUR-UNSUR PENUNJANG	1. Berperan Serta Aktif dalam Pertemuan Ilmiah/Seminar			1	
Jumlah Total				12,5	

Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji/honorarium sesuai dengan peraturan penggajian yang berlaku di Institut Sains dan Teknologi Nasional. Penugasan ini berlaku tanggal 17 Maret 2025 sampai dengan 09 Agustus 2025.

Jakarta, 14 Maret 2025

Dekan Vokasi ISTN,



Prof. Dr. Bambang Soegijono, M.Si



Tembusan :

1. Wakil Rektor Bidang Akademik – ISTN
2. Wakil Rektor Bidang Sumber Daya – ISTN
3. Ka. Biro Pengembangan Sumber Daya Manusia – ISTN
4. Kepala Program Studi Teknik Elektro D3
5. Arsip

BIDANG PENDIDIKAN DAN PENGAJARAN

BERITA ACARA PERKULIAHAN

KULIAH HYBRID

PERIODE SEMESTER GENAP 2024-2025

MATA KULIAH:

**Pengolahan Sinyal Digital Kelas K (2 sks) -
EL1610**

LAMPIRAN BERITA ACARA PERKULIAHAN :

- 1. SK.DEKAN FTI SEMESTER GENAP 2024/2025*
- 2. BAP PERKULIAHAN DAN MATERI AJAR*
- 3. CONTOH HAND OUT MATERI AJAR*
- 4. NILAI KOMULATIF; KEHADIRAN, TUGAS, UTS DAN UAS*

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO TEKNOLOGI

SAINS TERAPAN TEKNOLOGI

INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

JAKARTA



INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

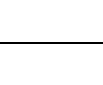
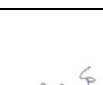
Jl. Moch. Kahfi II No.RT.13, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta

Website : www.istn.ac.id / e-Mail : admin@istn.ac.id / Telepon : (021) 7270090

JURNAL PERKULIAHAN TEKNIK ELEKTRO 2024 GENAP

MATA KULIAH : Pengolahan Sinyal Digital
NAMA DOSEN : ARIMAN, ST., MT.
KREDIT/SKS : 2 SKS
KELAS : K

TATAP MUKA KE	HARI/ TANGGAL	MULAI	SELESAI	RUANG	STATUS	RENCANA MATERI	REALISASI MATERI	KEHADIRAN MHS	PENGAJAR	TANDA TANGAN
1	Sabtu, 22 Maret 2025	19:00	20:40	R-C3	Selesai	Perkenalan dan Kontrak Perkuliahan	Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah Kontrak Perkuliahan	(7 / 11)	Ir. IWAN HERNAWAN KARTADIMADJA, MT.	
2	Sabtu, 29 Maret 2025	19:00	20:40	R-C3	Selesai	MODUL 1 PENDAHULUAN	Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah PENDAHULUAN PSD	(5 / 11)	Ir. IWAN HERNAWAN KARTADIMADJA, MT.	
3	Sabtu, 5 April 2025	19:00	20:40		Selesai	MODUL 2 PENDAHULUAN 2	Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah PENDAHULUAN cONT'	(11 / 11)	Ir. IWAN HERNAWAN KARTADIMADJA, MT.	
4	Sabtu, 12 April 2025	19:00	20:40		Selesai	MODUL 3 DASAR DASAR FIR	Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah DASAR DASAR FIR	(10 / 11)	Ir. IWAN HERNAWAN KARTADIMADJA, MT.	
5	Sabtu, 19 April 2025	19:00	20:40		Selesai	MODUL 4 RESPON FREKUENSI FIR	Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah RESPON FREKUENSI FIR	(10 / 11)	Ir. IWAN HERNAWAN KARTADIMADJA, MT.	
6	Sabtu, 26 April 2025	19:00	20:40		Selesai	Penggunaan Transformasi – z pada Analisa Respon Frekuensi Sistem FIR	Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah Penggunaan Transformasi – z pada Analisa Respon Frekuensi Sistem FIR	(10 / 11)	Ir. IWAN HERNAWAN KARTADIMADJA, MT.	
7	Sabtu, 3 Mei 2025	19:00	20:40	R-C3	Selesai	Lanjutan dari materi sebelumnya	Lanjutan dari materi sebelumnya	(10 / 11)	Ir. IWAN HERNAWAN KARTADIMADJA, MT.	

8	Sabtu, 10 Mei 2025	19:00	20:40	R-C3	Selesai	UJIAN TENGAH SEMESTER Genap 24-25	UJIAN TENGAH SEMESTER Genap 24-25	(11 / 11)	HERNAWAN KARTADIMADJA, MT.	
9	Sabtu, 17 Mei 2025	19:00	20:40	R-C3	Selesai	TM09-PSD-FR Filter Analog	TM09-PSD-FR Filter Analog Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah TM09-PSD-FR Filter Analog	(8 / 11)	ARIMAN, ST., MT.	
10	Sabtu, 24 Mei 2025	19:00	20:40	R-C3	Selesai	TM10-PSD-FR Filter Digital	TM10-PSD-FR Filter Digital Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah TM10-PSD-FR Filter Digital	(7 / 11)	ARIMAN, ST., MT.	
11	Sabtu, 31 Mei 2025	21:00	22:40	R-C3	Selesai	TM11-PSD-FR-Pendekatan Filter Digital terhadap Filter Analog	TM11-PSD-FR-Pendekatan Filter Digital terhadap Filter Analog	(6 / 11)	ARIMAN, ST., MT.	
12	Sabtu, 7 Juni 2025	21:00	22:40	R-C3	Selesai	TM12-PSD-FR-Simulasi dan tampilan response filter IIR Dan FIR-Materi	TM12-PSD-FR-Simulasi dan tampilan response filter IIR Dan FIR-Materi	(6 / 11)	ARIMAN, ST., MT.	
13	Sabtu, 14 Juni 2025	21:00	22:40	R-C3	Selesai	TM13-PSD-FR-Perubahan Domain Frekwensi ke kawasan waktu-Materi	TM13-PSD-FR-Perubahan Domain Frekwensi ke kawasan waktu-Materi	(9 / 11)	ARIMAN, ST., MT.	
14	Sabtu, 21 Juni 2025	21:00	22:40	R-C3	Selesai	TM14-PSD-FR-Disain Filter Analog dan digital DFT dan FFT-Materi	TM14-PSD-FR-Disain Filter Analog dan digital DFT dan FFT-Materi	(9 / 11)	ARIMAN, ST., MT.	
15	Sabtu, 28 Juni 2025	21:00	22:40	R-C3	Selesai	Tugas dan contoh soal	Tugas dan contoh soal Bahan pembelajaran yang telah dibagikan adalah Contoh Soal	(9 / 11)	ARIMAN, ST., MT.	
16	Sabtu, 5 Juli 2025	21:00	22:40	R-C3	Selesai	UAS	UAS	(8 / 11)	ARIMAN, ST., MT.	

