

Permodelan Lingkungan

Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Diponegoro

PROF. DR. IR. PURWANTO, DEA

A decorative graphic consisting of a horizontal bar with a color gradient from dark olive green on the left to light grey on the right. A thin gold circle is positioned above the bar, with a black left bracket and a gold right bracket. The text is centered below the bar.

IF I HEAR à I FORGET
IF I SEE à I REMEMBER
IF I DO à I UNDERSTAND



Ngelmu iku kalakone kanthi laku

[Model :



- n Conceptual representations of the real world
- n Simulations
- n Problem-solving tools
- n Used in the social sciences, economics, natural and environmental sciences, statistics, etc. to make predictions based on observed patterns

[Example :

- n Compound interest equations for describing the growth of money invested over time
- n Equations for determining the impact of an interest rate hike on consumer spending
- n Predictions on how a change in carbon dioxide levels will impact the environment
- n Predictions on the path of a hurricane based on current conditions and previous year's maps and data

Pictorial Model


- | Model gambar (*Pictorial models*) digunakan untuk menggambarkan interaksi antar komponen di dalam suatu sistem.

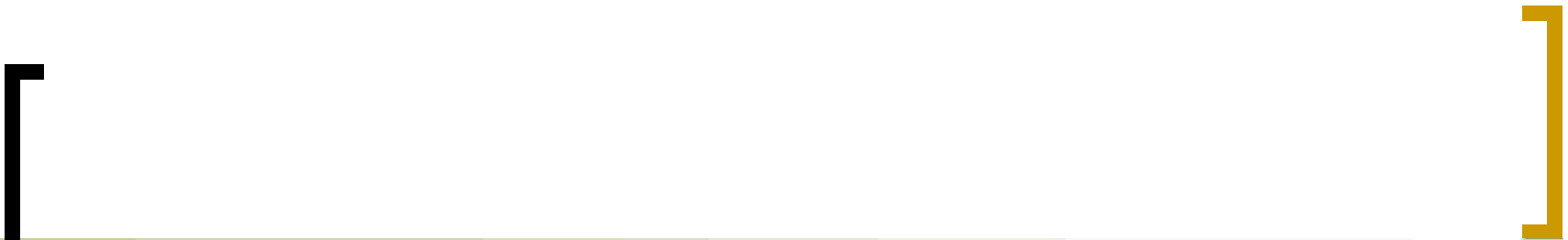
[Model prosedural]

Model prosedural (*Procedural models*) merupakan gambaran dari suatu langkah-langkah yang terkait dengan prosedur seperti perencanaan proyek daerah aliran sungai, pengoperasian unit pengolahan limbah, dan sejenisnya.

[Model kehandalan]

- | Model kehandalan (*Reliability models*) menggunakan teori kebolehjadian untuk melakukan evaluasi kehandalan suatu sistem.


- 
- | Model matematika (*Mathematical models*) dikembangkan secara teoritik atau secara induktif berdasarkan hukum-hukum dasar seperti fisika, kimia dan biologi, digunakan untuk menggambarkan kinerja dan kelakuan sistem secara kuantitatif.

A large black left square bracket and a large yellow right square bracket are positioned at the top of the slide. A horizontal bar with a light green-to-white gradient is located below the brackets.

Model dapat terdiri dari satu atau beberapa persamaan yang menghubungkan antara input, output dan karakteristik sistem.

Model deterministik (*Deterministic models*) apabila input, output dan parameter sistem dapat dinyatakan dalam bentuk angka tertentu pada berbagai kondisi sistem.

Model kebolehjadian atau stokastik (*Probabilistic or stochastic models*) apabila besarnya input, output bersifat tak pasti.

- 
- | Model empirik (*Empirical models*) adalah model yang dikembangkan dari hubungan input dan output yang diperoleh dari data empirik atau secara deduktif.

