

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 bracket on the left and a gold bracket on the right.

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.

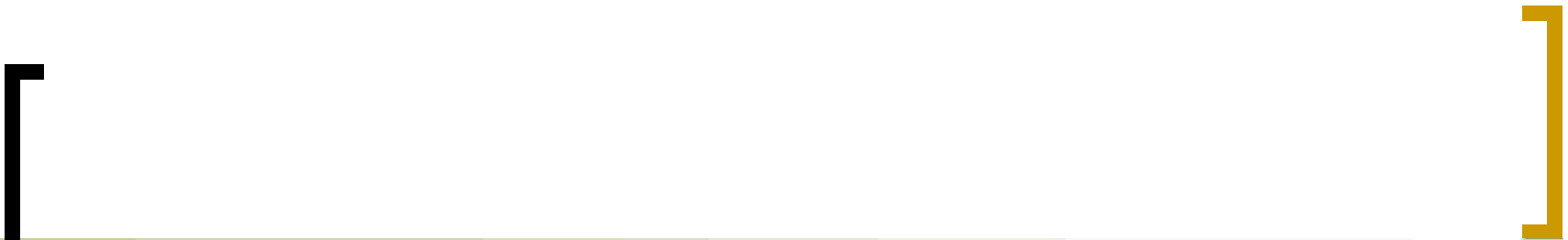
[Model prosedural]

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 spans across the width of the slide, partially overlapping the bottom of 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.

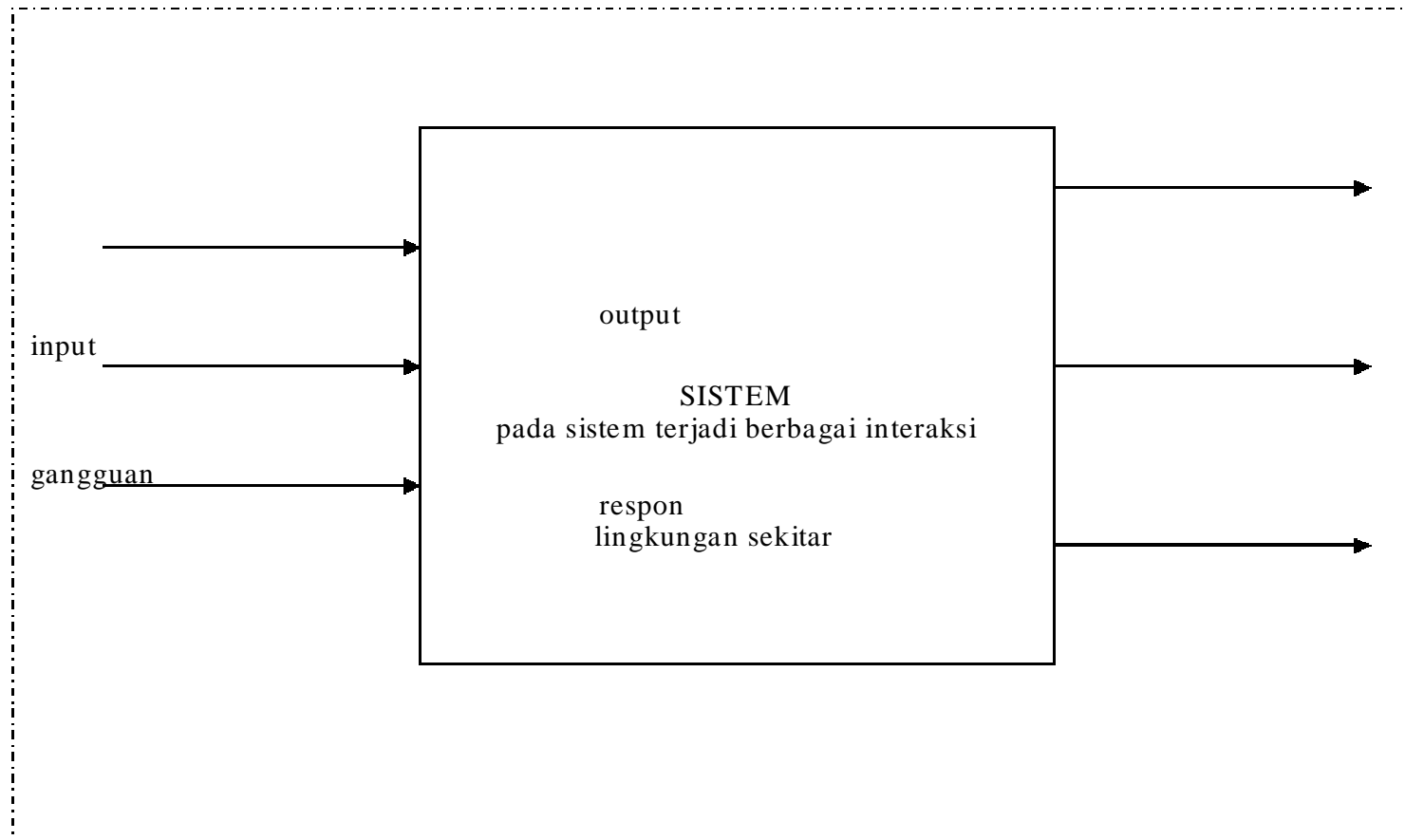
[Model semi empirik]