Jakarta, 06 Agustus 2025
Ketua Prodi Teknik Elektro



Dr._ing. AGUS SOFWAN, M.Eng.Sc.
NIDN 0331076204

Bab 2: Sinyal dan Sistem di Domain Waktu

1 Sinyal di Domain Waktu

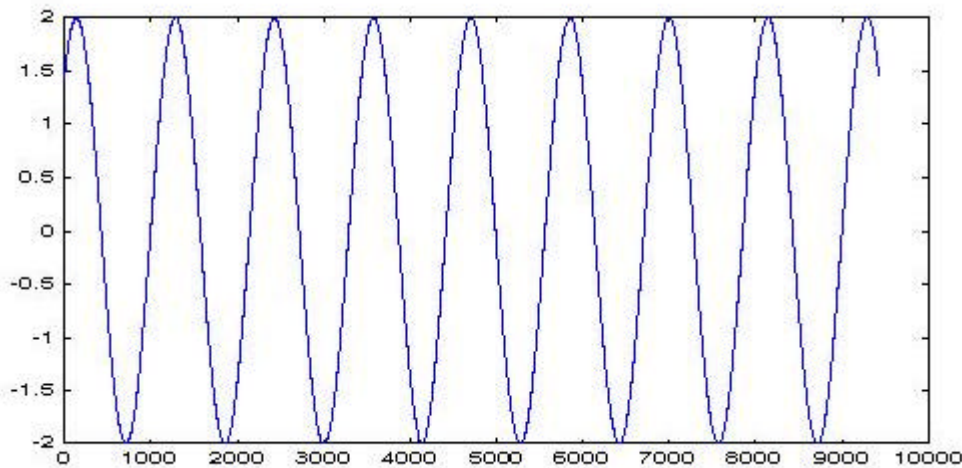
1.1 Konvensi Penulisan Sinyal

Tujuan Belajar 1

Peserta mengetahui konvensi penulisan sinyal di domain waktu, seperti bentuk grafik, fungsional, tabuler, dan deret.

Di domain waktu, sinyal dapat dituliskan ke dalam beberapa bentuk yaitu:

- Grafik atau waveform.



Gambar 1. Contoh sinyal dalam bentuk grafik atau waveform.

- Fungsional

$$x(n) = \begin{cases} 1, & \text{Untuk } n = 1, 3 \\ 4, & \text{Untuk } n = 2 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

- Tabuler

n	...	-2	-1	0	1	2	3	4	5	...
$x(n)$	...	0	0	0	1	4	1	0	0	...

- Deret

$$x(n) = \{ \dots 0, 1, 3, \dots \}$$

$?n=0$

1.2 Beberapa Sinyal Dasar

Tujuan Belajar 2

Peserta mengenali sinyal-sinyal dasar (elementer) seperti *unit sample*, *unit step*, *unit ramp*, *exponential*, *complex exponential*, dan *sinusoidal*, beserta notasinya.

Beberapa sinyal dasar yang penting dalam pengolahan sinyal digital:

Unit sample (impulse)

Unit sample didefinisikan sbb.:

$$d(n) = \begin{cases} 1 & n = 0 \\ 0 & n \neq 0 \end{cases},$$

Unit step

Unit step didefinisikan sbb.:

$$u(n) = \begin{cases} 1 & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases},$$

Unit ramp

Unit ramp didefinisikan sbb.:

$$u_r(n) = \begin{cases} n & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases},$$

Exponential

Sinyal Exponential didefinisikan sbb.:

$$x(n) = a^n \quad \forall n,$$

Complex exponential

Sinyal Complex Exponential didefinisikan sbb.:

$$\begin{aligned} a = re^{jq} &\rightarrow x(n) = \left(re^{jq} \right)^n \\ &\rightarrow x(n) = r^n (\cos qn + j \sin qn) \end{aligned}$$

Tujuan Belajar 3

Peserta mengerti prinsip dasar *complex variable*, seperti bagian *real*, imajiner, magnituda, dan sudut dari sebuah bilangan kompleks.

Sinyal $x(n)$ yang bernilai kompleks dapat direpresentasikan ke dalam dua bagian yaitu:

- Bagian riil:

$$x_R(n) = r^n \cos qn$$

- Bagian imajiner:

$$x_I(n) = r^n \sin qn.$$

Alternatif lain, sinyal kompleks memiliki fungsi amplituda dan fasa:

- Fungsi amplituda:

$$|x(n)| = A(n) \equiv r^n,$$

- Fungsi fasa:

$$\angle x(n) = f(n) \equiv qn.$$

Tujuan Belajar 4

Peserta mengenali beda serta dapat mengklasifikasikan sinyal energi dengan sinyal daya. Peserta dapat mengetahui hubungan antara enersi/daya dengan periodisitas.

Sinyal energi didefinisikan melalui persamaan berikut:

$$\text{Energi} = E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x(n)|^2$$

jika nilai E finite, maka $x(n)$ disebut sebagai sinyal energi.

Kebanyakan sinyal yang mempunyai E infinite mempunyai daya rata-rata yang finite. Daya didefinisikan melalui persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Power} = P &= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x(n)|^2 \\ &= \lim_{N \rightarrow \infty} E_N = E \end{aligned}$$

Tujuan Belajar 5

Peserta mengenal konsep sinyal simetrik (genap) dan anti simetrik (ganjil).

Sinyal $x(n)$ dikatakan simetrik (genap) jika:

$$x(-n) = x(n)$$

$$\rightarrow x_e(n) = \frac{1}{2} [x(n) + x(-n)]$$

Sinyal $x(n)$ dikatakan anti simetrik (ganjil) jika:

$$x(-n) = -x(n)$$

$$\rightarrow x_o(n) = \frac{1}{2} [x(n) - x(-n)]$$

Jika kedua macam sinyal dijumlahkan maka didapat:

$$x(n) = x_e(n) + x_o(n)$$

2 Sistem Pemrosesan Terhadap Sinyal

2.1 Pemrosesan Dasar

Tujuan Belajar 6

Peserta dapat melakukan operasi dasar terhadap sinyal, seperti *shift*, *folding*, *addition*, *product*, dan *scaling*.

1. Shift

Suatu sinyal dapat digeser waktunya dengan mengganti variable n dengan $n - k$, dengan k adalah bilangan bulat yang menyatakan unit waktu pergeseran. Jika k bernilai positif maka pergeseran akan menghasilkan sinyal yang tertunda (delay). Dalam grafik hal ini ditunjukkan dengan menggeser ke kanan sejauh k . Jika k bernilai negatif maka sinyal akan lebih cepat sebesar $|k|$ (digeser ke kiri sebesar $|k|$).

2. Folding/Reflection

Operasi ini akan mencerminkan $x(n) \rightarrow x(-n)$

3. Addition

Jumlah dua buah sinyal pada saat yang bersamaan adalah sama dengan jumlah dari besar kedua sinyal pada saat tersebut.

$$y(n) = x_1(n) + x_2(n)$$

4. Product

Didefinisikan melalui persamaan berikut:

$$y(n) = x_1(n)x_2(n)$$

5. Scaling

Mengalikan besar suatu sinyal dengan suatu konstanta A .

$$y(n) = Ax(n)$$

2.2 Deskripsi Sistem

Tujuan Belajar 7

Peserta mengetahui deskripsi input-output (I/O) $y(n) = T[x(n)]$ dari sistem waktu diskrit (SWD) di kawasan waktu.

Deskripsi input-output dari system waktu diskrit terdiri dari ekspresi matematik atau aturan yang secara eksplisit mendefinisikan hubungan antara sinyal input dan output, dan dinyatakan dalam bentuk $y(n) = T[x(n)]$. Struktur internal suatu system berupa blackbox, sehingga sinyal berinteraksi dengan sistem melalui terminal input dan output.



Gambar 2. Hubungan input output dari sistem waktu diskrit (SWD).