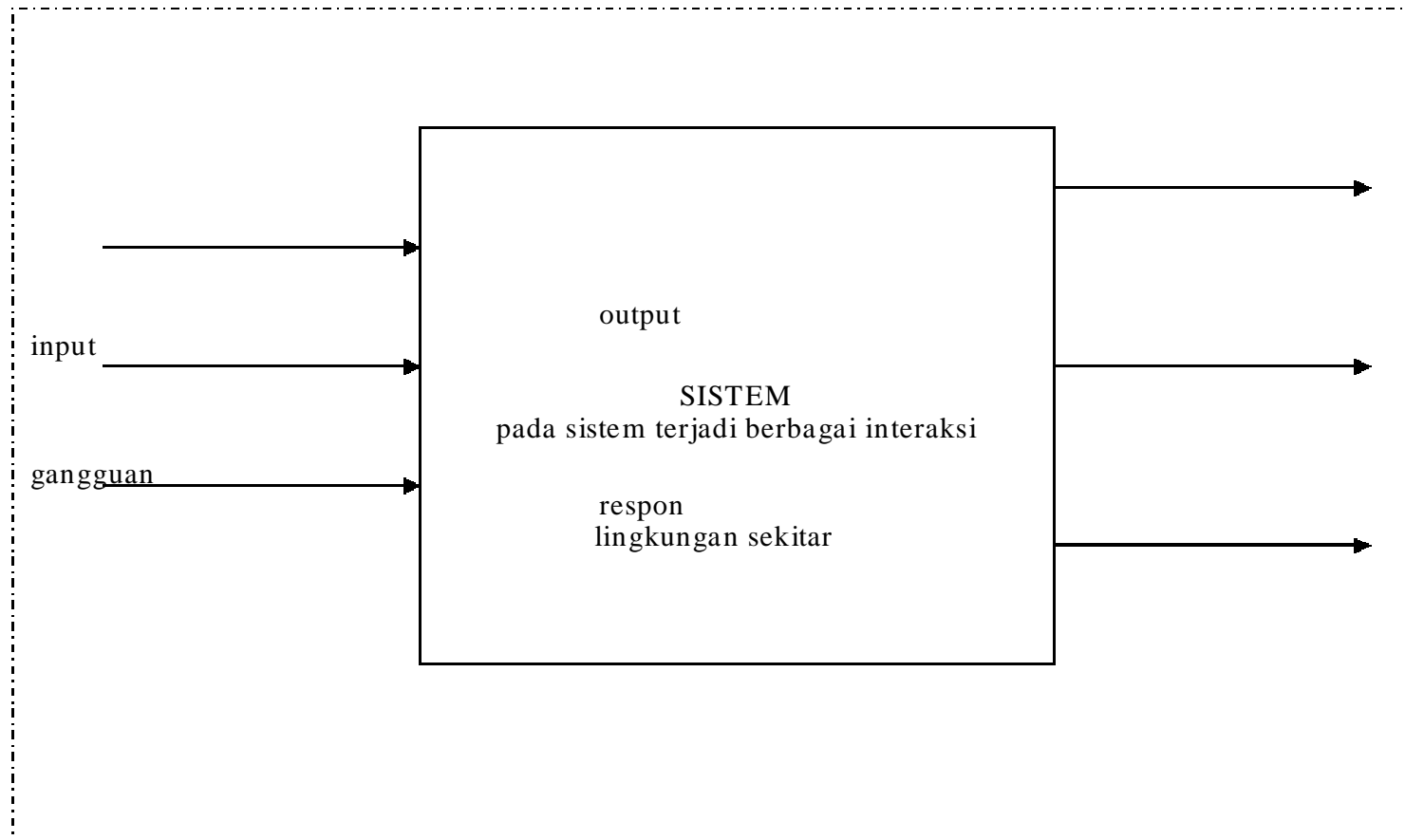
[Model semi empirik]

- | Model semi empirik (*Semiempirical models*) adalah model yang dikembangkan berdasarkan hukum dasar dan kecenderungan hubungan antar variabel yang diperoleh dari data empirik.

[Sistem Lingkungan]

Sistem lingkungan adalah suatu kumpulan dari beberapa unsur yang ditinjau dan dibatasi oleh sekeliling, di dalam sistem terjadi interaksi antar unsur-unsur penyusun sistem dan interaksi antara sistem dengan sekitarnya.

