Bab 2 Pengenalan Tentang Sistem

<u>Tujuan:</u>

•Siswa mampu menggambarkan konsep dasar sebuah sistem, sifat-sifat dasar sistem dan pengertian sistem waktu diskrit.

•Siswa mampu membedakan sistem waktu kontinyu dan sistem waktu diskrit

Sub Bab

2.1. Pengantar tentang Sistem

2.2. Sistem Waktu Kontinyu dan Sistem Waktu Diskrit

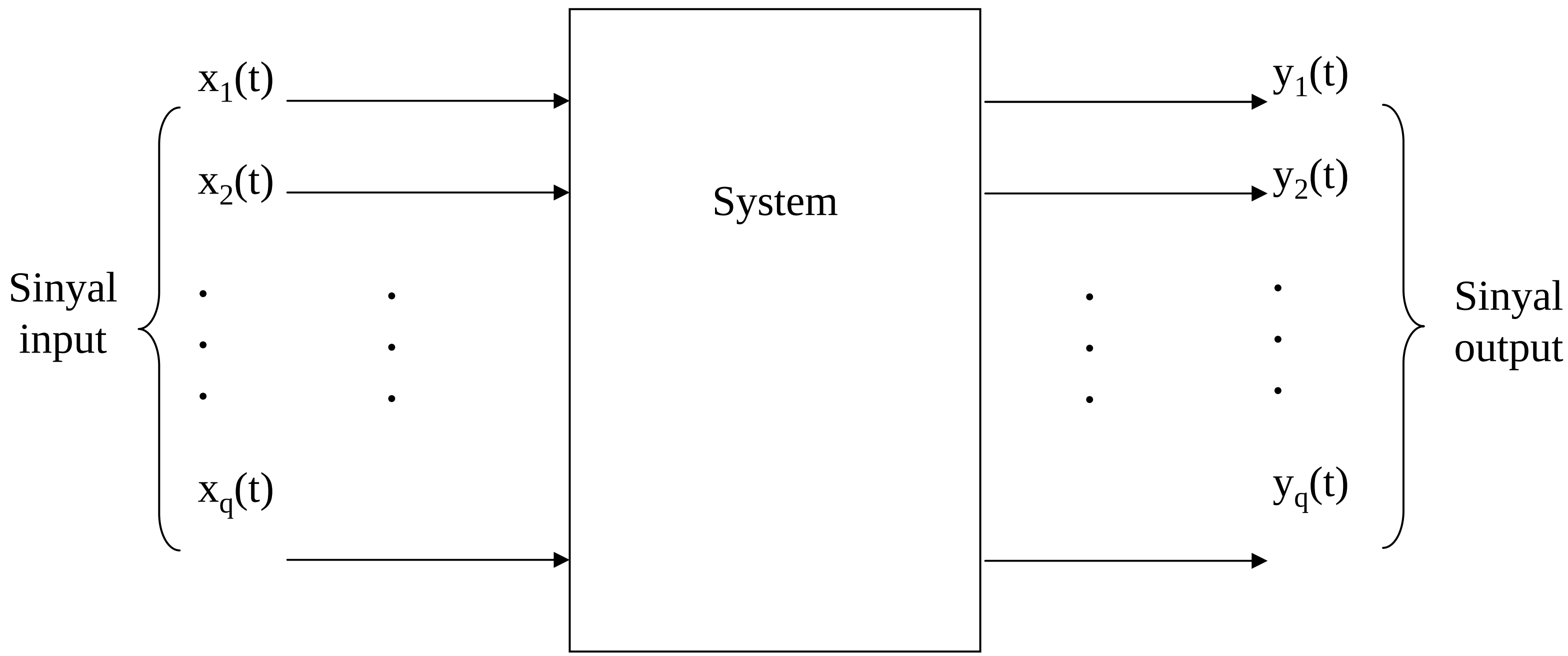
2.3. Sifat-sifat dasar Sistem

2.4. Studi Kasus Sistem Digital Recording

2.1. Pengantar tentang Sistem

Sebuah *sistem* dapat didefinisikan sebagai suatu interkoneksi dari sekumpulan komponen (dapat berupa piranti atau proses) dengan terminal-terminal atau port akses yang dimilikinya sehingga beragam materi, energi, atau informasi dapat dimasukkan dan diberi perlakuan olehnya.

- Gambaran Dasar Sistem



Gambar 2.1. Sistem dengan input sebanyak p dan output sebanyak q

•Contoh-contoh Sistem

1. Sebuah rangkaian listrik dengan input yang sebanding dengan tegangan dan/atau arus dan memiliki output yang sebanding dengan tegangan atau arus yang mengalir pada beberapa titik.

2. Sebuah sistem komunikasi dengan input sebanding dengan sinyal yang ditransmisi dan dengan output sebanding dengan sinyal yang diterimanya.

3. Sebuah sistem biologi seperti alat pendengaran manusia (telinga) dengan input sebanding dengan sinyal suara yang masuk ke gendang telinga dan output sebanding dengan rangsangan syaraf yang selanjutnya diolah di otak untuk pengambilan keputusan informasi apa yang masuk.

4. Sebuah manipulator robot dengan input sebanding dengan torsi yang diaplikasikan ke robot dan output sebanding dengan posisi akhir salah satu lengannya.

5. Suatu proses pembakaran minyak, dengan inputnya berupa banyaknya bahan bakar yang masuk dan output sebanding dengan panas yang dihasilkannya.

6. Proses manufaktur, dimana input sebanding dengan bahan mentah yang dimasukkan dan outputnya berupa jumlah barang yang diproduksinya.

- Model Matematik Sistem

Untuk memahami sistem

↓

Model matematik

Model matematik suatu sistem terdiri atas sekumpulan persamaan yang menggambarkan hubungan antar komponen (digambarkan dalam bentuk sinyal) yang ada dalam sistem.

Model matematik pada suatu sistem biasanya merupakan represeantasi ideal pada sistem. Dengan kata lain, banyak sistem aktual (dalam ujud fisik yang sebenarnya) tidak dapat digambarkan dengan suatu model matematik.

- Tipe Model Matematik

Ada dua tipe dasar pada model matematik.

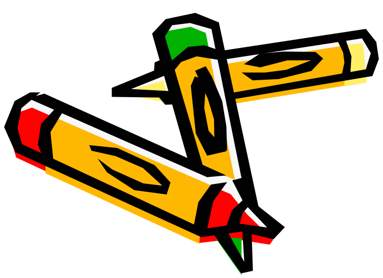
Pertama adalah representasi input/output yang menggambarkan hubungan sinyal input dengan sinyal output.

Kedua adalah state (keadaan) atau internal model yang menggambarkan hubungan diantara sinyal input, keadaan, dan sinyal output pada suatu sistem.