Cara lain menggambarkan sistem adalah melalui suatu transformasi $y(n) = T[x(n)]$ yang dapat juga digambarkan sebagai

$$x(n) \xrightarrow{t} y(n)$$

Contoh :

$$\text{Misal input } x(n) = \begin{cases} |n| & -3 \leq n \leq 3 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Hitung response dari

a) $y(n) = x(n)$ (sistem identitas)

$$\Rightarrow y(n) = \{ \dots, 0, +3, +2, +1, 0, 1, 2, 3, 0, \dots \}$$

↑

b) $y(n) = x(n-1)$

$$\Rightarrow y(n) = \{ \dots, 0, +3, +2, +1, 0, 1, 2, 3, 0, \dots \}$$

↑

c) $y(n) = x(n+1)$

$$\Rightarrow y(n) = \{ \dots, 0, 3, 2, 1, 0, 1, 2, 3, 0, \dots \}$$

↑

d) $y(n) = 1/3(x(n+1) + x(n) + x(n-1))$

$$\Rightarrow y(n) = \{ \dots, 0, 1, 5/3, 2, 1, 2/3, 1, 2, 5/3, 1, 0, \dots \}$$

↑

e) $y(n) = \max \{ x(n+1), x(n), x(n-1) \}$

$$\Rightarrow y(n) = \{ \dots, 0, 3, 3, 2, 1, 2, 3, 3, 0, \dots \}$$

↑

2.3 Sistem Akumulator

Tujuan Belajar 8

Peserta mengenal persamaan I/O untuk akumulator, dan alternatif representasinya. Peserta mengenal konsep kondisi awal dan *initially relaxed* pada sistem.

Bentuk umum persamaan I/O untuk akumulator adalah sbb.:

$$\begin{aligned}y(n) &= \sum_{k=-\infty}^n x(k) \\&= x(n) + x(n-1) + x(n-2) + \dots\end{aligned}$$

contoh:

1. Misal input $x(n) = \begin{cases} |n| & -3 \leq n \leq 3 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$,

$\Rightarrow$ Akumulator :

$$y(n) = \{\dots, 0, 3, 5, 6, 6, 7, 9, 12, 12, 12, \dots\}$$

* tidak hanya input dependent

$$y(n) = \sum_{k=-\infty}^n x(k) = \sum_{k=-\infty}^{n-1} x(k) + x(n)$$

$$\downarrow y(n-1)$$

Untuk $n \geq n_0$

$\rightarrow$ perlu kondisi awal $y(n_0 - 1)$ dan input $x(n)$ $n \geq n_0$

$\rightarrow$ bila $y(n_0 - 1) = 0 \rightarrow$ initially relaxed

$\rightarrow$ output hanya tergantung input

2. Akumulator $y(n) = y(n-1) + x(n)$ dieksitasi oleh deret $x(n) = nu(n)$. Cari outputnya bila kondisi awal :
- relax ($y(-1)=0$)
 - $y(-1) = 1$

Jawab:

a. $y(n) = y(-1) + \sum_{k=0}^n x(k)$

$$\sum_{k=0}^n k = 0 + 1 + 2 + \dots + n$$

$$k = 0$$

$$\sum_{k=0}^n k = n + (n-1) + \dots + 1 + 0$$

$$k = 0$$

$$2 \sum_{k=0}^n k = (n+1)(n) \Rightarrow \sum_{k=0}^n k = 1/2(n)(n+1)$$

$$k = 0$$

$$k = 0$$

$$\Rightarrow y(n) = 1/2 (n)(n+1) \quad n \geq 0$$

$$y(n) = 1 + n(n+1)/2 = (2 + n^2 + n)/2 \quad n \geq 0$$

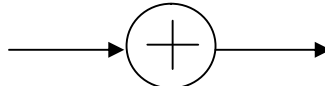
2.4 Diagram Blok dari Sistem

Tujuan Belajar 9

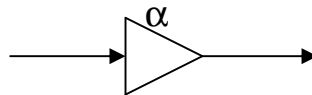
Peserta mengerti dan dapat membuat representasi diagram blok dari SWD sebagai konfigurasi dari elemen dasar yaitu adder, constant multiplier, signal multiplier, unit delay element, dan unit advanced element.

Basic building blok :

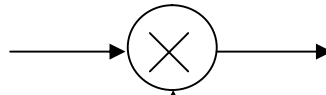
1. Adder



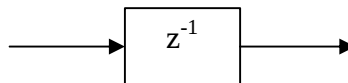
2. Constant Multiplier



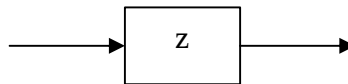
3. Signal Multiplier



4. Unit Delay Element



5. Unit Advance Element

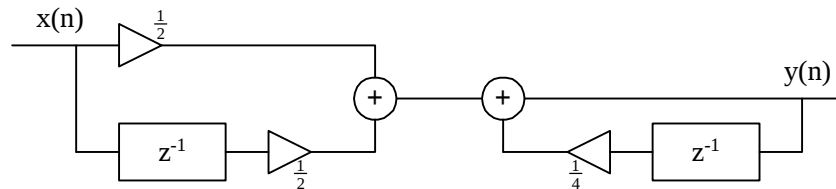


Soal:

Gambarlah diagram blok dari sistem

$$y(n] = 1/4 y(n-1) + 1/2 x(n) + 1/2 x(n-1)$$

Jawab:

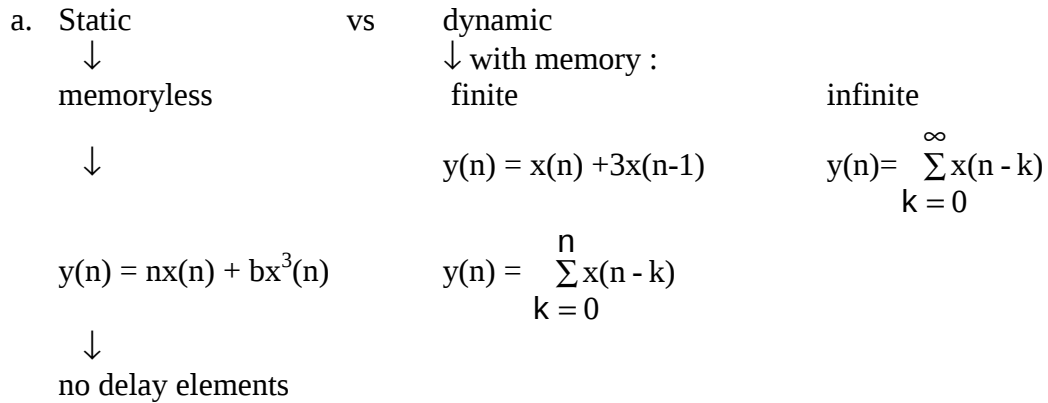


Gambar 3. Diagram blok dari sistem dengan koefisien tertentu.

2.5 Klasifikasi Sistem

Tujuan Belajar 10

Peserta dapat mengklasifikasikan SWD ke dalam kelompok static vs. dynamic, time invariant vs. time variant, linear vs. nonlinear, causal vs. noncausal, stable vs. unstable.



b. Time invariant vs time variant

$$\begin{aligned}
 &\downarrow \\
 &x(n) \xrightarrow{t} y(n) \\
 &\Rightarrow x(n-k) \xrightarrow{t} y(n-k)
 \end{aligned}$$

Test: $y(n, k) = t[x(n-k)]$
 bila $y(n, k) = y(n-k) \rightarrow$ Time Invariant

Contoh :

$$\begin{aligned}
 y(n) &= x(n) \cos \omega_0 n \\
 y(n, k) &= x(n-k) \cos \omega_0 n \\
 y(n-k) &= x(n-k) \cos \omega_0 (n-k) \\
 &\rightarrow \text{time variant}
 \end{aligned}$$

c. Linear vs non linear

$$\begin{aligned}
 &\downarrow \\
 &t \left[\sum_i a_i x_i(n) \right] = \sum_i a_i t[x_i(n)] \\
 &\qquad\qquad\qquad \uparrow \text{konstan}
 \end{aligned}$$

$$\text{test} \left\{ \begin{aligned} &T[x_1(n) + x_2(n)] = T[x_1(n)] + T[x_2(n)] \\ &T[ax_1(n)] = aT[x_1(n)] \end{aligned} \right.$$

Contoh :

- $y(n) = x_2(n)$
 $T[\alpha x_1(n)] = \alpha x_1^2(n)$
 $\alpha T[x_1(n)] = \alpha x_1^2(n)$
- $y(n)e^{x(n)} \rightarrow \text{non linear}$

d. Causal vs non causal

$y(n)$ hanya tergantung dari input $x(n)$, $x(n-1)$, ... tapi tidak tergantung dari $x(n+1)$, $x(n+2)$,...

