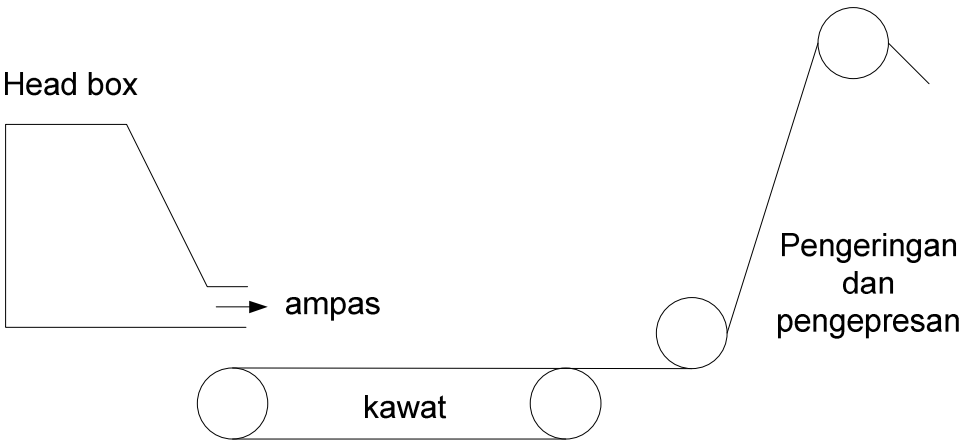
PRINSIP – PRINSIP PEMODELAN FISIS

Tiga fase dalam mencapai model matematika

- Menyusun masalah secara terstruktur
- Meformulasikan persamaan – persamaan dasar
- Membentuk model ruang-keadaan

Pemodelan Head Box Mesin Kertas



Mesin Kertas

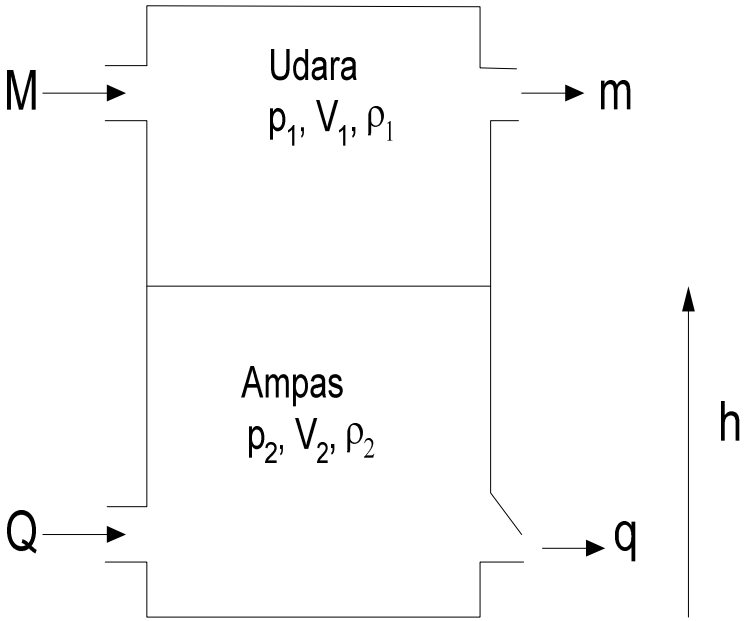


Diagram head box

Fase 1: Menstrukturkan Masalah

- Tentukan output dan sinyal eksternal untuk model. Putuskan variabel internal apa yang penting untuk menggambarkan sistem.
- Gambarkan interaksi antara sinyal eksternal, variabel internal dan output dalam sebuah diagram blok.

sistem yang lebih kompleks

↓

membagi sistem kedalam beberapa subsistem dan membagi subsistem lebih lanjut kedalam blok – blok

A Input – input sistem:
M: laju aliran udara (aliran massa) (kg/s)
Q: laju aliran bubur (aliran volume) (m3/s)