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

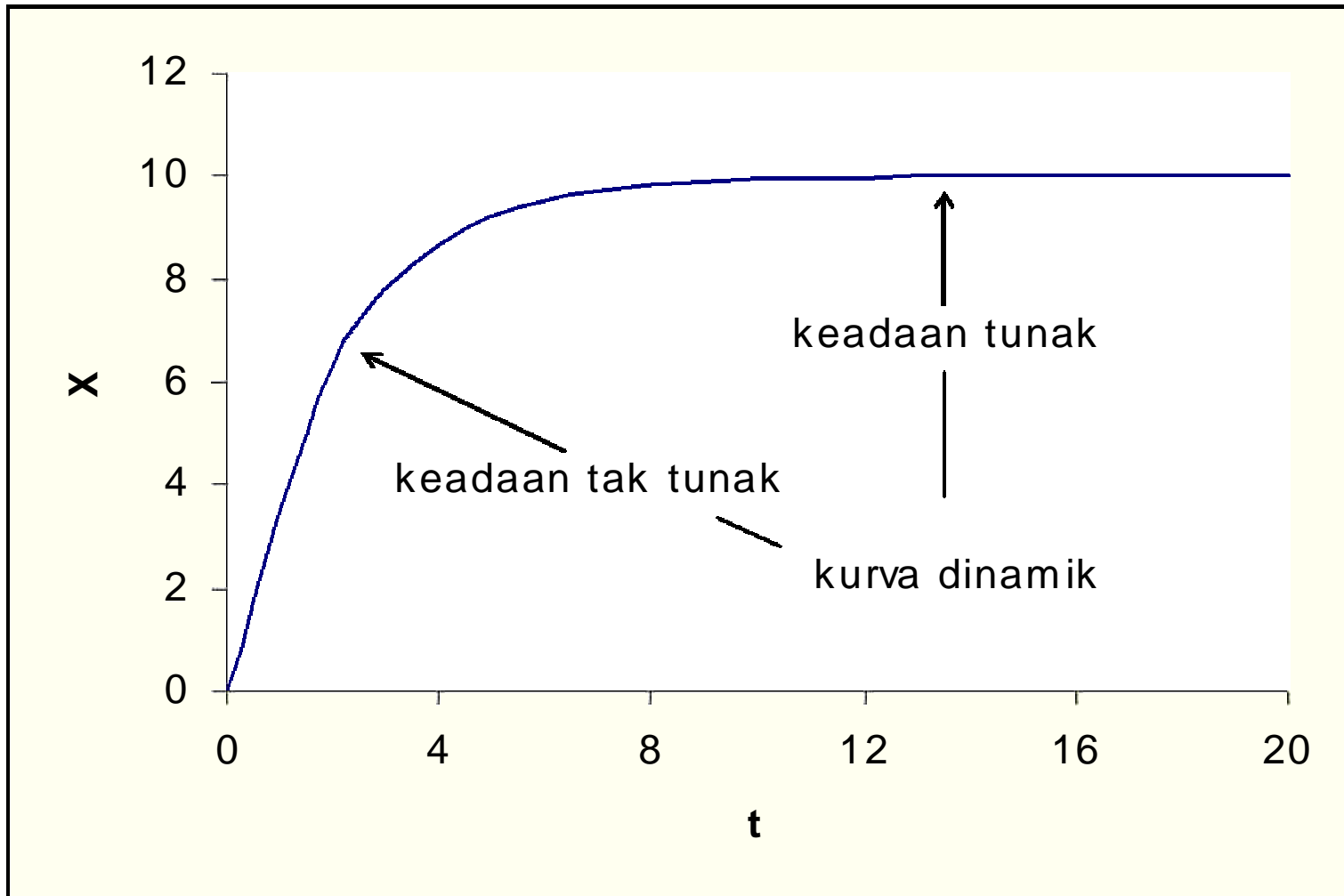
[Sistem Lingkungan]