Test :

$$y(n) = x(n) + 3x(n+4) \leftarrow \text{non causal}$$

$$y(n) = x(n^2) \leftarrow \text{non causal}$$

$$y(n) = x(-n) \leftarrow \text{non causal}$$

$$y(-1) = x(1)$$

e. Stable vs unstable

Stable $\rightarrow$ BIBO

$$|x(n)| \leq M_x < \infty \Rightarrow |y(n)| \leq M_y < \infty$$

Test : $y(n) = y^2(n-1) + x(n)$

$$\text{Let } x(n) = C\delta(n) \leftarrow \text{BI} \quad C : \text{konstanta}$$

$$\text{Asumsi } y(-1) = 0$$

$$Y(0) = C$$

$$Y(1) = C^2$$

$$Y(2) = C^3 \dots \quad y(n) = C^{2n} \dots \text{unstable}$$

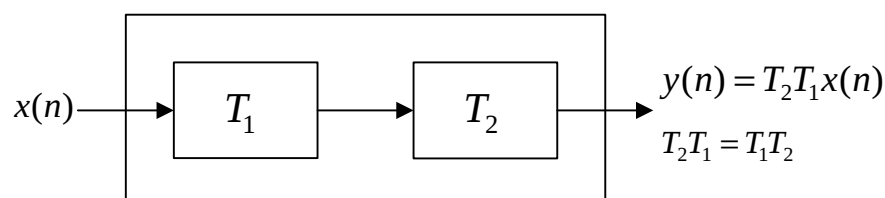
2.6 Ekstensi Sistem Melalui Rangkaian Kaskade dan Paralel

Tujuan Belajar 11

Peserta dapat mengembangkan sistem dengan merangkai sistem subsistem secara paralel dan serial/kaskade. Peserta dapat menganalisa sistem dengan menguraikan sistem ke dalam subsistem.

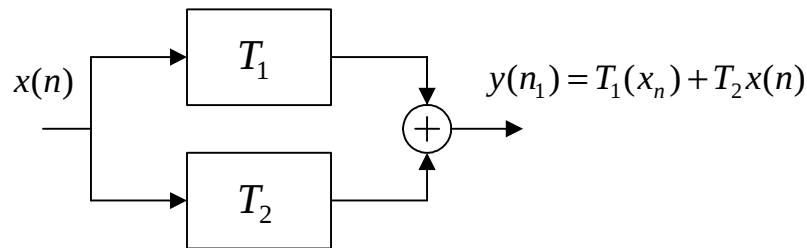
Beberapa subsistem dapat dirangkai menjadi satu kesatuan dengan cara cascade atau serial. Proses ini memelihara sifat linieritas.

Cascade interconnection:



Gambar 4. Kaskade dua sistem LTI.

Parallel interconnection:



Gambar 5. Sistem paralel sama dengan menjumlah dua sistem

Penggunaan:

- Parallel dan cascade untuk membangun sistem
- Pecahkan sistem untuk analisis

3 Analisa Sistem

3.1 Sistem Sebagai Pengkombinasi Linier

Tujuan Belajar 12

Peserta dapat menganalisa sistem SWD linear time invariant (LTI) melalui penguraian sinyal input ke dalam kombinasi linier dari subsinyal, memproses subsinyal, dan mengkombinasi linierkan hasilnya untuk memperoleh luaran, termasuk melalui kumpulan sinyal terhubung secara harmonis.

Ada dua cara yang dapat digunakan untuk menganalisa respons suatu sistem linear pada suatu masukan yang diberikan.

- Cara pertama menggunakan solusi langsung:

Bentuk umum solusi langsung:

$$y(n) = F[y(n-1), y(n-2), \dots y(n-N), x(n), x(n-1), \dots x(n-M)]$$

$$\Rightarrow y(n) = - \sum_{k=1}^N a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$

- Cara kedua memecah input dalam elemen-elemen $\rightarrow$ cek satu per satu

$$x(n) = \sum_k c_k x_k(n)$$

$\uparrow$ weighting coefficients

$$y_k(n) = T[x_k(n)]$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow y(n) &= T[x(n)] = T\left[\sum_k c_k x_k(n)\right] \\ &= \sum_k c_k T[x_k(n)] = \sum_k c_k y_k(n) \end{aligned}$$

Contoh :

$$x_k(n) = e^{j\omega_k n}, k = 0, 1, \dots, N-1$$

→ Harmonically related signals

$$\omega_k = (2\pi/N)K$$

↑ fundamental frequency

$$\Rightarrow x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{j\omega_k n}$$

Tujuan Belajar 13

Peserta mengetahui cara menguraikan sinyal waktu diskrit ke dalam kumpulan sinyal-sinyal impuls.

misal :

$$x_k(n) = d(n-k)$$

jelas

$$x(n)d(n-k) = x(k)d(n-k)$$

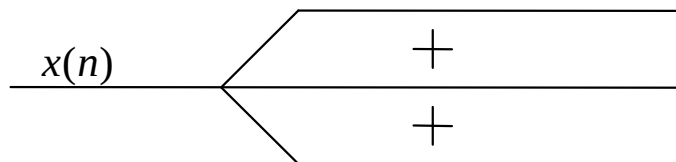
$$\Rightarrow x(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)d(n-k)$$

Contoh :

$$X(n) = \{2, 4, 0, 3\}$$

Uraikan kedua jumlah dari weighting impulse sequence

$$x(n) = 2\delta(n+1) + 4\delta(n) + 3\delta(n-2)$$



Gambar 6.

3.2 Konvolusi

Tujuan Belajar 14

Peserta mengerti konsep dan dapat menghitung output dari sistem LTI melalui konvolusi respons impuls dengan sinyal input (melalui proses folding, shifting, multiplications, dan summation).



Gambar 7. Respons impuls dari sebuah sistem linier.

Misalkan :

$$\begin{aligned} C_k \equiv x(k) &\rightarrow C_k h(n,k) = x(k)h(n,k) \\ \uparrow \text{konstanta} &\quad \uparrow y(n) = h(n,k) \\ x(n) &= C_k \delta(n-k) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x(n) &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) d(n-k) \rightarrow y(n) = T[x(n)] \\ &= T \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) d(n-k) \right] \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) T[d(n-k)] \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) h(n,k) \end{aligned}$$



Gambar 8. Sistem LTU adalah sistem yang sekaligus time invariant dan linier.

misal :