[Sistem]



[Tipe Sistem Lingkungan Bumi]

Closed system :

- tertutup terhadap materi
- terbuka terhadap energi dari sinar matahari

Open system :

- sub sistem bumi, terbuka terhadap materi dan energi

Keadaan sistem

- n Steady State : keadaan tunak (mantap)
besarnya variabel sistem tetap tidak tergantung waktu,

$$dF/dt = 0$$

- n Unsteady State : keadaan tak tunak
besarnya variabel sistem berubah tergantung waktu,

$$dF/dt$$

[Keadaan Sistem

- n Dinamik : ada perubahan, unsteady sampai steady
- n Statik : tidak ada perubahan

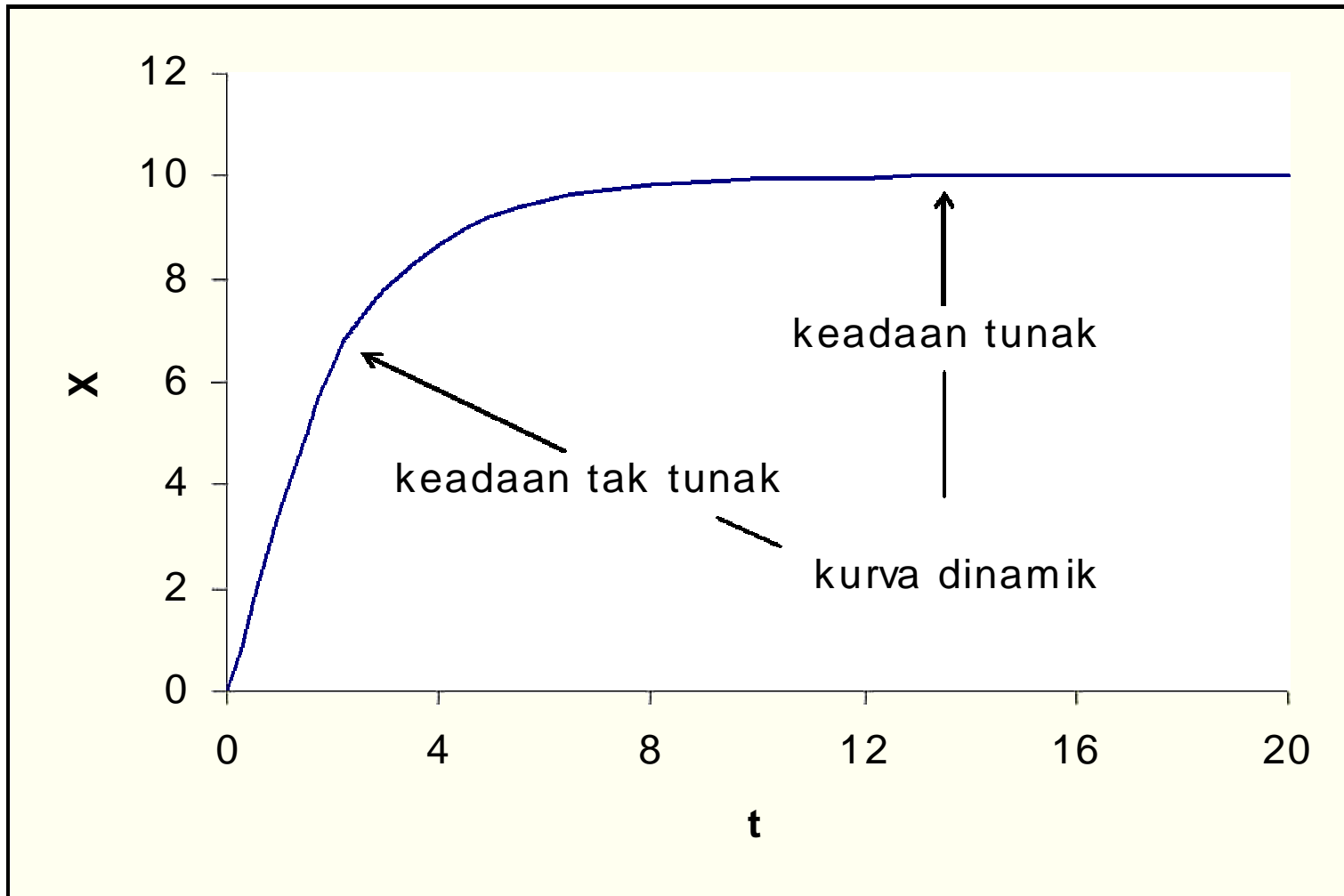
[Pengendalian Sistem]