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

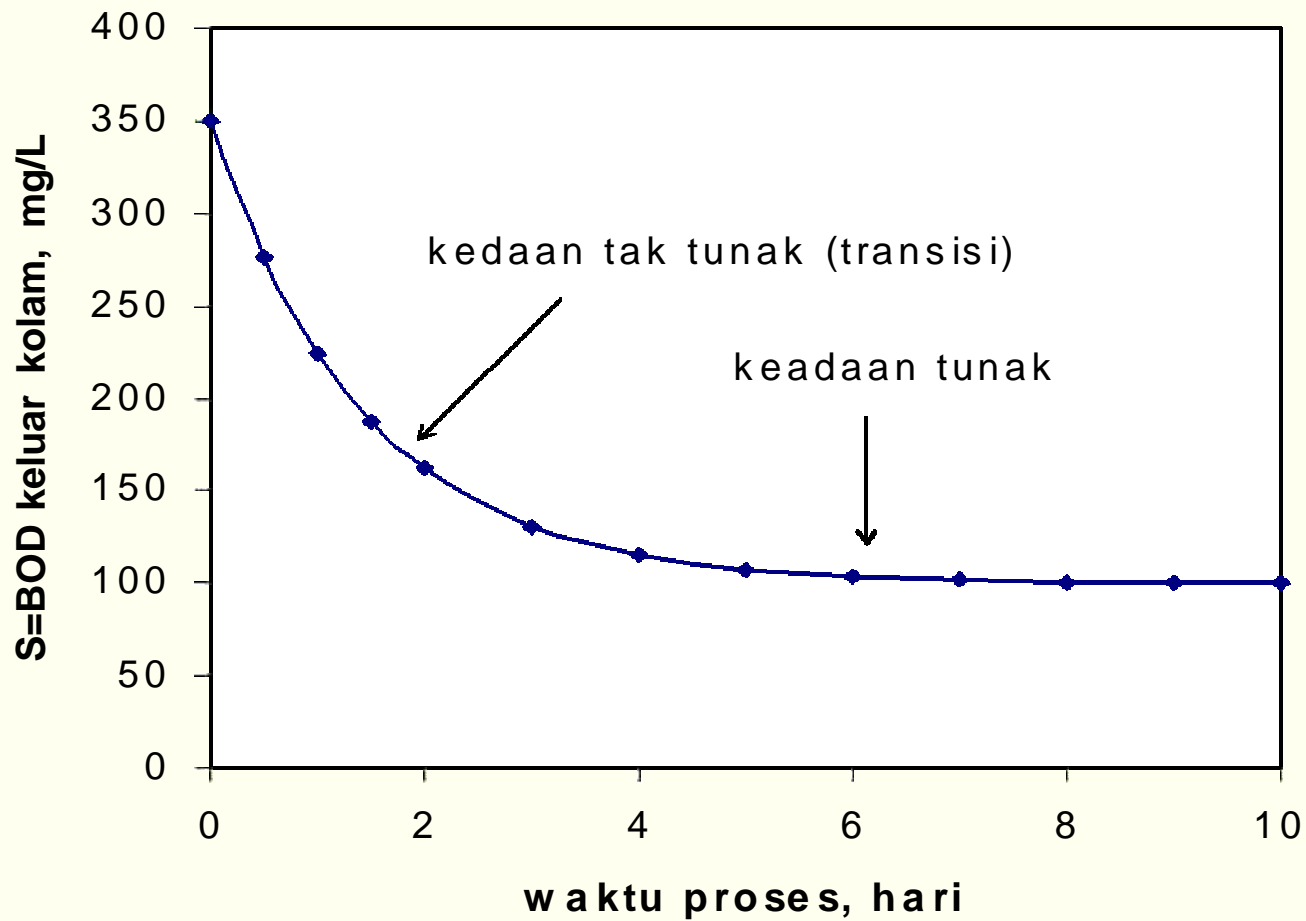
[Sistem]



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]