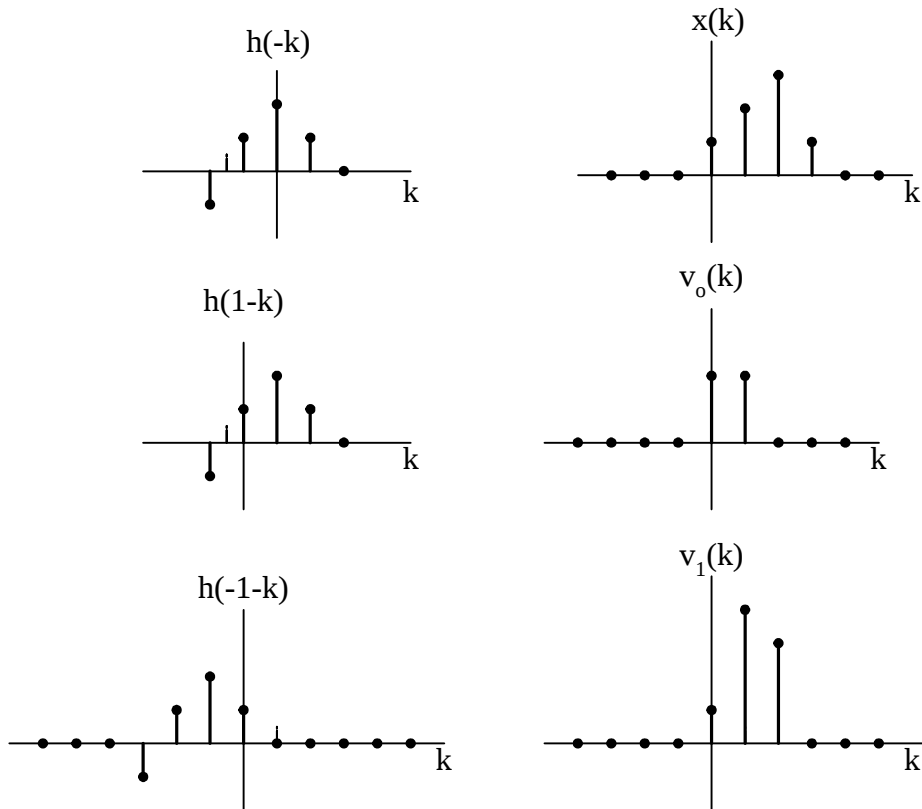
$$\begin{aligned} h(n) &= t[d(n)] \\ h(n,k) &= t[d(n-k)] \\ \rightarrow y(n) &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) h(n-k) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} v_n(k) \\ &\quad \uparrow \text{cek untuk } y(n_o) \end{aligned}$$

Jumlah konvolusi :

1. Folding $h(k) \rightarrow h(-k)$
2. Shifting $h(-k) \rightarrow h(n_o-k)$
3. Multiplication $x(k)h(n_o-k)$
4. Summation v

Soal :

$$\begin{aligned} h(n) &= \{1, 2, 1, -1\} \\ x(n) &= \{1, 2, 3, 1\} \rightarrow y(n) = ? \end{aligned}$$



Gambar 9. Ilustrasi dari proses konvolusi

$y(n) = \{ \dots, 0, 0, 1, 4, 8, 8, 3, -2, -1, 0, 0, \dots \}$
bisa juga

$$y(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(n-k)h(k)$$

di mana $m = n - k$

Tujuan Belajar 15

Peserta memahami sifat konvolusi, yakni komutatif, asosiatif, dan distributif.

Definisikan dua macam konvolusi:

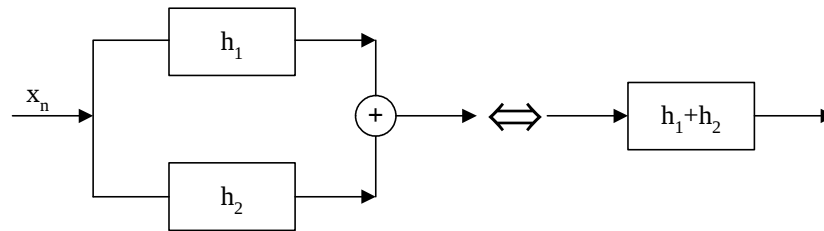
$$x(n) \otimes h(n) = \sum_k x(k)h(n-k)$$

$$h(n) \otimes x(n) = \sum_k h(k)x(n-k)$$

Sifat-Sifat

- komutatif $x(n) \otimes h(n) = h(n) \otimes x(n)$
- asosiatif $[x(n) \otimes h_1(n)] \otimes h_2(n) = x(n) \otimes [h_1(n) \otimes h_2(n)]$ (seri atau kaskade)

→ distributif $x(n) \otimes [h_1(n) + h_2(n)] = x(n) \otimes h_1(n) + x(n) \otimes h_2(n)$ (paralel)



Gambar 10. Sistem paralel dapat dianggap sebagai sistem penjumlahan.

Tujuan Belajar 16

Peserta dapat menyederhanakan proses konvolusi untuk kasus khusus sistem dan/atau sinyal kausal. Peserta dapat menghitung dengan cepat

$$\sum_{k=0}^N a^k \text{ dan } \sum_{k=0}^{\infty} a^k.$$

Untuk sistem dan atau sinyal kausal dimana $h(n) = 0, n < 0$; maka berlaku

$$\begin{aligned} y(n_o) &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} h(k)x(n_o-k) \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} h(k)x(n_o-k) + \sum_{k=-\infty}^{-1} h(k)x(n_o-k) \end{aligned}$$

↑ future samples

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{Causal } y(n) &= \sum_{k=0}^{\infty} h(k)x(n-k) \\ &= \sum_{k=-\infty}^n x(k)h(n-k) \end{aligned}$$

$\xrightarrow{\text{both causal}} y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} \dots$
 $k=0$

Soal :

$$\begin{aligned} X(n) &= u(n) \\ H(n) &= a^n u(n) \\ \text{Cari } y(n) ! \end{aligned}$$

$$y(n) = x(n) * h(n)$$

$$\begin{aligned}y(n) &= \sum_{k=0}^{\infty} a^k = a^0 + a^1 + a^2 + \dots + a^n \\&= a^0 + (a^1 + \dots + a^n + a^{n+1}) - a^{n+1} \\&= a^0 + a(a^0 + \dots + a^n) - a^{n+1} \\&= a \sum a^k + a^0 - a^{n+1} \\ \sum a^k &= \frac{a^0 - a^{n+1}}{1-a}\end{aligned}$$

3.3 Stabilitas Sistem

Tujuan Belajar 17

Peserta dapat mengecek stabilitas sistem LTI yang diketahui $h(n)$ nya.

Syarat stabil BIBO adalah keluaran $y(n)$ terbatas untuk masukan $x(n)$ yang terbatas. Jika respon impuls diketahui, maka kestabilan dapat dicek dengan cara sbb.:

$$|y(n)| = \left| \sum_k h(k)x(n-k) \right|$$

$$\text{let } S_h = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |h(k)| \leq \sum |h(k)| |x(n-k)|$$

$$y(n) \leq M_x \sum_{k=-\infty}^{\infty} |h(k)| < \infty$$

LTI is stable if $S_h < \infty$

Jadi sistem LTI stabil jika S_h terhingga.

Contoh :

Tentukan harga a agar $h(n) = a^n u(n)$ stabil!

$$\begin{aligned}S_h &= \sum_{k=0}^{\infty} |a^k| = \sum_{k=0}^{\infty} |a|^k = 1 + |a| + |a|^2 + \dots \\&= 1 + |a| \{1 + |a| + |a|^2 + \dots\} \\&= 1 + |a| \sum_{k=0}^{\infty} |a|^k \\&\rightarrow \sum_{k=0}^{\infty} |a|^k = \frac{1}{1-|a|} \quad \text{bila } |a| < 1 \\&\Rightarrow \text{stable bila } |a| \neq 1\end{aligned}$$

Contoh :

$$h(n) = \begin{cases} a^n & n \geq 0 \\ b^n & n < 0 \end{cases}$$
$$S_h = \sum_{n=0}^{\infty} |a|^n + \sum_{n=-\infty}^{-1} |b|^n$$
$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ |a| < 1 & & |b| > 1 \end{array}$$

4 Sistem Generik

4.1 FIR dan IIR

Tujuan Belajar 18

Peserta mengenal sistem FIR dan IIR berdasarkan respons impulsnya.

Sistem FIR dan IIR dapat dikenali dengan melihat bentuk umumnya:

$$\text{FIR: } h(n) = 0 \quad n < 0 \quad n \geq M$$
$$\rightarrow y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} h(k)x(n-k)$$
$$\text{IIR: } y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)x(n-k)$$

Tujuan Belajar 19

Peserta mengetahui definisi sistem rekursif, non-rekursif, zero input response, natural response, zero state response, dan memori sistem dalam konteks sistem IIR.