B Output sistem:
q: laju aliran bubur keluaran (aliran volume) (m3/s)
h: ketinggian bubur (m)
pe: tekanan lebih landasan udara (N/m2)

C Pembagian kedalam subsistem :
bubur kertas dan landasan udara dianggap sebagai subsistem terpisah. Variabel yang mempengaruhi subsistem udara adalam M dan V_1 (volume yang ada), sedangkan subsistem bubur memiliki input Q dan pe. Kita memiliki hubungan berikut ini antara variabel – variabel tersebut:
M: adalah input kedalam keseluruhan sistem
V_1: tergantung pada ketinggiah bubur h
Q: adalah input kedalam keseluruhan sistem
pe: adalah output dari subsistem udara

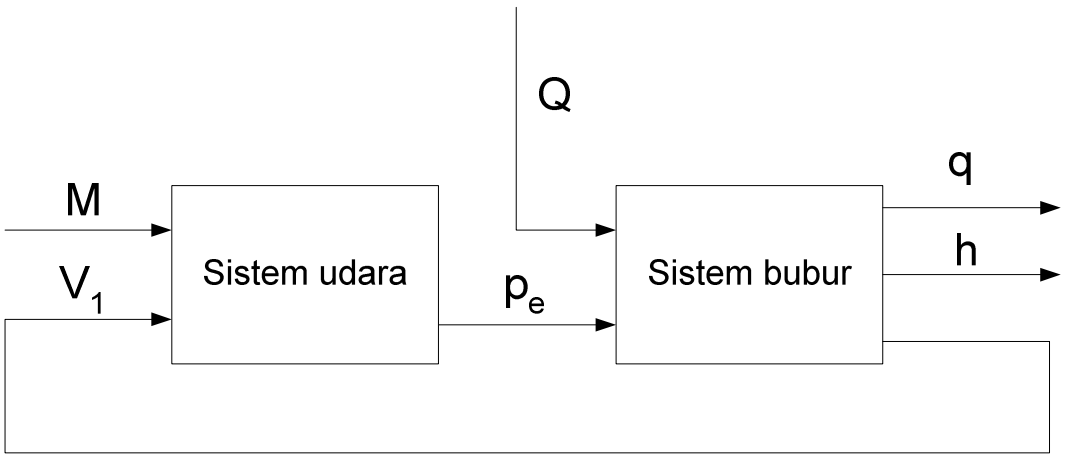


Diagram blok dari head box

Subsistem Udara

Input:

M: aliran masuk udara (kg/s)

V_1: volume udara (m^3)

Output:

Pe: tekanan lebih udara (N/m^2)

Variabel Internal:

ρ_1: kerapatan udara (kg/m^3)

m: massa aliran keluaran udara (kg/s)

p_1: tekanan dalam landasan udara (N/m^2)

N: massa udara dalam landasan udara (kg)

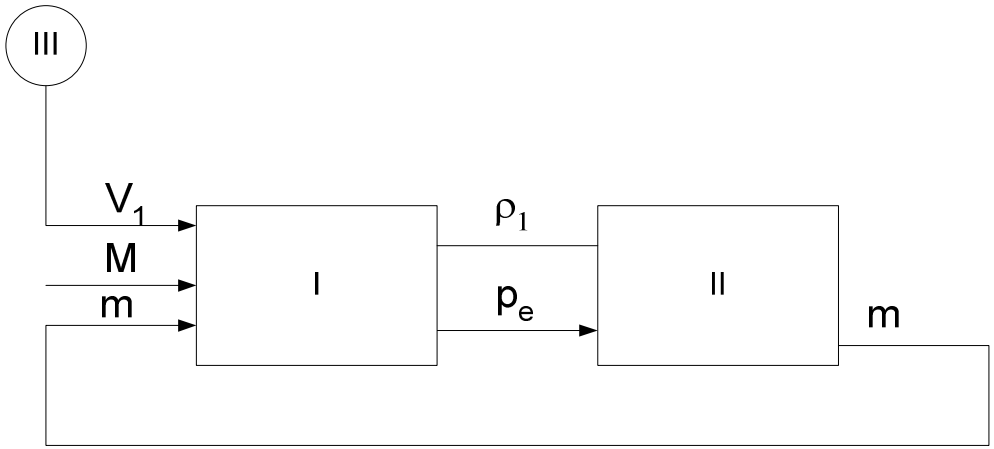
Konstanta:

T: temperatur absolut udara (K)

A_1: luas potong aliran keluaran udara (m^2)

R: konstanta gas untuk udara ($m^2/K/s^2$)

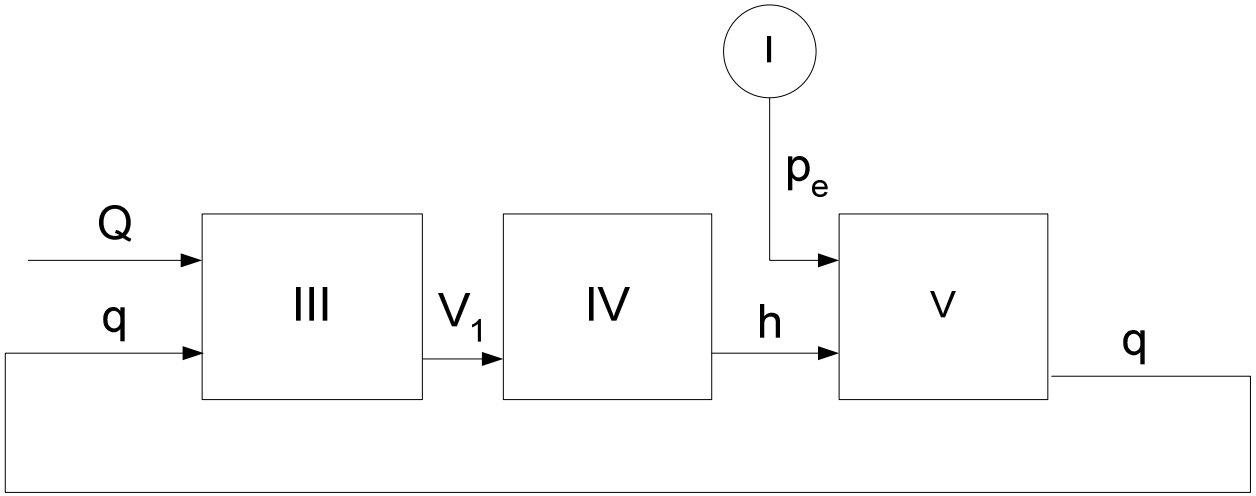
P_0: tekanan atmosfer (N/m^2)



Subsistem udara

Subsistem Bubur
Input:
Q: laju aliran input (m^3/s)
Pe: tekanan lebih landasan udara (N/m^2)
Output:
Q: laju aliran keluaran (m^3/s)
H: ketinggaian bubur (m)
Variabel internal:
Heff : ketinggian efektif bubur (m)
V2: volume bubur (m^3)

Konstanta:
A: luas potong head box (m^2)
A2: luas potong celah (m^2)
C: koefisian luas celah
V: volume total head box (m^3)
ρ0: kerapatan bubur (kg/m^3) (diasumsikan incompressible)
g: percepatan gravitasi (m/s^2)



Subsistem Bubur

Fase 2: Menyusun Persamaan – Persamaan Dasar

1. Hukum konservasi menghubungkan besaran yang sejenis. Contoh umum adalah sebagai berikut:
Daya masuk – daya keluar = energi yang disimpan tiap satuan waktu
Laju aliran input – laju aliran output = volume yang disimpan tiap unit waktu
Laju aliran massa input – laju aliran massa output = massa yang disimpan tiap unit waktu
Hukum Kirchhoff (jumlah arus pada sebuah titik pertemuan adalah nol, jumlah semua tegangan dalam sirkuit adalah nol) adalah juga contoh hukum konservasi.
Hukum konservasi menyatakan konservasi sejumlah besaran fisis dasar: konservasi energi, massa, elektron (hukum Kirchhoff) dan sebagainya.