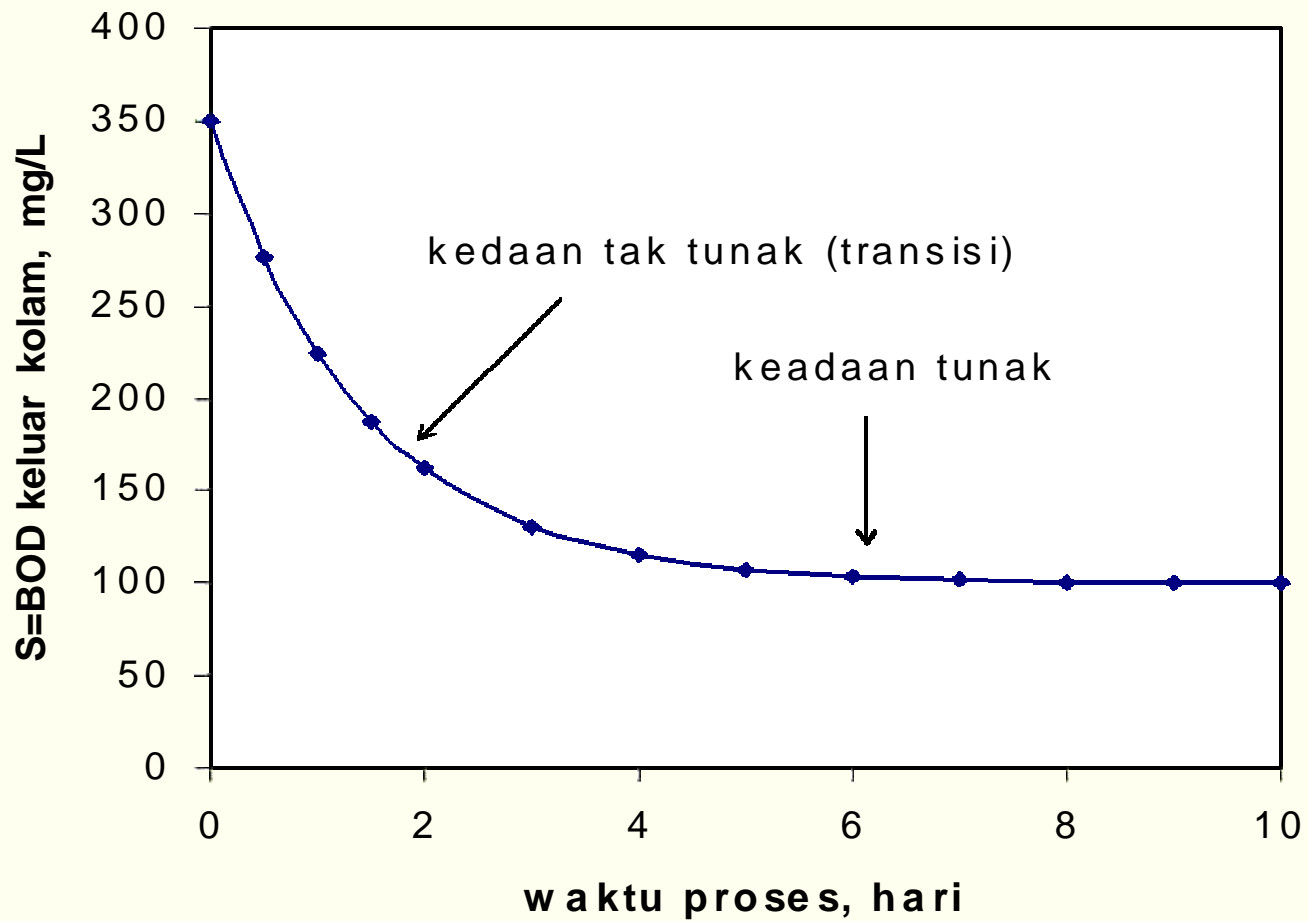
n STABIL

n TAK STABIL --> TAK TERKENDALI

Keadaan Sistem



Keadaan dinamik



[Contoh Model]