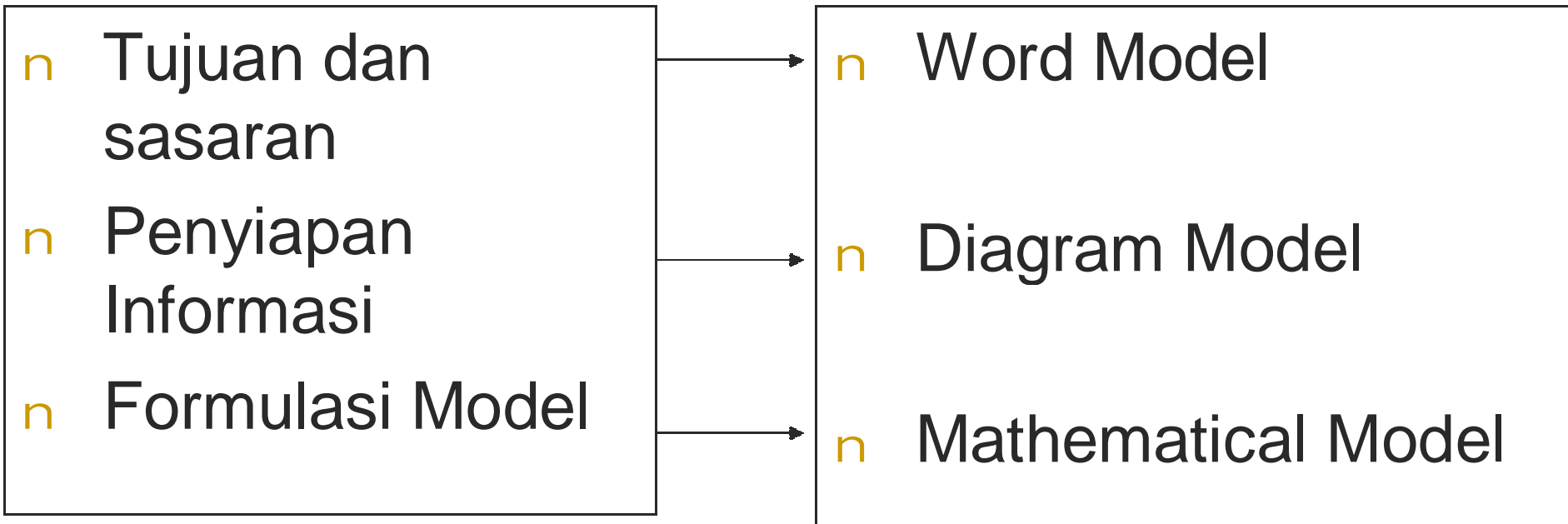
- n Model gambar (pictorial model) : gambar, diagram, maket, pola
- n Model prosedural : sop, petunjuk teknis
- n Model kehandalan (realibility) :
- n Model matematika : model berdasar fenomena alam, model persamaan garis
- n Model empiris : model dari hasil pengalaman
- n Model semi-empiris : gabungan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