2.2. Klafisikasi Sistem

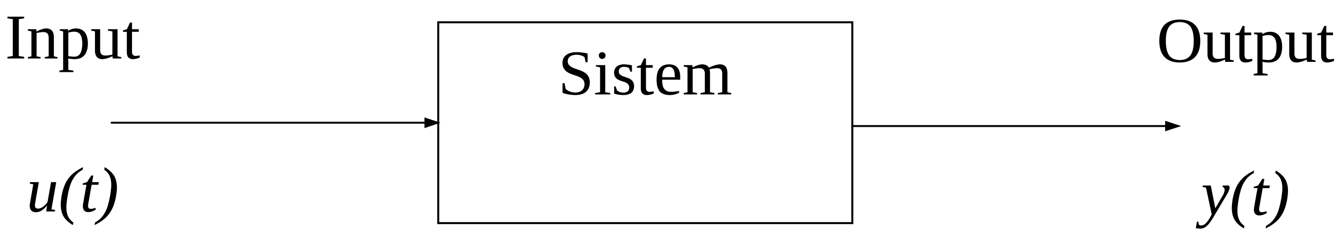
→ **Sistem Waktu Kontinyu**

→ **Sistem Waktu Diskrit**



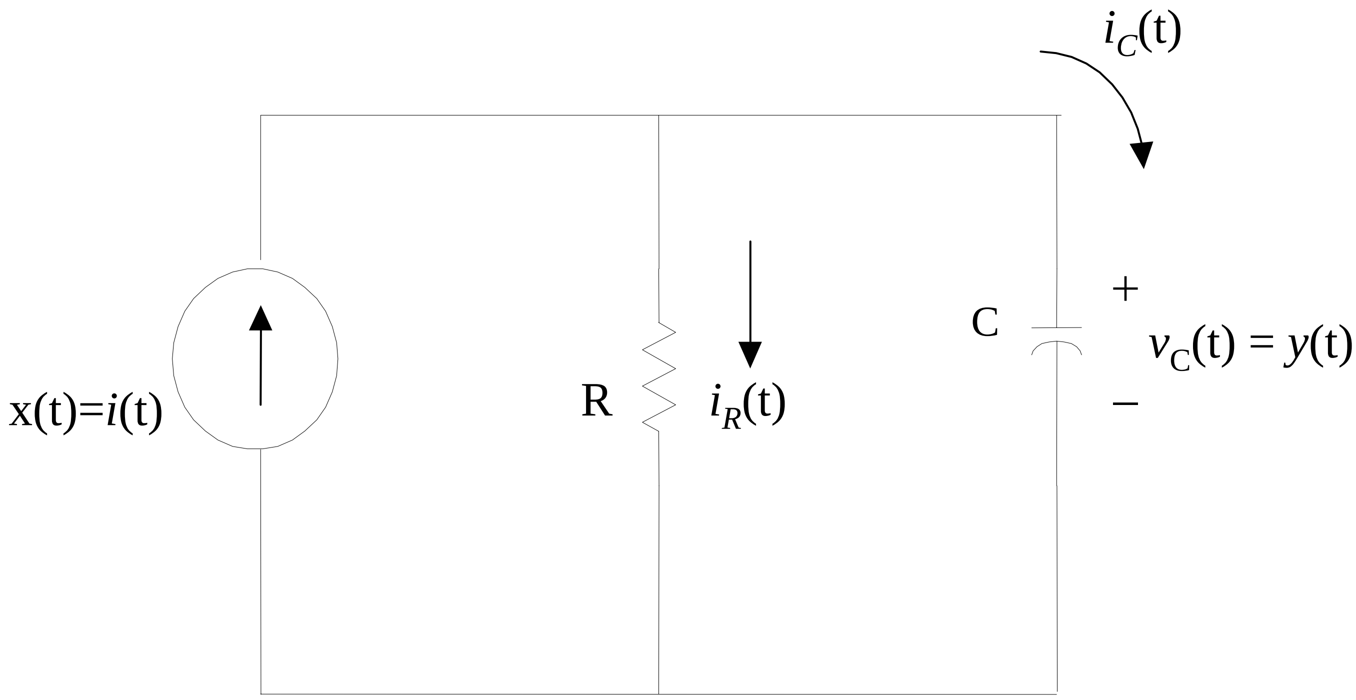
- Sistem Waktu Kontinyu

Penggambaran sistem waktu kontinyu selalu berkaitan dengan bentuk representasi matematik yang mengambarkan sistem tersebut dalam keseluruhan waktu dan berkaitan dengan penggunaan notasi *f(t)*.



Gambar 2.2. Diagram blok sistem waktu kontinyu

Contoh Sistem, Rangkaian RC



Gambar 2.3. Rangkaian RC

Rangkaian RC dapat dilihat sebagai suatu sistem waktu kontinyu single-input single-output dengan input $x(t)$ sebanding dengan arus $i(t)$ yang selanjutnya mengalir ke sambungan paralel dan output $y(t)$ sebanding dengan tegangan $v_c(t)$ pada kapasitor.

Hukum arus Kirchoff

$$i_C(t) + i_R(t) = i(t) \qquad (2\text{-}1)$$

$$i_C(t) = C\frac{v_c(t)}{dt} = C\frac{dy(t)}{dt} \quad \text{dan} \quad i_R(t) = \frac{1}{R}v_C(t) = \frac{1}{R}y(t)$$

bentuk persamaan diferensial linear seperti berikut:

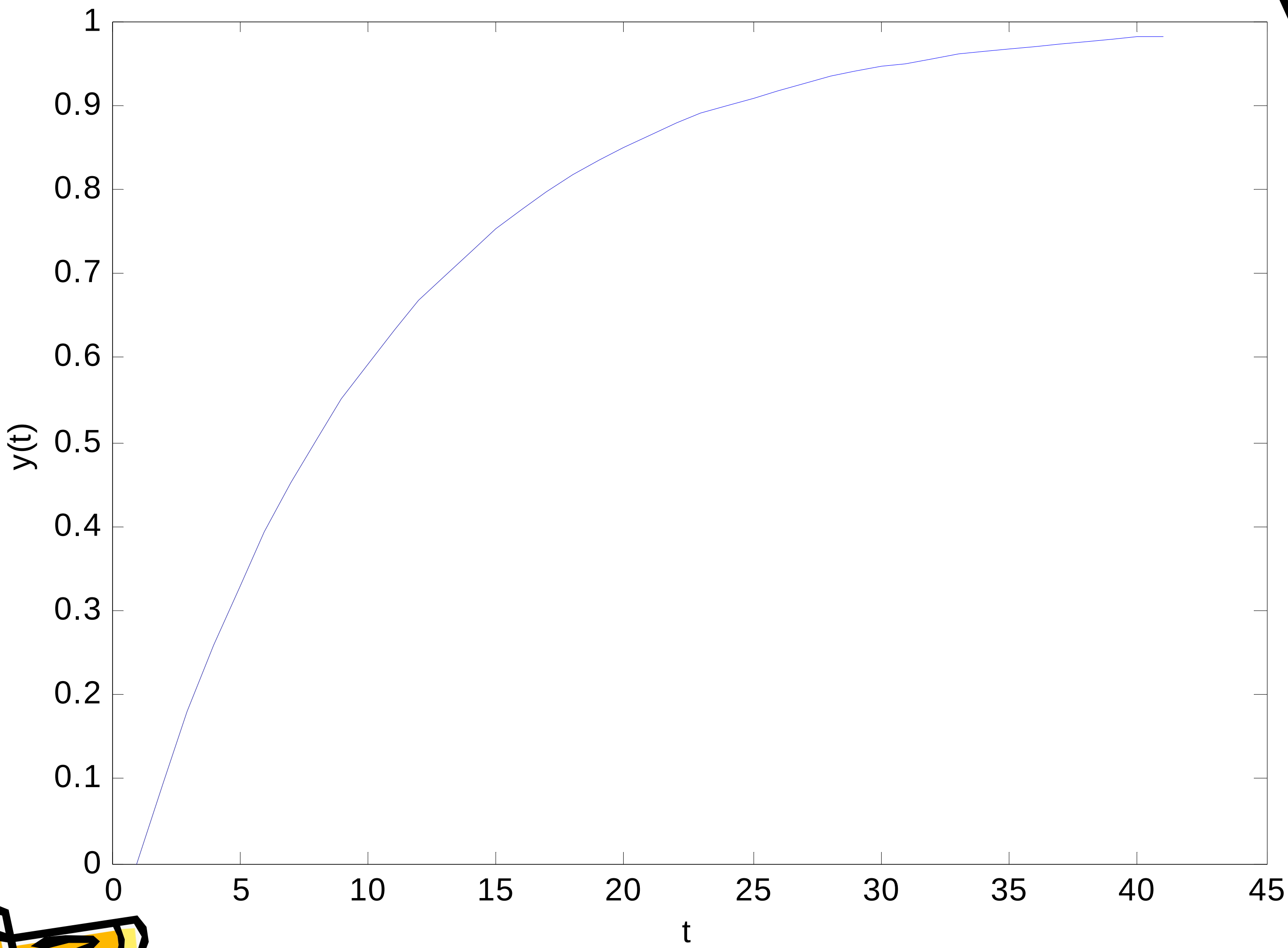
$$C\frac{dy(t)}{dt} + \frac{1}{R}y(t) = i(t) = x(t) \qquad (2\text{-}2)$$

jawaban dari penyelesaian persamaan diatas:

$$y(t) = \int_0^t \frac{1}{C}e^{-(1/RC)(t-\lambda)}d\lambda$$

$$= \mathrm{Re}^{-(1/RC)(t-\lambda)}\Big|_{\lambda=0}^{\lambda=t}$$

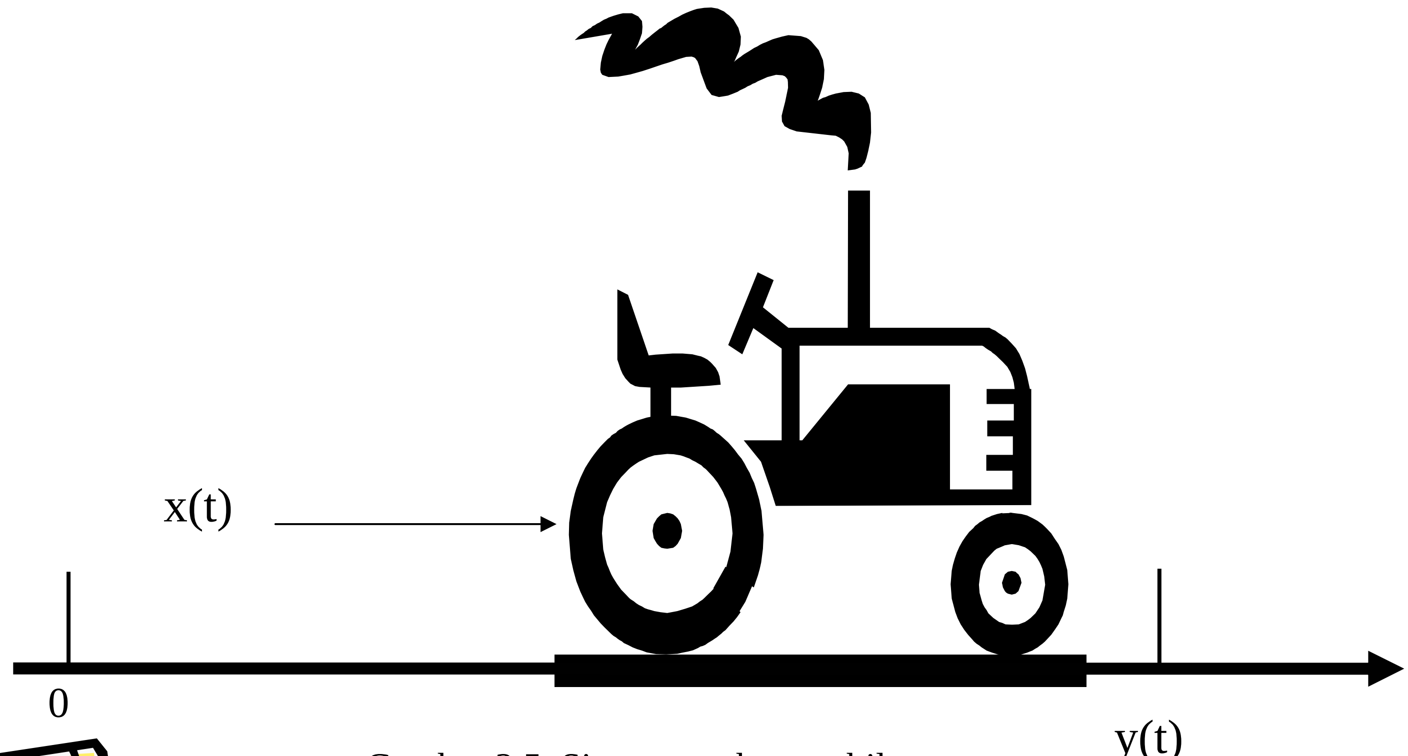
$$= R\left[1 - e^{-(1/RC)t}\right], \qquad t \geq 0$$



Gambar 2.4. Respon step rangkaian RC untuk C=R=1

Contoh Sistem, Gerakan Mobil

Pertimbangkan sebuah mobil pada permukaan horizontal, seperti yang diberikan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5. Sistem gerakan mobil

Output y(t) adalah posisi mobil pada waktu t relatif terhadap suatu titik referensi.

Input x(t) merupakan gaya yang diberikan pada mobil pada saat t.

hukum Newton kedua tentang gerak:

$$M\frac{d^2y(t)}{dt^2}+k_f\frac{dy(t)}{dt}=x(t) \qquad (2\text{-}3)$$

Ditetapkan v(t) = *dy*(t)/*dt*

$$M\frac{dv(t)}{dt}+k_f v(t)=x(t) \qquad (2\text{-}4)$$

Penyelesaian untuk y(t) seperti berikut

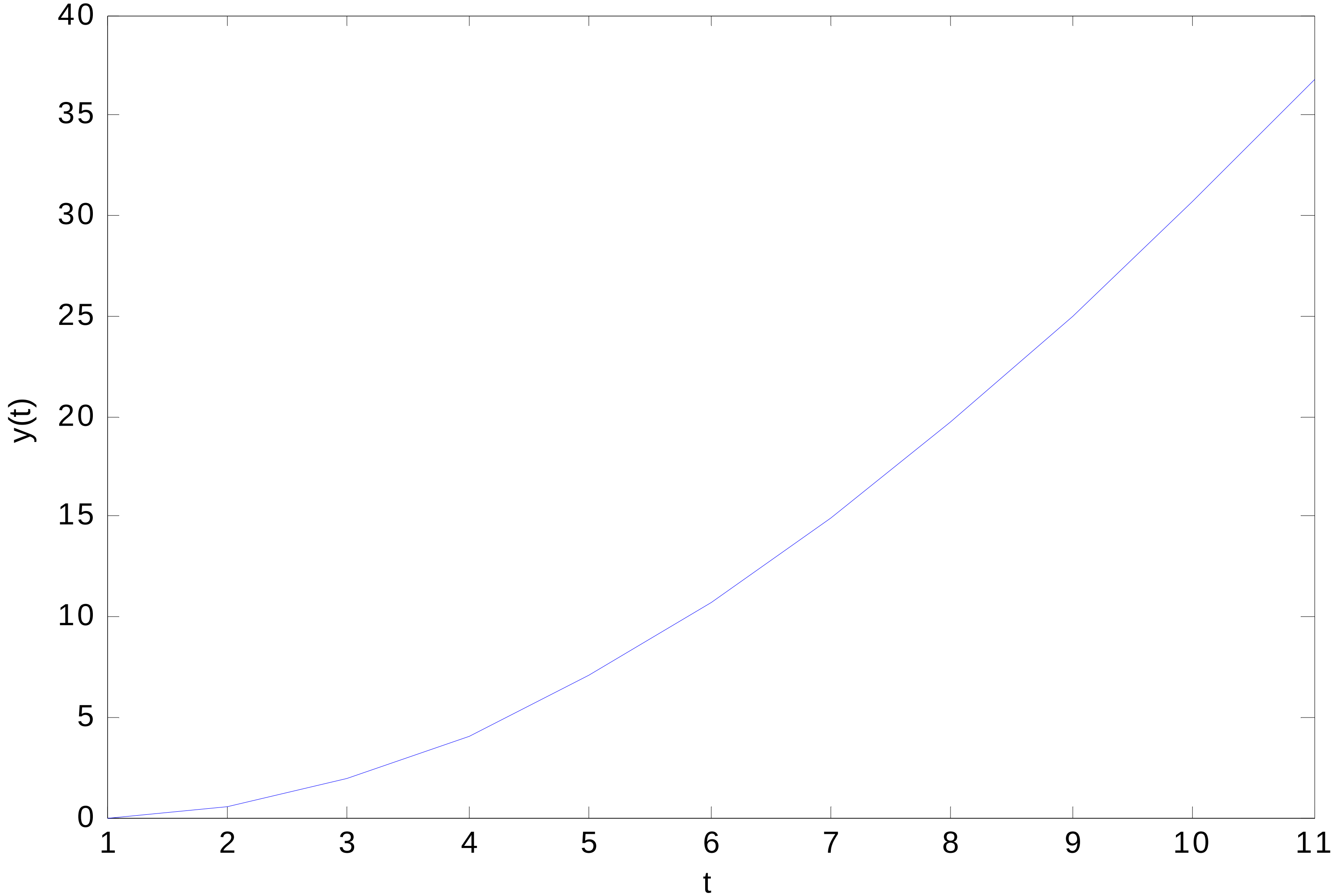
$$y(t) = \int_0^t \frac{1}{k_f}\left[1 - e^{-(kf/M)(t-\lambda)}\right] d\lambda$$

$$= \frac{1}{k_f}\left[\lambda - \frac{M}{k_f} e^{-(kf/M)(t-\lambda)}\right]_{\lambda=0}^{\lambda=t}$$

$$= \frac{1}{k_f}\left[t - \frac{M}{k_f} + \frac{M}{k_f} e^{-(kf/M)t}\right], \qquad t \geq 0 \qquad \text{(2-5)}$$

respon step dapat dideferensiasi:

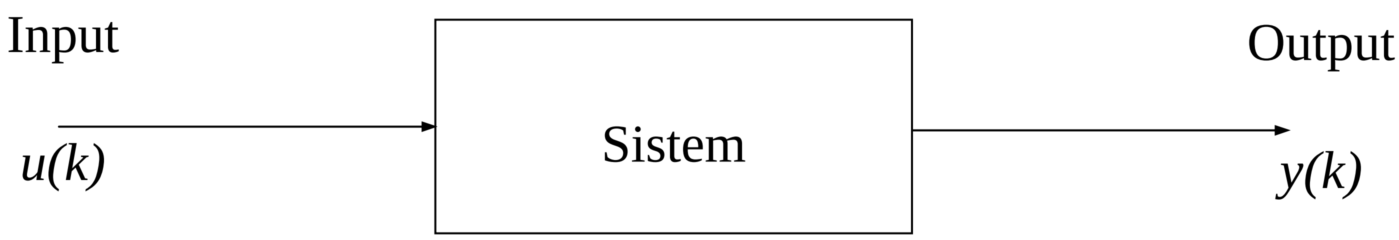
$$v(t) = \frac{dy(t)}{dt} = \frac{1}{k_f}\left[1 - e^{-(kf/M)t}\right] \qquad , t \geq 0 \qquad \text{(2-6)}$$



Gambar 2.6. Respon step pada mobil dengan M=1 dan k_f =0.1

• Sistem Waktu Diskrit

Penggambaran sistem waktu disktrit berkaitan dengan pengambilan sampel pada waktu-waktu tertentu dari sistem yang biasanya dengan penggunaan notasi $f[n]$.



Gambar 2.7. Diagram blok sistem waktu diskrit

Contoh Sistem Waktu Diskrit

Suatu sistem pembayaran pada pinjaman uang di bank dapat dimodelkan sebagai sebuah sistem waktu diskrit dengan cara sebagai berikut. Dengan $n = 0,1,2,\ldots,$ input x[n] adalah sebagai besarnya pembayaran per bulan yang dilakukan untuk bulan ke-n.

Output y[n] adalah kondisi balans pinjaman setelah bulan ke-n.

Indek n menandai bulan, input x[n], dan output y[n] merupakan fungsi sinyal waktu diskrit yang merupakan fungsi dari parameter n. Kondisi awal y[0] ditetapkan sebagai besarnya pinjaman yang diberikan oleh bank.

Biasanya, pembayaran pinjaman x[n] adalah konstan, dalam hal ini x[n] = c, dengan $n = 1,2,3,\ldots$ dan c merupakan konstanta.

Dalam contoh ini, x[n] diberi kebebasan sebagai nilai yang bervariasi dari bulan ke bulan.

Pembayaran pinjaman dapat digambarkan sebagai persamaan diferensial seperti berikut

$$y[n] - \left(1 + \frac{I}{12}\right) y[n-1] = -x[n], \qquad n = 0,1,2,\ldots \tag{2-7}$$

I adalah interest rate tahunan dalam bentuk desimal
Sebagai contoh, jika interest rate tahunan 10%, I akan sebanding dengan 0,1.

Terminologi (I/12)y[n-1] dalam persamaan (2-7) adalah interest pada pinjaman daladm bulan ke-*n*.
Persamaan ini merupakan persamaan diferensial linear orde 1.

2.3. Sifat-Sifat Dasar Sistem

Untuk dapat mempelajari lebih jauh tentang suatu sistem, dapat dipelajari menggunakan teknik yang tergantung pada sifat dasar dari sistem tersebut

Kausalitas
Linearitas
Time Invariant

Pembahasan kita disini difokuskan pada sistem single-input single-output dengan input *x(t)* dan output *y(t)*.
Dengan anggapan bahwa respon output *y(t)* pada sistem dihasilkan dari input *x(t)* tanpa energi awal .

- Kausalitas

Suatu sistem dikatakan sebagai *kausal* atau *non-anticipatory* jika untuk suatu nilai t_1, respon output $y(t_1)$ pada waktu t_1 dihasilkan dari input x(t) tidak tergantung pada nilai input x(t) untuk $t > t_1$.

Contoh:
Pertimbangkan sebuah sistem waktu kontinyu yang memiliki hubungan input/output sebagai berikut:

$$y(t) = x(t+1). \qquad (2\text{-}8)$$

Coba anda klasifikasi, apakah sistem ini kausal?

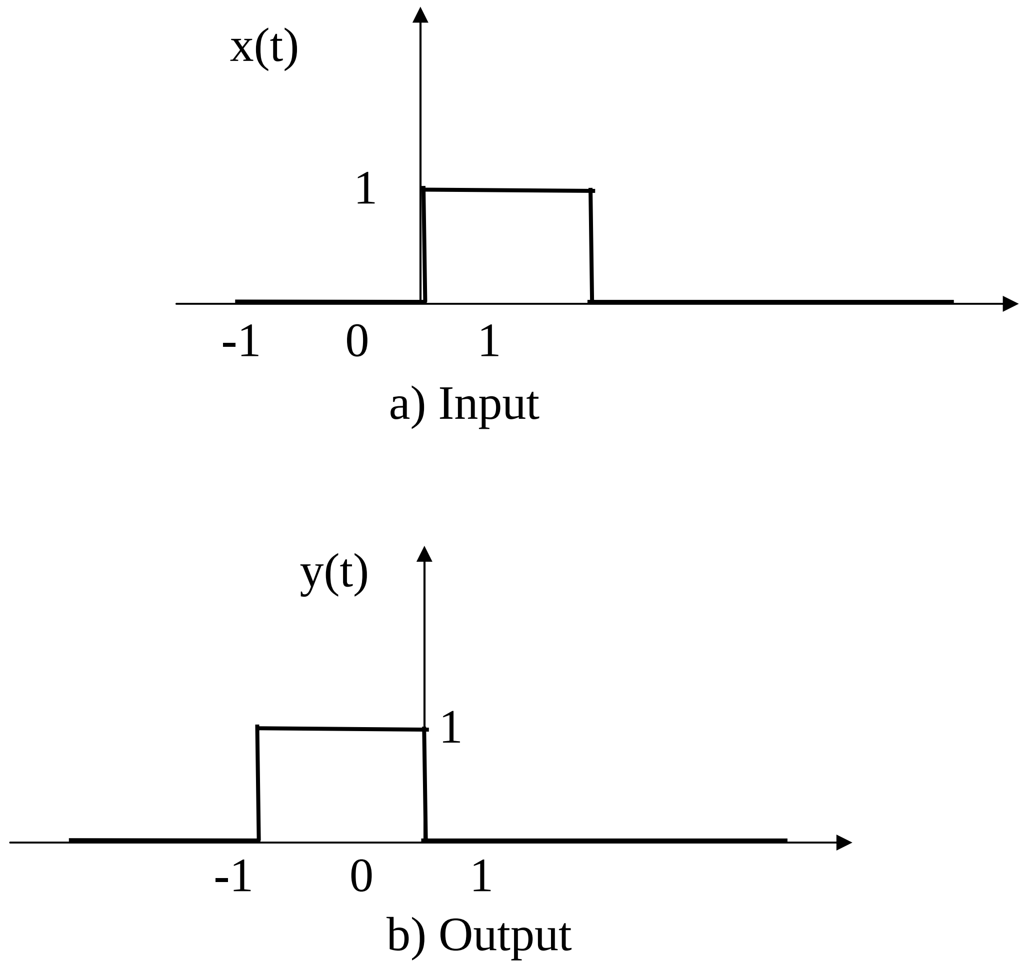
Penyelesaian:
Sistem ini non kausal jika nilai output y(t) pada suatu waktu t tergantung pada input di waktu x(t+1).

Non kausalitas dapat juga dilihat dengan mempertimbangkan respon sistem untuk input detik ke suatu pulsa 1-detik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8a.

