

PEMODELAN MATEMATIS
FLUIDIZED BED

Paparan Kasus

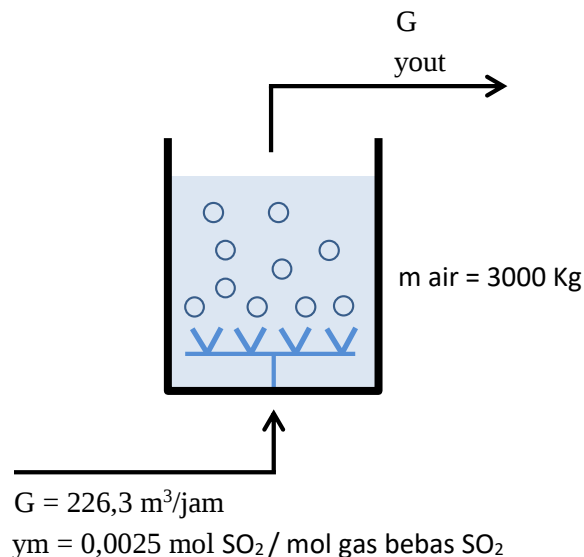
Gas buang sebanyak 226,3 m³/jam (diukur pada suhu dan tekanan standar, 25°C dan 1 atm) mengandung SO₂ sebanyak 0,0025 mol SO₂/(mol gas bebas SO₂). Kadar gas SO₂ tersebut akan dikurangi dengan cara menggelembungkan gas buang dalam air pada sebuah tangki. Air yang dipakai sebanyak 3000 kg. Dispersi gelembung gas dalam air sangat baik sehingga SO₂ yang keluar dari tangki dalam keadaan setimbang dengan SO₂ dalam air.

1. Hitunglah kadar SO₂ setiap saat yang keluar dari tangki dalam kasus di atas!
2. Hitunglah kadar SO₂ yang keluar dari masing-masing tangki jika dipergunakan dua buah tangki yang identik yang beroperasi seri. Mula-mula gas buang digelembungkan di tangki pertama. Gas dari tangki pertama kemudian digelembungkan di tangki kedua. Masing-masing tangki berisi 1500 kg air.
3. Sama dengan nomor 2, tetapi dipakai tiga tangki seri yang identik dengan isi masing-masing 1000 kg air.

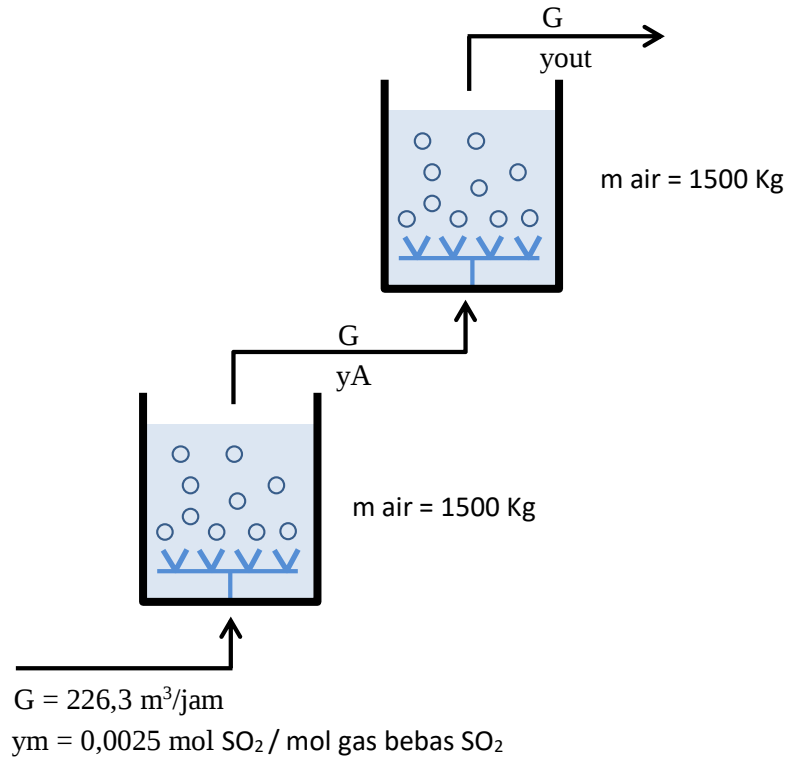
Hubungan kesetimbangan SO₂ di fasa cair (c_{SO_2} , mol SO₂/L) dan fasa gas (P_{SO_2} , atm) bisa dinyatakan dalam persamaan Henry: $H_{SO_2} = \frac{c_{SO_2}}{P_{SO_2}} = 1,2 \frac{\text{mol SO}_2}{\text{L} \cdot \text{atm}}$