- Sistem rekursif adalah sistem yang outputnya bergantung juga output sebelumnya.
 $Y(n) = F[y(n-1), y(n-2), \dots, y(n-N), x(n), x(n-1), \dots, x(n-M)]$
- Sistem non-rekursif adalah sistem tidak bergantung output sebelumnya
 $Y(n) = f[x(n), x(n-1), \dots, x(n-M)]$
- Zero input response
Pada saat inialisasi sistem dalam keadaan non relaxed, dan isi memori(berisi past output) tidak dalam keadaan kosong ($y(-1) \neq 0$). Respon sistem untuk masukan bernilai 0 pada keadaan ini disebut zero input response atau natural response.
- Zero state response
Jika inialisasi sistem dalam keadaan relaxed, hingga isi memori(berisi past output) dalam keadaan kosong ($y(-1) = 0$). Respon sistem pada keadaan ini disebut zero state response atau forced response.

4.2 Sistem LCCDE

Tujuan Belajar 20

Peserta memahami bentuk *Linear Constant Coefficient Difference Equation* (LCCDE) dari sebuah sistem rekursif. Peserta mengenali koefisien-koefisien dan orde sistem.

Bentuk umum rekursif LCCDE

$$y(n) = -\sum_{k=1}^N a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$

atau

$$\sum_{k=1}^N a_k y(n-k) = \sum_{k=0}^M b_k x(n-k), \quad a_0 \equiv 1$$

N adalah order

a_k dan b_k adalah koefisien filter.

Tujuan Belajar 21

Peserta dapat meredefinisi dan mengecek linieritas dalam konteks LCCDE.

Sistem LCCDE linier bila

1. $y(n) = y_{zi}(n) + y_{zs}(n)$
2. zero-state linear
3. zero-input linear

Tentukan bila $y(n) = ay(n-1) + x(n)$ linear!

Jawab:

1. $y(0) = ay(-1) + x(0)$
 $y(1) = ay(0) + x(1) = a^2y(-1) + ax(0) + x(1)$
 $y(2) = ay(1) + x(2) = a^3y(-1) + a^2x(0) + ax(1) + x(2)$
 $\vdots$

$$y(n) = a^{n+1}y(-1) + \sum_{k=0}^n a^k x(n-k) \quad n \geq 0$$

$$\begin{matrix} y_{zi}(n) & & y_{zs}(n) \\ & & \rightarrow (1) \text{ ok} \end{matrix}$$

2. cek zero-state linearity
assume $x(n) = c_1x_1(n) + c_2x_2(n)$

$$\begin{aligned} y_{zs} &= \sum_{k=0}^n a^k x(n-k) = \sum_{k=0}^n a^k (c_1x_1(n-k) + c_2x_2(n-k)) \\ &= C_1 \sum_{k=0}^n a^k x_1(n-k) + C_2 \sum_{k=0}^n a^k x_2(n-k) \\ &= C_1 y_{zs}^{(1)}(n) + C_2 y_{zs}^{(2)}(n) \rightarrow \text{linear} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad & \text{assume } y(-1) = C_1 y_1(-1) + C_2 y_2(-1) \\
 & y_{z1}(n) = a^{n+1} [C_1 y_1(-1) + C_2 y_2(-1)] \\
 & = C_1 a^{n+1} y_1(-1) + C_2 a^{n+1} y_2(-1) \\
 & = C_1 y_{z1}(n) + C_2 y_{z2}(n) \\
 & \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

$\Rightarrow y(n) = ay(n-1) + x(n)$ linier

Dengan pola yang sama, kita dapat memperlihatkan bahwa

$$\begin{aligned}
 y(n) &= -\sum_{k=1}^N a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^M b_k x(n-k) \\
 &\rightarrow \text{linear}
 \end{aligned}$$

Tujuan Belajar 22

Peserta dapat meredefinisikan dan mengecek time invariance dalam konteks LCCDE.

$$\text{Untuk } y(n) = -\sum_{k=1}^N a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$

LCCDE time invariance jika a_k dan b_k konstan

Tujuan Belajar 23

Peserta dapat meredefinisikan dan mengecek stabilitas dalam konteks LCCDE

Stabilitas BIBO dalam konteks LCCDE tercapai dengan syarat jika dan hanya jika untuk setiap masukan terbatas dan setiap kondisi awal yang terbatas, respon sistem keseluruhan terbatas.

Tujuan Belajar 24

Peserta dapat menghitung solusi LCCDE melalui penghitungan solusi homogen dan solusi partikular.

$$\begin{aligned}
 Y(n) &= y_h(n) + y_p(n) \\
 &\quad \downarrow \quad \quad \downarrow \text{particular} \\
 &\quad \text{homogenous}
 \end{aligned}$$

- Mencari $y_h(n)$
 1. Buat homogeneous difference equation
 2. Assume $y_h(n) = \lambda^n$ (exponential solution)
 3. Substitusi $\sum_{k=0}^N a_k \lambda^{n-k} = 0$

$$\Rightarrow \lambda^{n-N} (\lambda^N + a_1 \lambda^{N-1} + a_2 \lambda^{N-2} + \dots + a_{N-1} \lambda + a_N)$$

$\uparrow$
 polinomial karakteristik
 akar $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$
 (complex) $\Rightarrow$ complex conjugate

4. Cari solusi umum

$\rightarrow$ asumsi akar distinct

$$y_h(n) = C_1 \lambda_1^n + C_2 \lambda_2^n + \dots + C_N \lambda_N^n$$

cari C_N lewat kondisi awal

Catatan :

Karena $y_h(n)$ mengasumsikan $x(n) = 0$

$$\rightarrow y_h(n) = y_{zi}(n)$$

Contoh :

$$Y(n) + a_1 y(n-1) = x(n), \text{ cari } y_h(n)$$

$$(1). y(n) + a_1 y(n-1) = 0 \quad N=1$$

$$(2). y_h(n) = \lambda^n$$

$$(3). \lambda^n + a_1 \lambda^{n-1} = 0$$

$$\Rightarrow \lambda^{n-1} (\lambda + a_1) = 0$$

$$\downarrow \text{PK} \rightarrow \text{akar } \lambda_1 = -a_1$$

(4). Akar distinct

$$\Rightarrow y_h(n) = C_1 (-a_1)^n$$

kondisi awal $y(0) = -a_1 y(-1)$ (zero input)

$$\text{dan } y_h(0) = C_1 \Rightarrow C_1 = (-a_1) y(-1)$$

$$\Rightarrow y_h(n) = (-a_1)^{n+1} y(-1) \quad n \geq 0$$

Ctt :

Bila λ_1 adalah akar dengan multiplicity m, ie $(\lambda - \lambda_1)^m$

$$\Rightarrow y_h(n) = C_1 \lambda_1^n + C_2 n \lambda_1^n + C_3 n^2 \lambda_1^n + \dots + C_m n^{m-1} \lambda_1^n + C_{m+1} \lambda_{m+1}^n + \dots + C_N \lambda_N^n \text{ dst.}$$

- Mencari solusi khusus

$Y_p(n)$ adalah solusi apa saja, yang penting memenuhi

$$\sum_{k=0}^N a_k y_p(n-k) = \sum_{k=0}^M b_k x(n-k), \quad a_0 \equiv 1$$

$\rightarrow$ gunakan $y_p(n)$ yang mengandung $x(n)$

Contoh :

$$Y(n) + a_1 y(n-1) = x(n) \quad |a_1| < 1$$

Cari solusi khusus bila $x(n) = u(n)$

Jawab :

$$1. \text{ Pilih } y_p(n) = Ku(n)$$

2. Substitusi

$$Ku(n) + a_1 Ku(n-1) = u(n)$$

$$3. \text{ Cari } K \text{ untuk } n \geq 1$$

$$N = 1 \Rightarrow K.1 + a_1 K.1 = 1$$

$$k = \frac{1}{1 + a_1}$$

$$\Rightarrow y_p = \frac{1}{1 + a_1} u(n)$$

Tabel 1. Pilihan kandidat solusi untuk LCCDE.