Dari hubungan y(t) = x(t+1) dapat dilihat bahwa output yang dihasilkan dari pulsa input seperti pada Gambar 2.8b.

Sinyal output muncul sebelum sinyal input diberikan, sehingga dalam hal ini sistem dapat dikatagorikan sebagai sistem non-kausal.

Sistem dengan hubungan input/output y(t) = x(t+1) disebut sebagai *ideal predictor*. Sebagian besar ahli fisika berargumen bahwa di dunia ini tidak ada prediktor yang ideal.



Gambar 2.8. Input/output pada sistem non-kausal

Contoh:

Pertimbangkan sistem yang memiliki hubungan input dan output seperti berikut:

$$y(t) = x(t-1) \qquad (2\text{-}9)$$

Apakah sistem ini merupakan sistem kausal?

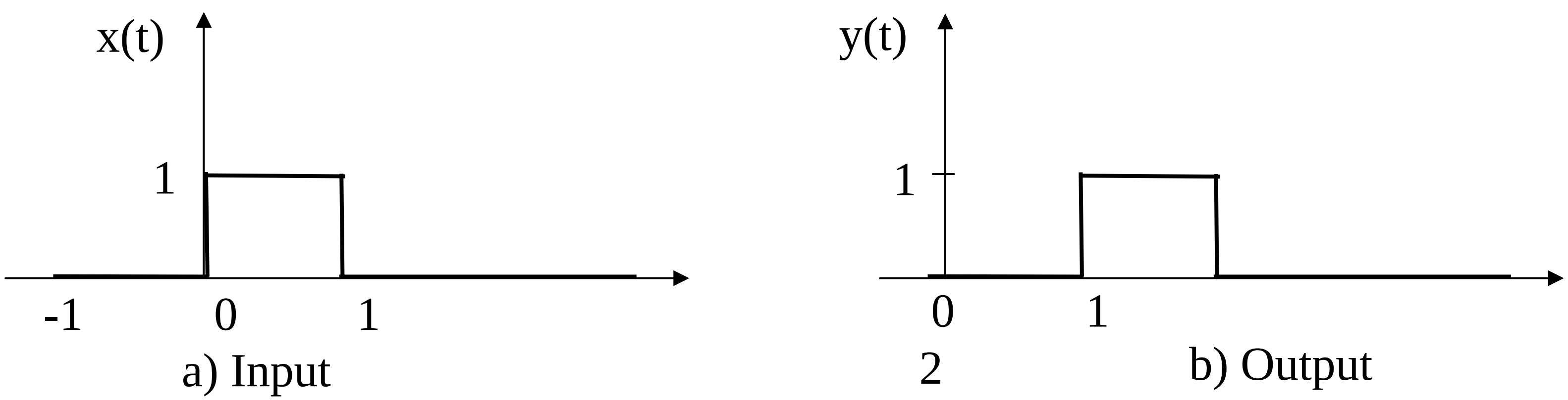
Penyelesaian:

Sistem ini dapat dikatagorikan sebagai sistem kausal jika outputnya pada waktu t hanya tergantung pada nilai input saat waktu t-1.

Jika pulsa pada Gambar 2.9a diberikan ke sistem ini, pulsa output akan dapat dihasilkan seperti pada Gambar 2.9b.

Fakta menunjukkan bahwa delay sistem sebesar 1 detik untuk seluruh input merupakan kesepakatan nilai delay yang ideal (*ideal time delay*) untuk analisa sistem.

Ada sejumlah teknik untuk membangkitkan delay waktu. Sebagai contoh, delay waktu diantara *record* dan *head playback* pada tape recorder dapat digunakan untuk membangkitkan delay waktu pada beberapa mili detik.



Gambar 2.9. Input/output pada sistem kausal

Contoh :
Pertimbangkan sebuah rangkaian RC yang telah dibicarakan pada Sub Bab 2.2.1.
Jika waktu awal to ditetapkan pada nilai 0, bagaimana kondisi sifat ini, kausal atau non-kausal?

Penyelesaian:
Dengan mengacu persamaan (2-5) kita dapatkan hubungan input/output rangkaian RC sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y(t) &= \int_{t_1}^{t} \frac{1}{C} e^{-(1/RC)(t-\lambda)} x(\lambda)\, d\lambda \\ &= \int_{0}^{t} \frac{1}{C} e^{-(1/RC)(t-\lambda)} x(\lambda)\, d\lambda \end{aligned} \qquad (2\text{-}10)$$

Dari persamaan tersebut diadapatn nilai x(t) = 0 untuk semua $t < t_1$, dimana t_1 adalah nilai positif integer bebas.

Kemudian x(l) = 0 untuk semua $l < t_1$ dan integral dalam persamaan (2-13) bernilai nol untuk $t< t_1$.

Sehingga untuk kasus ini y(t) = 0 untuk semua nilai $t < t_1$, sehingga rangkaian RC ini merupakan sistem kausal.

- Linearitas

Suatu sistem dikatakan additive jika untuk suatu input $x_1(t)$ dan $x_2(t)$, respon outputnya y(t) sebanding dengan jumlahan kedua input $x_1(t)$ dan $x_2(t)$.

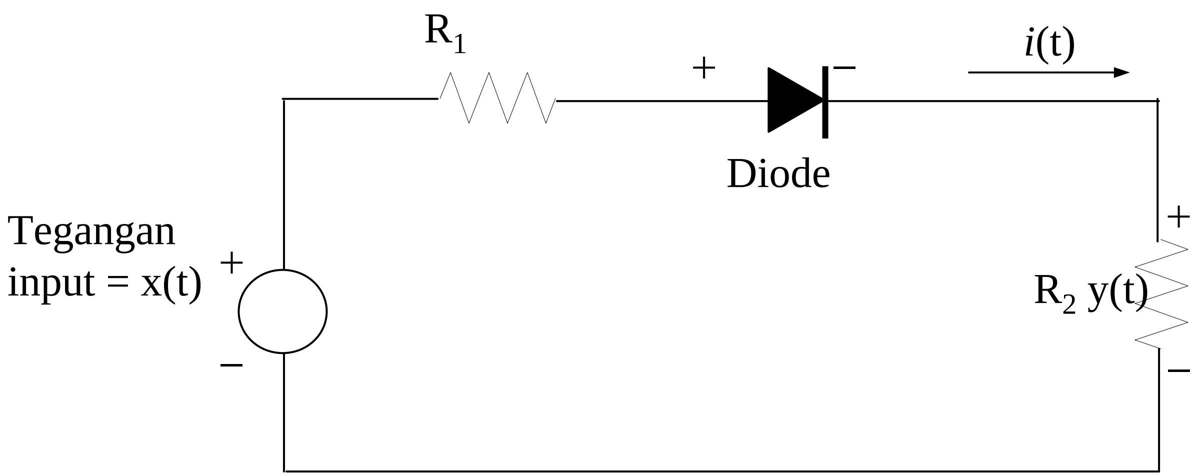
Suatu sistem dikatakan homogen jika untuk suatu input *ax(t)* dan suatu nilai real skalar *a*, respon outputnya adalah senilai *a* kali *x(t)*. Dalam hal ini juga dibuat anggapan dasar bahwa energi awal sebelum input diberikan ke sistem adalah tidak ada.

Sebuah sistem adalah linear jika kedua sifat *additive* dan *homogen* dipenuhi.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Input: } a_1x_1(t) + a_2x_2(t)\\ \text{Responnya:} a_1y_1(t) + a_2y_2(t).\end{array}\right\} \quad (2\text{-}11)$$

Contoh :

Pertimbangkan sebuah rangkaian dengan diode ideal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 berikut ini. Dalam hal ini outup y(t) merupakan tegangan yang melintasi resistor dengan resistansi R_2. Diode ideal merupakan suatu rangkaian hubung singkat ketika tegangan x(t) adalah bernilai positif, dan merupakan rangkaian terbuka jika tegangan x(t) bernilai negatif. Apakah rangkaian ini merupakan sistem linear?



Gambar 2.10. Rangkaian resistif dengan diode ideal

Penyelesaian:

Dari gambaran rangkaian di atas kita dapatkan hubungan input/output sebagai berikut:

$$y(t) = \begin{cases} \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} x(t) & ketika \quad x(t) \geq 0 \\ 0 & ketika \quad x(t) \leq 0 \end{cases} \tag{2-12}$$

input berupa fungsi step u(t).