- n Model pengolahan limbah cair rumah sakit
- n Model kualitas udara fungsi jumlah kendaraan bermotor
- n Model hutan kota sebagai pereduksi pencemaran udara
- n Model perilaku anak pada pengelolaan lingkungan
- n Model hidrologi untuk analisis tata air pada sub DAS tanpa SPAS

[Contoh Model

- n Buangan limbah industri terhadap kualitas air sungai
- n Model pengelolaan hutan Taman Nasional sistem kolaborasi (studi kasus di TN Tesso Nilo)
- n Model pengelolaan sampah berbasis masyarakat
- n Model pengelolaan ekowisata bahari (studi kasus di TN Karimun Jawa)

[Contoh Model ...]

- n Model pengaruh sedimentasi terhadap banjir
- n Model laju limbah padat pada peternakan itik
- n Model pemakaian pupuk urea pada pertanian dengan sistem irigasi teknis
- n Model pengelolaan limbah ternak sapi kelompok tani
- n Model pengolahan air limbah dengan cara filtrasi
- n Model penangkapan ikan dengan bahan peledak terhadap kerusakan terumbu karang

[Contoh model

- n Model penerapan produksi bersih di industri makanan
- n Model pengelolaan hutan bakau oleh masyarakat
- n Model pengelolaan limbah padat rumah makan
- n Model pengolahan kotoran sapi menjadi Biogas
- n Model pengangkutan sampah perkotaan
- n Model usaha peningkatan kesadaran masyarakat dalam penghijauan di permukiman

Replikasi

- n MODEL HARUS DAPAT DIREPLIKASI atau DAPAT DITERAPKAN DI TEMPAT LAIN (dengan penyesuaian)
- n MODEL melalui TAHAPAN VALIDASI

[SISTEM

- n Sistem : lingkup yang dipelajari yang dibatasi oleh sekeliling
- n Didalam sistem terjadi interaksi antar komponen
- n Interaksi antara sistem dengan sekeliling
- n Contoh sistem : danau, DAS, rumah makan, industri, masyarakat perumahan

KEADAAN SISTEM

- n Steady state : keadaan tunak (mantap), keadaan tetap tidak tergantung waktu
- n Steady berkelanjutan --> Static (statis)

- n Unsteady state : keadaan tak tunak, keadaan dipengaruhi oleh waktu
- n Terdiri dari keadaan dinamik dan steady