Input Signal $x(n)$	Particular Solution $Y_p(n)$
A constant	K
AM^n	KM^n
An^M	$K_0 n^M + K_1 n^{M-1} + \dots + K_M$
$A^n n^M$	$A^N (K_0 n^M + K_1 n^{M-1} + \dots + K_M)$
$\begin{Bmatrix} A \cos w_o n \\ A \sin w_o n \end{Bmatrix}$	$K_1 \cos w_o n + K_2 \sin w_o n$

Contoh :

Cari $y_p(n)$ dari

$$y(n) = (5/6) y(n-1) - (1/6) y(n-2) + x(n)$$

Bila $x(n) = 2^n$, $n \geq 0$, zero elsewhere

Jawab :

1). $y_p(n)$ berbentuk $y_p(n) = K 2^n u(n)$ $n \geq 0$

2). Substitusi

$$K 2^n u(n) = \frac{5}{6} K 2^{n-1} u(n-1) - \frac{1}{6} K 2^{n-2} u(n-2) + 2^n u(n)$$

evaluate for $n \geq 2$

$$4K = \frac{5}{6}(2K) - \frac{1}{6}K + 4$$

$$K = \frac{8}{5}$$

$$\Rightarrow y_p(n) = \frac{8}{5} 2^n \quad n \geq 0$$

Total solution

$$Y(n) = y_h(n) + y_p(n)$$

Contoh :

$$y(n) + a_1 y(n-1) = x(n)$$

$$\downarrow x(n) = u(n)$$

$$y(-1) = \text{initial condition}$$

Solusi :

$$Y_h(n) = C(-a)^n$$

$$Y_p(n) = \frac{1}{1+a_1} u(n)$$

$$\rightarrow y(n) = C(-a)^n + \frac{1}{1+a_1}, \quad n \geq 0$$

Cari $y_{zs}(n)$

Misal $y(-1) = 0$

$$\Rightarrow y(0) = C(-a)^0 + \frac{1}{1+a_1} = C + \frac{1}{1+a_1}$$

$$y(0) + a_1(0) = 1 \rightarrow y(0) = 1$$

$$C = \frac{1}{1+a_1} \Rightarrow y_{zs}(n) = \frac{1-(-a_1)^{n+1}}{1+a_1}, \quad n \geq 0$$

Cari total solution

$$y(0) + a_1 y(-1) = 1$$

$$y(0) = -a_1 y(-1) + 1$$

$$\text{tapi } y(0) = C + \frac{1}{1+a_1} \rightarrow C = -a_1(y(-1)) + \frac{1}{1+a_1}$$

$$\Rightarrow y(n) = (-a_1)^{n+1} y(-1) + \frac{1-(-a_1)^{n+1}}{1+a_1}$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ y_{zi}(n) & & y_{zs}(n) \end{array}$$

Ctt :

$$Y_p(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} y_{zs}(n) = \frac{1}{1+a_1} \quad |a| < 1 \rightarrow \text{untuk stabilitas}$$

$\downarrow$

steady state respons vs transient respons

Tujuan Belajar 25

Peserta dapat mengidentifikasi zero state response, zero input response, steady state response, dan transient response dari solusi LCCDE.

Zero state response:

$$\delta(n) \rightarrow h(n) = \text{zero state response terhadap } x(n) = \delta(n)$$

$$\Rightarrow y_{zs}(n) = \sum_{k=0}^n h(k)x(n-k) \quad n \geq 0$$

$$\text{bila eksitasi} = \delta(n) \rightarrow y_p(n) = 0$$

$$\rightarrow \text{harga } y_h(n)$$

Zero input response:

Digunakan untuk mencari solusi homogen dengan $x(n) = 0$

Steady state response:

Tujuan Belajar 26

Peserta dapat mengestimasi respons impuls dari sistem rekursif.

Dalam sistem rekursif $h(n)$ secara sederhana sama dengan zero-state response ketika masukan $x(n) = \delta(n)$.

Misalnya untuk sistem rekursif orde1, zero-state response-nya adalah:

$$y_{zs}(n) = \sum_{k=0}^n a^k x(n-k)$$

dengan $x(n) = \delta(n)$ didapat:

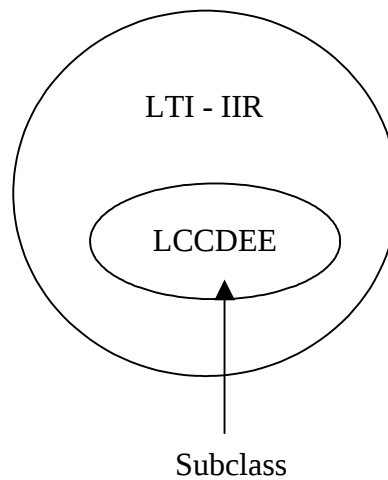
$$\begin{aligned} y_{zs}(n) &= \sum_{k=0}^n a^k x(n-k) \\ &= a^n \quad n \geq 0 \end{aligned}$$

Jadi respons impuls sistem rekursif:

$$h(n) = a^n u(n)$$

bila eksitasi = $\delta(n) \rightarrow y_p(n) = 0 \rightarrow$ harga $y_h(n)$.

Setiap sistem LCCDE adalah IIR, tetapi tidak sebaliknya.



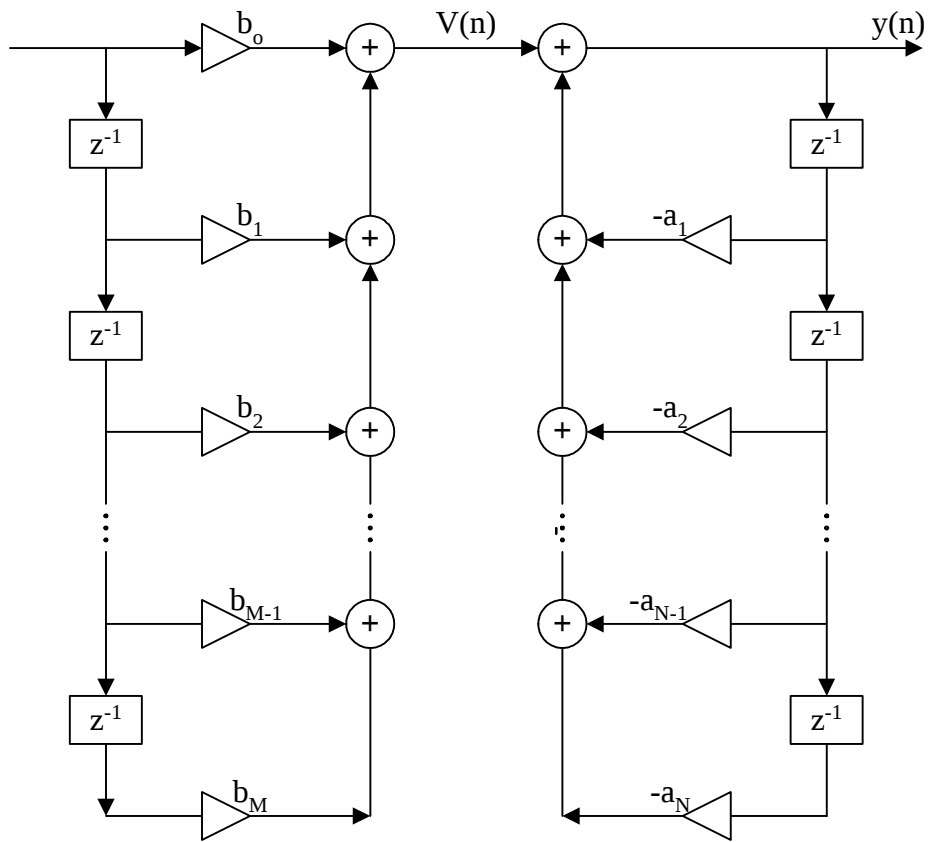
Gambar 11. LCCDE adalah subkelas dari LTI IIR.