Respon yang dihasilkan adalah seperti berikut:

$$y(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u(t) \tag{2-13}$$

Jika input unit-step dikalikan dengan bilangan skalar –1, maka inputnya adalah –u(t), dengan persamaan (2-12) respon yang dihasilkan adalah nol untuk semua t $\geq$ 0.

Tetapi ini tidak sebanding dengan –1 kali respon u(t) yang diberikan dengan persamaan (2-13).

Kondisi ini bukan bersifat homogen, dan tidaklah linear.

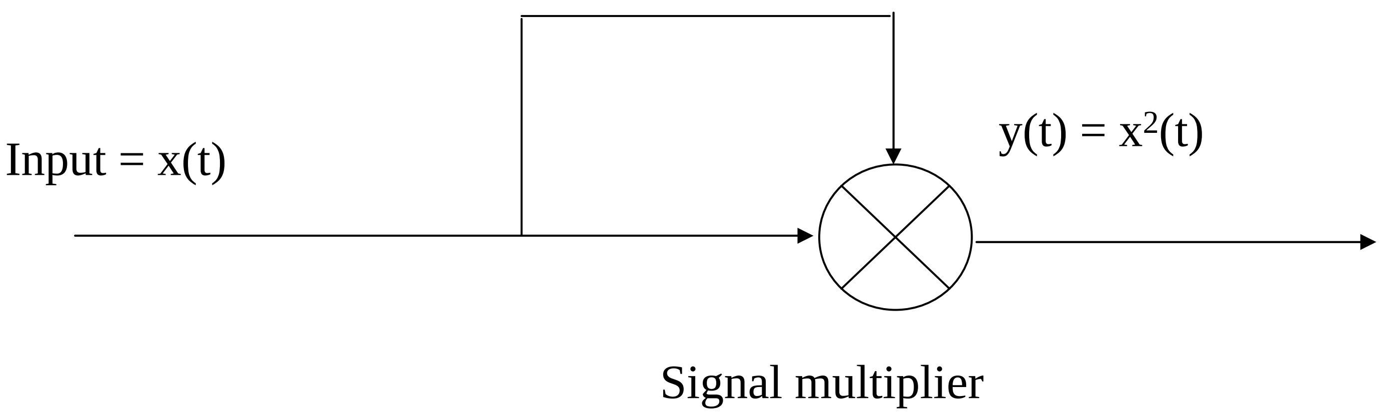
Sehingga kita dapat pula menyatakan kalau sistem ini tidak additive.

Contoh:

Pertimbangkan sebuah sistem yang memiliki hubungan input/output sebagai berikut:

$$y(t) = x^2(t) \qquad (2\text{-}14)$$

Sistem ini dapat direalisasikan sebagai sebuah pengali sinyal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11. Apakah sistem ini linear?



Gambar 2.11. Realisasi $y(t) = x^2(t)$

Penyelesaian:
Sistem yang didefinisikan dengan persamaan (2-14) seringkali disebut sebagai *square-law device*.

Perlu dicatat bahwa sistem ini tidak memiliki memori.

Jika sebuah skalar a dan input $x(t)$ diberikan ke sistem, dengan persamaan (2-14) diperoleh respon untuk $ax(t)$ adalah $a^2x^2(t)$.

Tetapi a dikalikan dengan respon $x(t)$ tidak sebanding dengan $ax^2(t)$, yang secara umum tidak sama dengan $a^2x^2(t)$.

Sehingga sistem ini tidak homogen, dan bukan merupakan sistem linear.

• Time Invariant

Sebuah sistem dikatakan sebagai sistem time invariant jika state awal dan input adalah sama, tidak masalah kapan waktunya diaplikasikan, outputnya selalu sama.

Contoh:

Sebuah sistem pembangkit sinyal sinus menghasilkan sebuah sinyal yang memiliki hubungan input/output sebagai berikut:

$$y(t) = \sin(2\pi ft/T + \pi/2 \text{ rad}) \qquad (2\text{-}15)$$

Karena suatu hal, terjadi penundaan sinyal selama setengah periode ($\frac{1}{2}T$). Coba amati apakah sistem ini time invariant?

Penyelesaian:

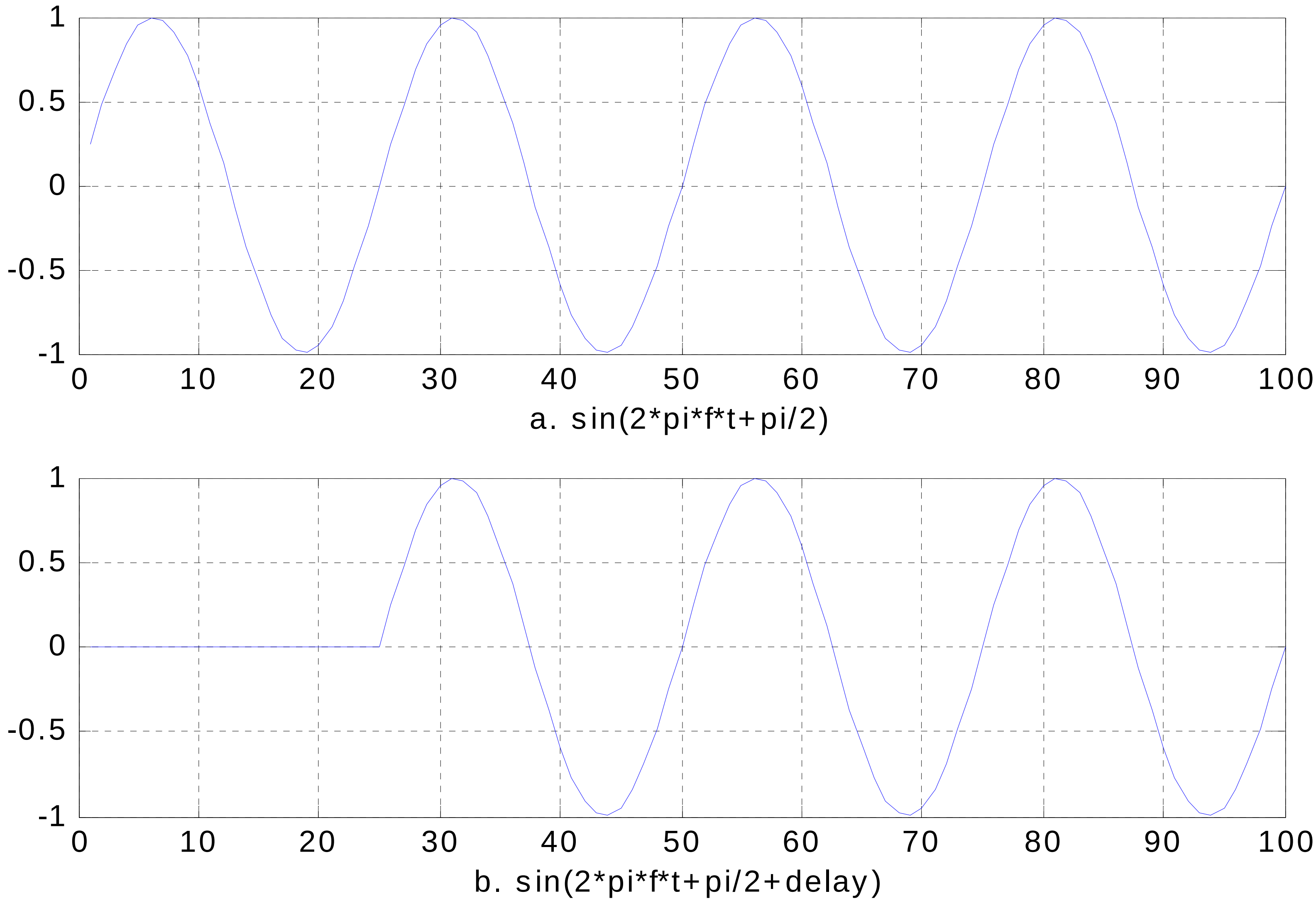
Dari persamaan dasar sebuah sinyal sinus di atas untuk

$$x(t) = x(t - t_1) \qquad \text{(2-16)}$$

dimana $t_1 = ½\ T$.