Macam-macam model

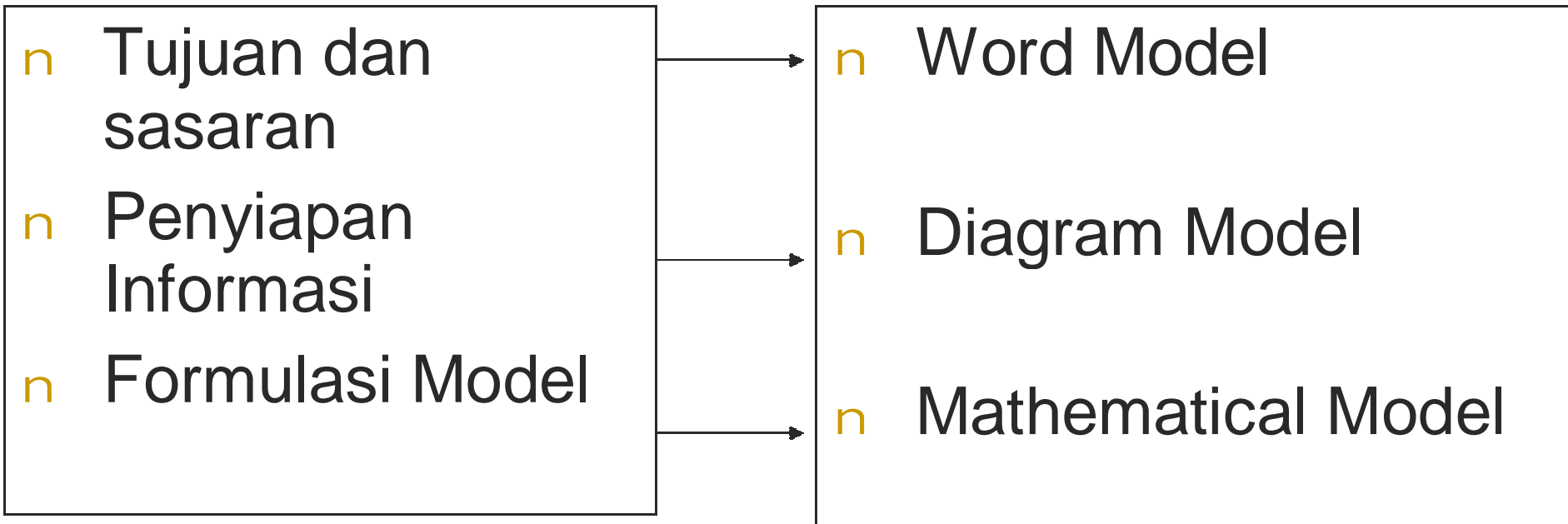
- n Model gambar (pictorial model) : gambar, diagram, maket, pola
- n Model prosedural : sop, petunjuk teknis
- n Model kehandalan (realibility) :
- n Model matematika : model berdasar fenomena alam, model persamaan garis
- n Model empiris : model dari hasil pengalaman
- n Model semi-empiris : gabungan antara model fundamental dan hasil lapangan

[Langkah Pembuatan Model]

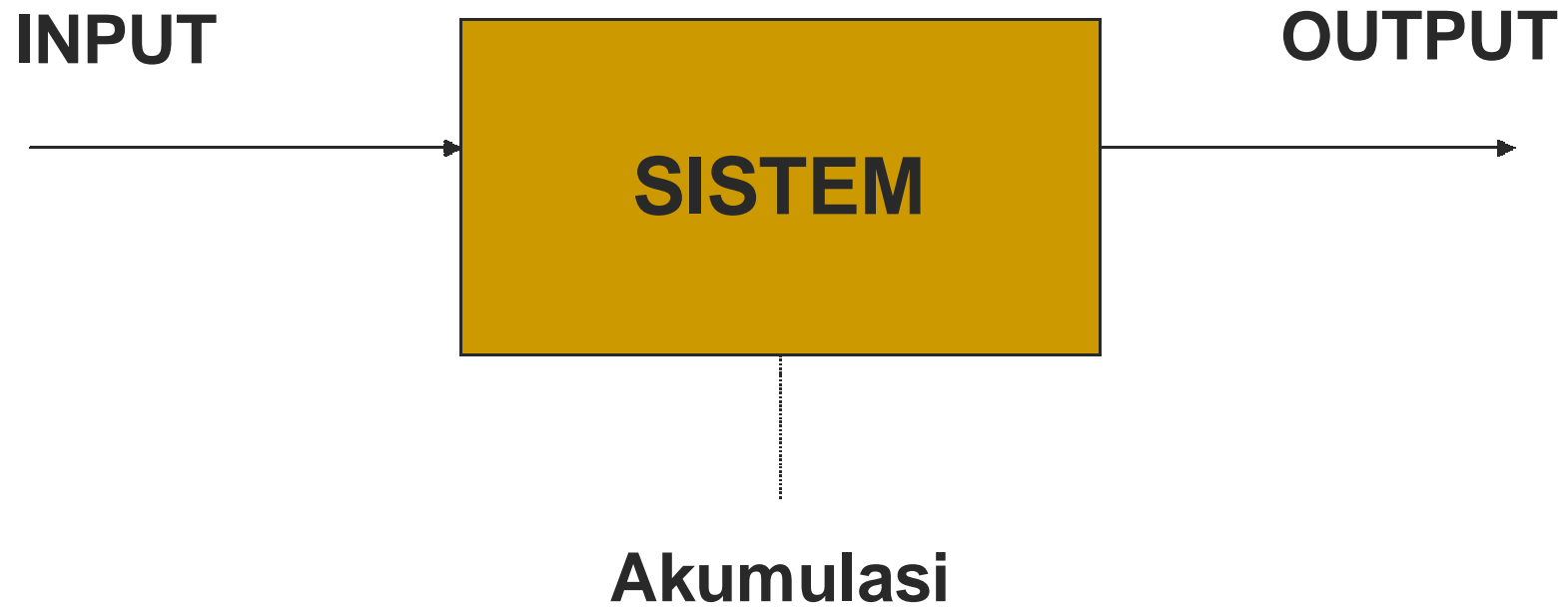
- n Tujuan Model
- n Penyiapan Informasi
- n Formulasi Model
- n Penyelesaian Persamaan
- n Validasi Model