2. Hubungan konstitutif menghubungkan besaran yang berbeda jenis. Contohnya adalah hubungan antara tegangan dan arus pada resistor, kapasitor dan induktor, hubungan antara ketinggian dan arus keluaran dalam tangki dan hubungan antara penurunan tekanan dan aliran pada sebuah katup.

Cara memformulasi yang baik persamaan dasar dari sebuah blok adalah sebagai berikut:

•Tuliskan hukum konservasi yang relevan untuk blok/subsistem

•Gunakan hubungan konstitutif yang sesuai untuk menyatakan hukum konservasi dalam variabel model. Hitung dimensi besaran – besaran yang berbeda sebagai pengecekan.

Sistem Udara I + II

Hukum konservasi (konservasi massa)

$$\dot{N} = M - m$$

Hubungan konstitutif

$N = \rho_1 . V_1$ (masa = kerapatan . volume)

$p_1 = R.T.\rho_1$ (tekanan)

Aliran massa m ditentukan dengan hukum Bernoulli untuk gas:

$$m = a_1 \sqrt{2 p_e \rho_1}$$

Tekanan total adalah jumlah tekanan atmosfer dan tekanan lebih:

$$p_1 = p_e + p_o$$

Subsistem Bubur Kertas II + IV + V

Hukum konservasi (konservasi volume)

$$\dot{V}_2 = Q - q$$

Hubungan konstitutif

$V_2 = Ah$ (volume = luas . tinggi)

$V_1 = V - V_2$

Aliran keluar head box

$$h_{eff} = h + \frac{p_e}{\rho 2g}$$

Fase 3: Membentuk Model Ruang-Keadaan

1. Pilih suatu set variabel keadaan
2. Nyatakan turunan waktu tiap variabel keadaan dengan bantuan variabel keadaan dan input
3. Nyatakan output sebagai fungsi variabel keadaan dan input.

variabel keadaan:

$x_1 = V_2$ (Volume bubur kertas)

$x_2 = N$ (Masa udara)

Kita sekarang harus mengekspresikan turunan waktu x_1 dan x_2 dengan hanya menggunakan x_1, x_2, M, Q, dan konstanta.

$$\dot{x}_1 = \dot{V}_2 = Q - q = Q - a_2 C\sqrt{2hg + \frac{2p_e}{\rho_2}}$$

$$= Q - a_2 C\left[\frac{2gV_2}{A} + \frac{2\left(RT\rho_1 - p_o\right)}{\rho_2}\right]^{1/2}$$

$$= Q - a_2 C\left[\frac{2g}{A}x_1 + \frac{2}{\rho_2}\left(\frac{RTx_2}{V - x_1} - p_o\right)\right]^{1/2}$$

$$\dot{x}_2 = \dot{N} = M - m = M - a_1\sqrt{2(p_1 - p_o)\rho_1}$$

$$= M - a_1\left[2\left(RT\frac{N}{V_1} - p_o\right)\frac{N}{V_1}\right]^{1/2}$$

$$= M - a_1\left[2\left(RT\frac{x_2}{V - x_1} - p_o\right)\frac{x_2}{V - x_1}\right]^{1/2}$$

Output dihitung oleh persamaan :

$$q = a_2 C\left[\frac{2g}{A}x_1 + \frac{2}{\rho_2}\left(\frac{RTx_2}{V - x_1} - p_o\right)\right]^{1/2}$$

$$p_e = RT\frac{x_2}{V - x_1} - p_o$$

$$h = \frac{x_1}{A}$$