$$\text{Laju Input} = \text{Laju Output} + \text{Laju Akumulasi}$$

 Laju timbunan

[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

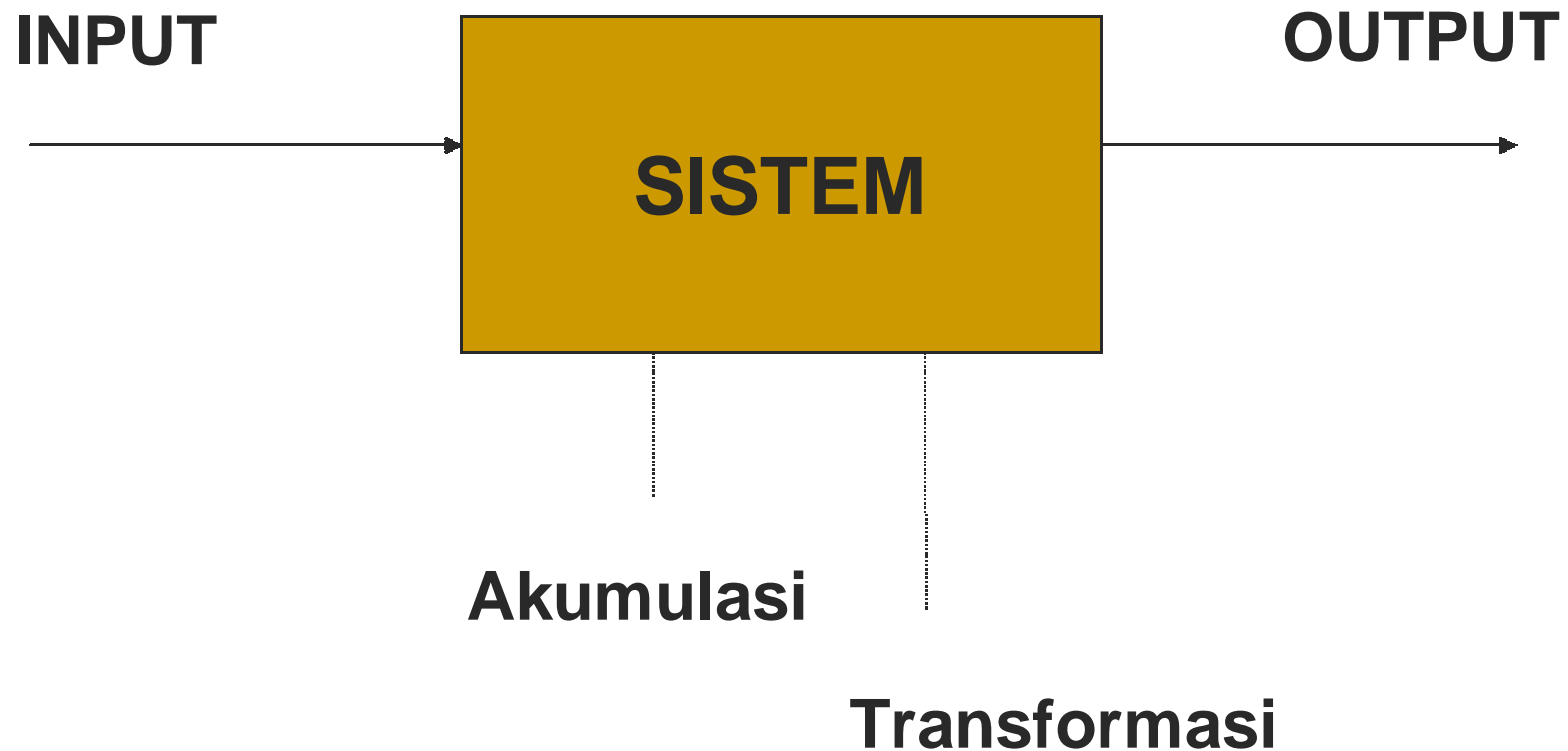
[Transformasi]

- 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]

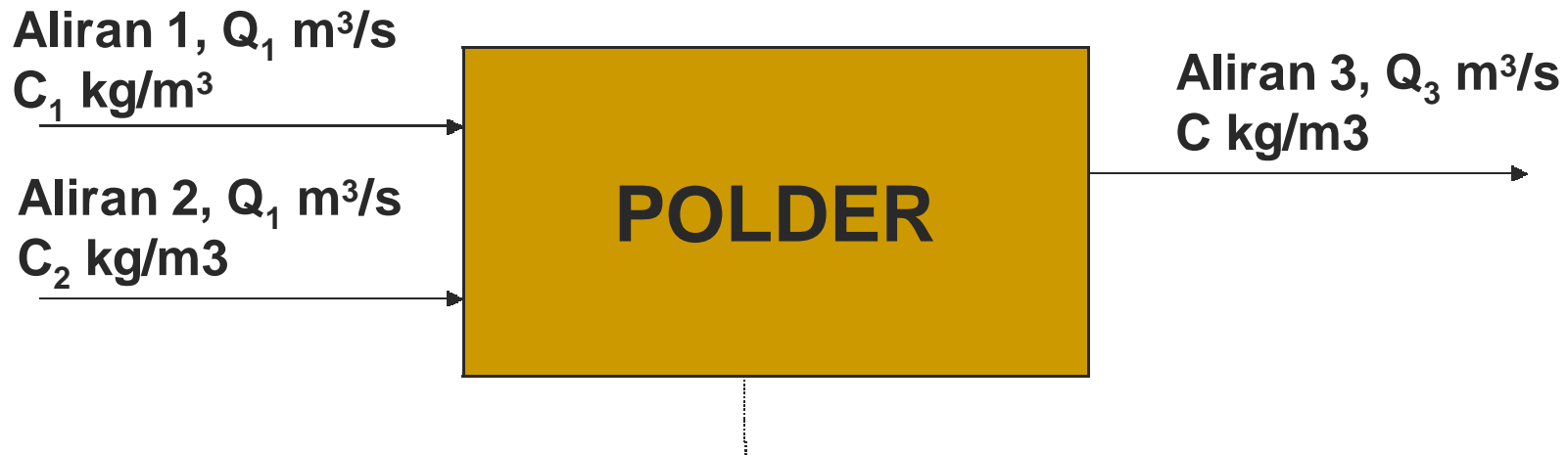


[Model input-output]

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

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]