Dalam implementasinya pada persamaan (2-16) diatas didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y(t-t_1) &= \sin\,(2\pi ft/T + \pi/2 \text{ rad} - t_1) \\ &= \sin\,(2\pi ft/T + \pi/2 \text{ rad} - \pi \text{ rad}) \\ &= \sin\,(2\pi ft/T - \pi/2 \text{ rad}) \end{aligned}$$



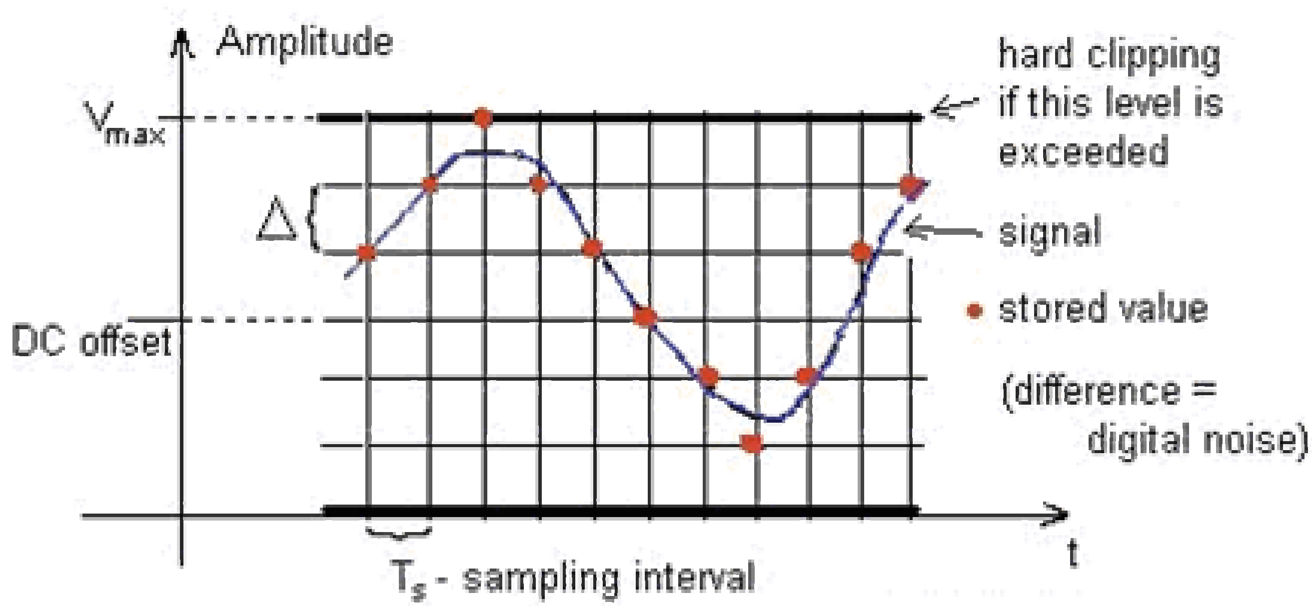
Gambar 2.12. Contoh respon output sistem time invariant

2.4. Studi Kasus Sistem Recording Digital

Dalam pengertian sederhana, kata digital adalah untuk merepresentasikan sebuah nilai numerik dari sebuah referensi analog suatu besaran fisik tertentu. Digitasi punya arti sebagai langkah untuk mengkonversi suatu besaran analog menjadi sebuah nilai numerik. Sebagai contoh, jika kita merepresentasikan sebuah intensitas suara dengan angka-angka yang proporsional dengan intensitas, maka nilai analog dari intensitas itu telah ditampilan secara digital. Akurasi konversinya tergantung pada jumlah nilai diskrit yang telah ditandai dan laju pengambilan sampel hasil pengukuran yang telah dibuat. Sebagai contoh, 4 tingkatan nilai numerik yang akan digunakan untuk merepresntasikan perubahan 4 amplitudo suara kurang akurat dibandingkan menggunakan 256 tingkatan nilai numerik. Dan laju pengambilan sampel pengukuran dengan 8 konversi/dt kurang akurat dibanding jika kita menggunakan 8000 konversi/dt.

• Prinsip Digital Recording

Pada saat melakukan recording (perekaman) secara digitalpada sinyal analog signal, konversi analog ke digital (A/D) akan mengambil sampel dari *continuous time-amplitude* menjadi *discrete time-amplitude* seperti yang diberikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Gambaran sinyal pada proses Digital Recording

Gambar 13: Konverter A/D akan mengkonversikan suatu nilai dari sinyal continuous (time-amplitude) menjadi sinyal discrete (discrete time - discrete amplitude).

- Discrete Time

Nyquist theorem.
Dinyatakan bahwa jika sebuah sinyal informasi V(t) yangdisampel tidak memiliki komponen frekuensi lebih tinggi dibanding fs/2 (dimana fs = 1/Ts), maka sinyal diskrit yang dihasilakan akan cukup representatif sebagai nilai tersampel V(nTs) pada waktu diskrit tn = nTs dimana n = ... -1, 0 , 1 , 2 , 3 ...

$$V(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} V(n \bullet T_s) \frac{\sin[\pi \bullet f_s(t - n \bullet T_s)]}{\pi \bullet f_s \bullet (t - n \bullet T_s)} \qquad (2\text{-}17)$$

dimana:
fs = 1/Ts, frekuensi sampling
V(t) = value sinyal pada waktu t.

• Discrete Amplitude

Terminologi bit merupakan singkatan untuk binary digit dan dikatikan dengan dua kondisi pilihan (0 dan 1). Sehingga, suatu sistem digital hanya akan memiliki dua level 1 bit resolution.

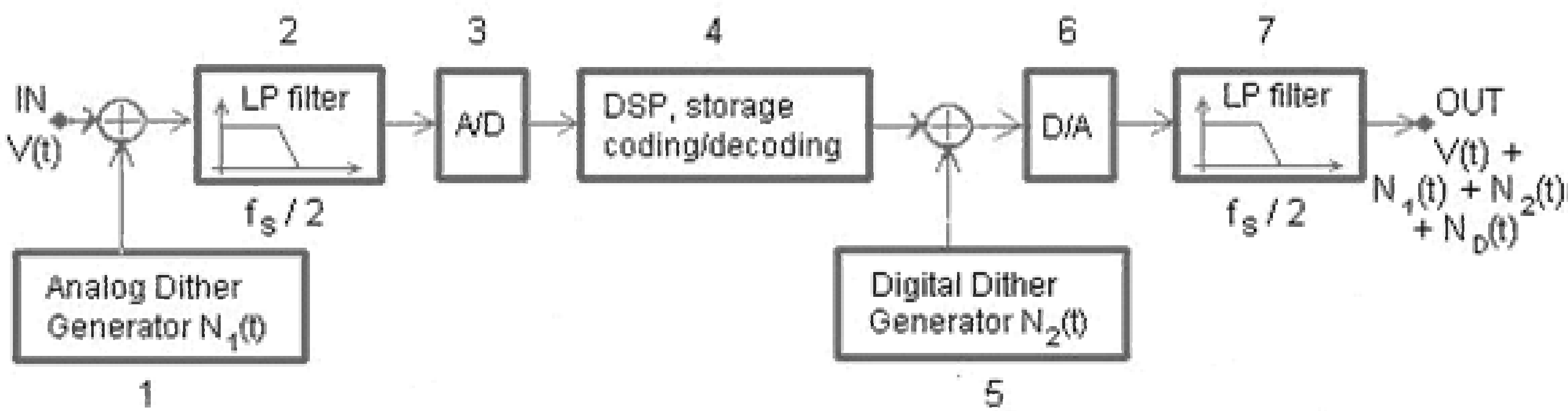
Secara umum, logarithma basis 2 digunakan mengkonversi angka pada level quantisasi yang pas untuk nilai-nilai bit tersebut. Sebuah piranti degan dua posisi stabil seperti sebuah relay atau flip-flop, dapat digunakan untuk menyimpan 1 bit informasi.

N piranti dapat digunakan untuk menyimpan N bit informasi, karena total angka yang mungkin untuk menyatakan keadaan informasi adalah 2N dan adalah sebanding dengan $\log_2(2N) = N$ bits (Shannon, 1949/1975).