SIMULASI

[Pembuatan Model]



[Formulasi Model]



[Model neraca aliran polder]



Perubahan tinggi air, dh/dt

Unsteady

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + dV/dt$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Adh/dt$$

Steady

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

[Pola aliran]

- n Mixed Flow : pencampuran sempurna
 - n Tangki berpengaduk, danau kecil, polder
 - n Konsentrasi dan suhu di setiap titik seragam
 - n Konsentrasi dan suhu keluar = konsentrasi dan suhu dalam sistem
- n Plug Flow : aliran torak
 - n Aliran pada pipa, sungai
 - n Konsentrasi berubah sebagai fungsi jarak

Model neraca komponen

MIXED FLOW



Perubahan konsentrasi, dC/dt

Aliran

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + dV/dt$$

Konsentrasi

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_3 C_3 + [dVC_3/dt]$$

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_3 C_3 + V[dC_3/dt] + C_3 dV/dt$$

[Aplikasi]

- n Profil konsentrasi di dalam danau kecil dengan anggapan terjadi pola aliran mixed flow
- n Profil konsentrasi di dalam polder
- n Konsentrasi pencemar : logam berat, COD, BOD

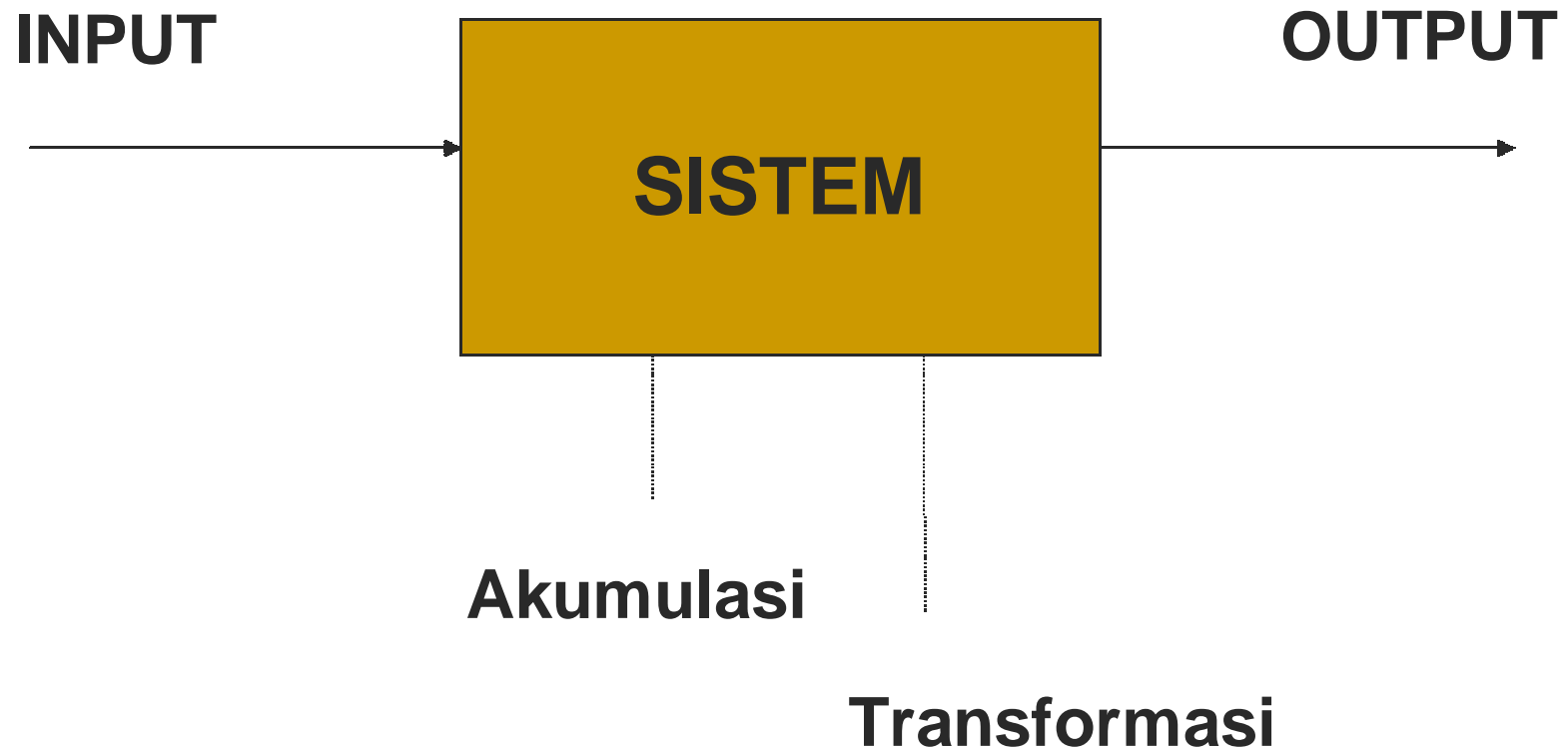
[Transformasi]