4.3 Implementasi LCCDE

Tujuan Belajar 27

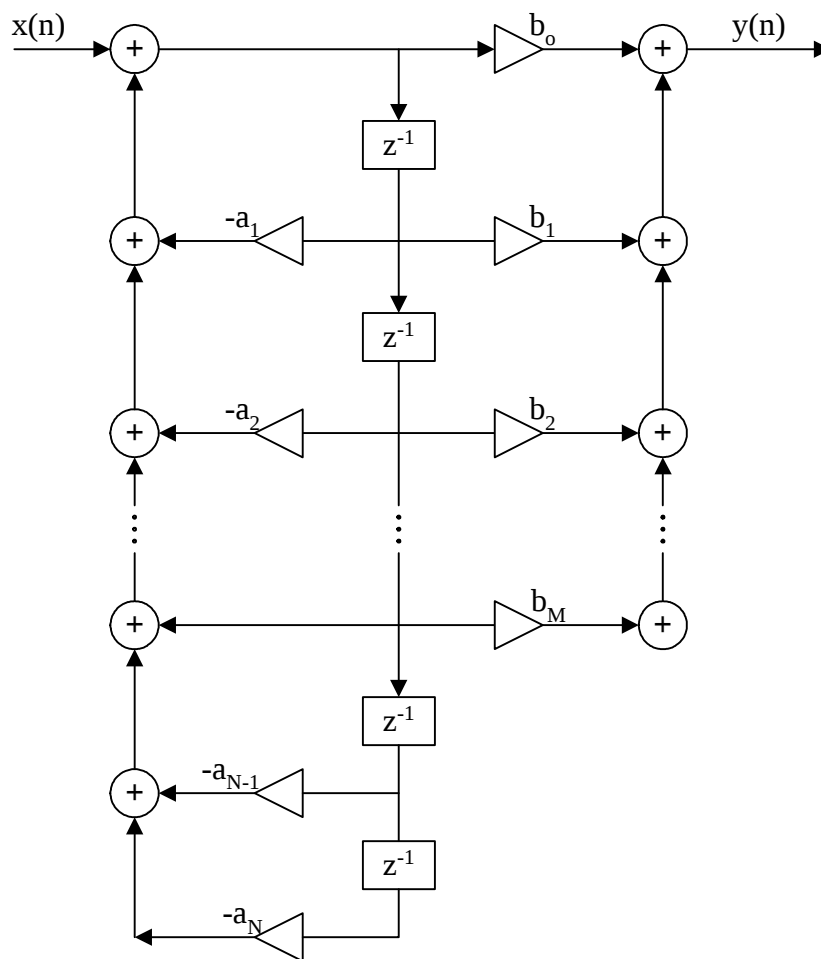
Peserta dapat mengimplementasi SWD LCCDE dalam bentuk Direct Form I dan Direct Form 2., serta bentuk rekursif dan nonrekursif.

Model Direct Form I:



Gambar 12. Implementasi struktur direct form tipe satu.

Direct Form II:



Gambar 13. Direct Form tipe dua.

Kasus khusus $a_k = 0, k = 1, \dots, N$

$$y(n) = \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$

→ moving average system

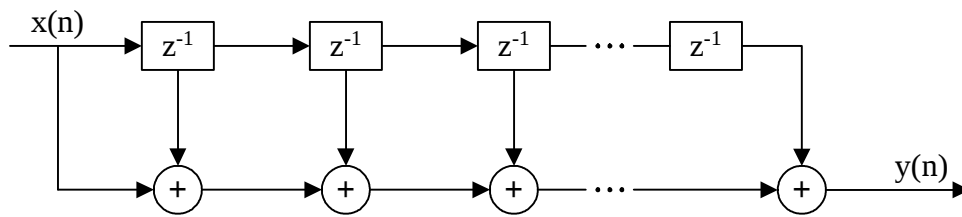
it is an FIR with

$$h(k) = \begin{cases} b_k, & 0 \leq k \leq M \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

FIR can be implemented

- non recursively
- recursively

Non rekursif FIR:



Gambar 14. Implementasi FIR secara nonrekursif.

Jadi baik FIR maupun IIR adalah LTI System, sedangkan sifat recursive dan non recursive lebih tentang struktur dari implementasi sistem.

5 Penutup

Demikian telah dijelaskan sinyal dan sistem dalam domain waktu. Pada bagian berikut, sinyal dan sistem akan dijelaskan pada domain yang lain, yakni domain z dan domain frekuensi.



INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moch. Kahfi II No.RT.13, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta

Website : www.istn.ac.id / e-Mail : admin@istn.ac.id / Telepon : (021) 7270090

LAPORAN PERSENTASE PRESENSI MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO 2024 GENAP

Mata kuliah : Pengolahan Sinyal Digital

Nama Kelas : K

Dosen Pengajar : ARIMAN, ST., MT.

No	NIM	Nama	Pertemuan	Alfa	Hadir	Ijin	Sakit	Presentase
Peserta Reguler								
1	23224001	RIKIN JUMADI	16	7	7			43.75
2	24220701	Ibrahim Abdul Hafizh	16	7	7			43.75
3	24224607	Muhammad Rifki Asfari	16	2	14			87.5
4	24224702	Km Chandra Bayu Saputra	16	1	15			93.75
5	24224703	Akbar Rhamadan	16	1	15			93.75
6	24224705	Muhammad Rafi	16	2	14			87.5
7	24224707	Melisa Aftantia	16	1	15			93.75
8	24224716	Alisa	16	1	14			87.5
9	24224718	M. Rafsanjani	16	7	7			43.75
10	24224725	M. FARIS FALAHUDIN	16	1	14			87.5
11	24224727	AYUDITA RIZKY ALDWITANTI	16	1	14			87.5

Jakarta, 07 Agustus 2025

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. _ing. AGUS SOFWAN, M.Eng.Sc.

NIP. 198509-008

**INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL**

Jl. Moch. Kahfi II No.RT.13, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta

Website : www.istn.ac.id / e-Mail : admin@istn.ac.id / Telepon : (021) 7270090**LAPORAN DAFTAR NILAI MAHASISWA****Program Studi S1 Teknik Elektro****Periode 2024 Genap**

Mata kuliah : Pengolahan Sinyal Digital

Nama Kelas : K

Pengajar : ARIMAN, ST., MT.

Sistem Kuliah :

No	NIM	NAMA	NILAI	NILAI ANGKA	NILAI HURUF	KET.
1	23224001	RIKIN JUMADI	18.00	0.00	E	
2	24220701	Ibrahim Abdul Hafizh	18.00	0.00	E	
3	24224607	Muhammad Rifki Asfari	76.30	3.67	A-	
4	24224702	Km Chandra Bayu Saputra	76.90	3.67	A-	
5	24224703	Akbar Rhamadan	76.90	3.67	A-	
6	24224705	Muhammad Rafi	76.30	3.67	A-	
7	24224707	Melisa Aftantia	76.90	3.67	A-	
8	24224716	Alisa	75.70	3.67	A-	
9	24224718	M. Rafsanjani	4.00	0.00	E	
10	24224725	M. FARIS FALAHUDIN	76.30	3.67	A-	
11	24224727	AYUDITA RIZKY ALDWITANTI	76.30	3.67	A-	

Dosen

Pengampu

Pengajar

(Iwan Hernawan, ST, MT)

(Ariman, ST, MT)