Sehingga untuk 4 levels dinyatakan sebagai 2 bit, 8 adalah 3 bit, 16 adalah 4 bit, dst. Untuk suatu N-bit A/D atau D/A converter

No. of levels = 2^N
N = 8 No. of levels = 256
N = 12 No. of levels = 4,096
N = 16 No. of levels = 65,536
N = 20 No. of levels = 1,048,576

Sistem Recording/Processing Digital



Gambar 2.14: Diagram blok sistem recording/processing digital

Kedua sumber noise [N1(t), N2(t)] ditambahkan untuk menghindari distorsi digital pada signal V(t) terhadap coherent noise ND(t).
Pemilihan yang tepat pada N1(t) dan N2(t) dapat menghilangkan koherensi pada ND(t) (digital noise) dengan sinyal V(t).

- Penjelasan

1. Dengan mengikuti penelitian yang dilakukan oleh Nakajima (1983), Mieszkowski (1989) dan Wannamaker, Lipshitz dan Vanderkooy (1989), analog dither harus ditambahkan ke sinyal input untuk tujuan:

a) linearisasi konversi A/D

b) Memungkinkan mengimprofisasi nilai S/N dengan melakukan proses perataan sesuai dengan formula:

   (S/N) setelah perataan = (S/N) sebelum perataan $n^{1/2}$

   dimana: n = Jumlah pada sinyal yang dirata-rata

c) Eliminasi distorsi harmonik (timbul ketika digital noise ND(t) koheren dengan sinyal V(t)).

d) Eliminasi distorsi intermodulasi (timbul ketika digital noise ND(t) koheren dengan signal V(t)).

e) Eliminasi "digital deafness" (ketika sinyal V(t) rendah, dimana *step size* dalam konversi tidak akan direcord semua, atau mungkin malah noise N1(t) yang akan direcord sebagai noise).

f) Eliminate noise modulation

2. Input LPF (antialiasing filter) harus dieliminasi untuk komponen frekuensi > fs/2, dengan fs = frekuensi sampling

3. A/D converter mengkonversi sinyal analog menjadi suatu bilangan digital (sebagai contoh: 10110110 merepresentasikan suatu binary coded 8-bit amplitude). Sampling speeds range dari 2 kHz sampai 10 GHz dan resolusi rentang amplitude dari 4 bits sampai 20 bits.

4. Jka DSP diberikan pada suatu sinyal, kita harus tambahkan digital dither N2(t) (kotak- 5) untuk menghindari digital distortions dan coherent noise ND (t) pada output D/A converter.

5. Prioritas untuk D/A conversion, digital dither harus ditambahkan kenilai-nilai yang merepresentasikan amplitudo pada sinyal jika kita gunakan DSP.

6. D/A converter mengkonversi bilangan digital menjadi sinyal analog. Kemampuan kecepatan konversi dari 2 kHz sampai 200 MHz dan kemampuan amplitude resolution adalah 4 bit sampai 20 bits.

7. Output LPF harus mengeliminasi semua frekuensi diatas fs /2 yang akan terjadi sepanjang proses konversi D/A.

Soal Latihan

1. Sebuah sistem penyimmpanan uang di bank memiliki model matematik seperti berikut:

   y[n+1] –(1+I/4)y[n]=x{n+1]

   Dimana:
   y[n] adalah jumlah yang ada setelah penghitungan pada quarter ke-n,
   x[n] adalah jumlah yang didepositkan dalam quarter ke-n,
   I adalah interest rate tahunan dalam bentuk desimal.

   Untuk I = 10%, hitung y[n] untuk n = 1,2,3,… ketika y[0] =1000 dan x[n] =1000 untuk n ≥1.

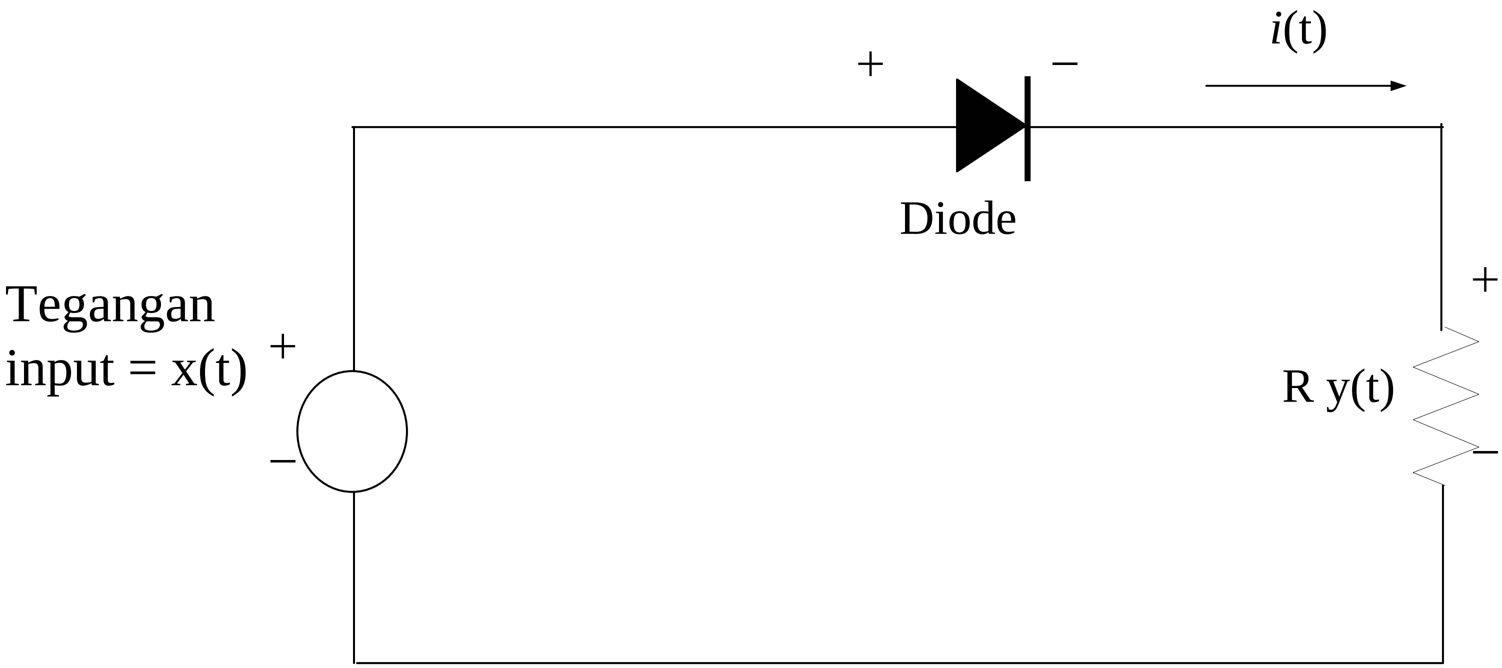
2. Dari serangkaian sistem yang memiliki hubungan input/output berikut ini coba anda periksa apakah kausal atau non kausal, dengan memori atau tanpa memori, linear atau non linear, dan time variant atau time invariant.

a. y(t) = x(t)+1

b. $$y(t) = |x(t)| = \begin{cases} x(t) & \dim ana \quad x(t) \geq 0 \\ -x(t) & \dim ana \quad x(t) < 0 \end{cases}$$

c. dy(t)/dt = y(t)x(t)

3. Berikan penjelasan anda tentang sistem yang dibentuk dari rangkaian pada Gambar 2.15 berikut ini.
Apakah sistem memenuhi 3 sifat berikut; kausalitas, linearitas, dan time invariant?



Gambar 2.15. Rangkaian untuk soal no. 2

4. Untuk masalah berikut ini buatlah program dalam Matlab atau Bahasa C.

   Persamaan diferensial berikut ini harus diselsesaikan dengan cara rekursi untuk mendapatkan nilai y[n] pada $0 \le n \le 10$.

a. $y[n] = 2y[n-1]; \; y[-1] = 1$

b. $y[n] = 0.5y[n-1] + y[n-2]; \; y[-2] = 1, \; y[-1] = 0$

c. $y[n] = 0.1y[n-1] + 0.5y[n-2] + (0.5)^n \; ; \; y[-1] = y[-2] = 0$