- n Transformasi merupakan perubahan senyawa baik secara fisika, kimia, biologi
- n Kontaminan di alam mengalami perubahan secara kimia maupun biokimia
- n Degradasi kimia maupun biokimia suatu kontaminan dinyatakan dengan laju degradasi atau laju reaksi

[Persamaan laju reaksi]

- n Laju reaksi [R] merupakan laju transformasi bahan, berbanding lurus dengan konsentrasi pangkat koefisien
- n Laju reaksi untuk permasalahan lingkungan dengan orde (pangkat) satu
- n $R = k C$

[Model dengan transformasi]



[Model input-output]

$$\begin{aligned} \text{Laju Input} &= \text{Laju Output} + \text{Laju Akumulasi} \\ &+ \text{Laju transformasi} \end{aligned}$$

Model neraca komponen

MIXED FLOW



Perubahan konsentrasi, dC/dt

Reaksi, $R = kC$

Aliran

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

Konsentrasi

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_3 C_3 + V [dC_3/dt] + V k C_3$$

[Penyelesaian Model]

n Penyelesaian Analitik Persamaan Diferensial Orde 1

PD I
$$\frac{dy}{dx} + P(x)y = Q(x)$$

Penyelesaian

$$ye^{\int P(x)dx} = \int Q(x)e^{\int P(x)dx} + Cst$$

[Aplikasi – Model BOD]

- n Model konsentrasi BOD pada polder
- n Konsentrasi BOD dinyatakan sebagai S

Model

$$Q S_o = Q S + Q [dS/dt] + V k S$$

$$[Q/Q+kV] dS/dt + S = [Q/Q+kV] S_o$$

Penyelesaian

$$S = \left(\frac{Q S_o}{Q + kV} \right) + \left[S_o - \left(\frac{Q S_o}{Q + kV} \right) \right] e^{-\left(\frac{Q+kV}{V} \right) t}$$

[Aplikasi perhitungan]

- n Limbah domestik yang mengandung BOD mula-mula (S_0) = 350 mg/L, masuk ke kolam aerasi dengan laju alir 100 m³/hari, volume kolam 500 m³, konstanta laju degradasi sebesar 0,5 hari⁻¹

[Profil konsentrasi]