SKETSA SISTEM

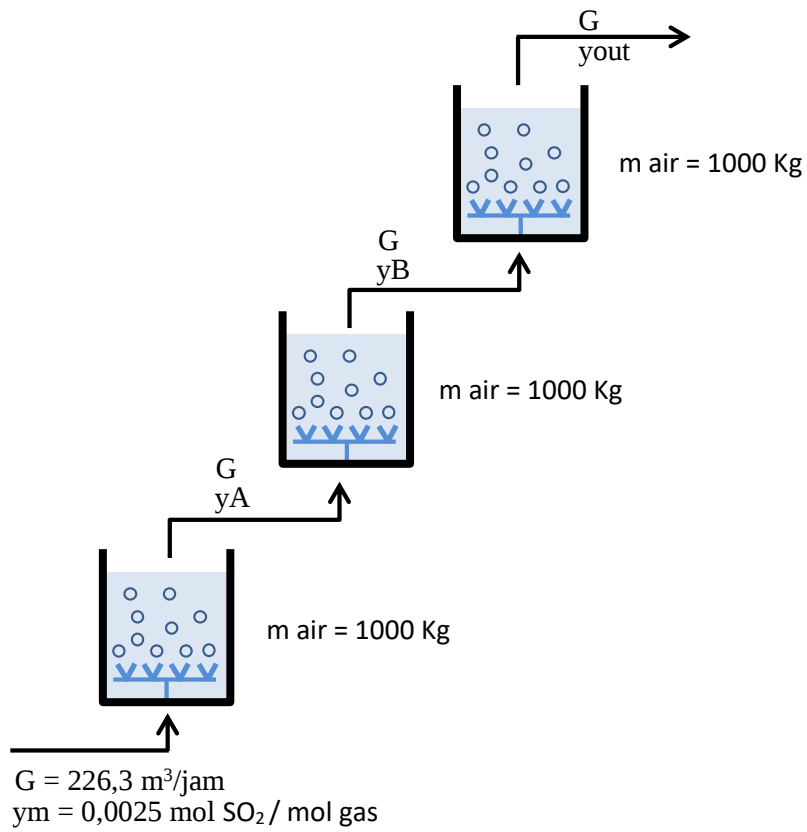
1.



2.



3.



PENURUNAN PERSAMAAN MATEMATIKA

1. Diketahui :

$$\begin{aligned} G &= 226,3 \text{ m}^3/\text{jam} \\ y_m &= 0,0025 \text{ mol SO}_2/\text{mol bebas SO}_2 \\ V &= 3000 \text{ kg} \\ M_{\text{H}_2\text{O}} &= 0,018 \text{ kg / mol} \end{aligned}$$

- Asumsi Gas Ideal : $PV = nRT$

- Henry

$$H_{\text{SO}_2} = \frac{C_{\text{SO}_2}}{x_{\text{SO}_2}}$$

$$H_{\text{SO}_2} = \frac{x}{y} \times \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{Mr_{\text{H}_2\text{O}} \times P_{\text{sistem}}}$$

$$\frac{Mr_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{H}_2\text{O}}} \times H_{\text{SO}_2} = \frac{x}{y}$$

$$H'_{\text{SO}_2} = \frac{x}{y}$$

$$x = \frac{0,018}{1000} 1,2 y$$

- Analisis Neraca Massa

$$Rate_{\text{input}} - Rate_{\text{output}} = Rate_{\text{accumulation}}$$

$$G \cdot y_{\text{input}} - G \cdot y_a = \frac{d(mX_a)}{dt}$$

$$G (y_{\text{input}} - y_a) = m \frac{dX_a}{dt}$$

$$dt = \frac{m}{G} (y_{\text{input}} - y_a) dX_a$$

$$x = \frac{0,018}{1000} 1,2 y$$

$$dt = \frac{mH'}{G} (y_{\text{input}} - y_a) dy_a$$

- Boundary Condition

$$t = 0 \quad y = 0$$

$$t = t \quad y = \text{tertentu}$$

2. Diketahui :

$$M = 1500 \text{ kg}$$

- Henry

$$H_{SO_2} = \frac{C_{SO_2}}{x_{SO_2}}$$

$$H_{SO_2} = \frac{x}{y} \times \frac{P_{H_2O}}{Mr_{H_2O} \times P_{sistem}}$$

$$\frac{Mr_{H_2O}}{P_{H_2O}} \times H_{SO_2} = \frac{x}{y}$$

$$H'_{SO_2} = \frac{x}{y}$$

$$x = \frac{0,018}{1000} 1,2 y$$

- Neraca massa komponen di tangki I

$$Rate_{input} - Rate_{output} = Rate_{accumulation}$$

$$G \cdot y_{input} - G \cdot y_a = \frac{d(mX_a)}{dt}$$

$$G (y_{input} - y_a) = mH' \frac{d y_a}{dt}$$

$$y_a = y_{input} - \frac{mH' d y_a}{G dt}$$

$$y_a = y_{input} - \frac{mH' d y_a}{G dt}$$

- Neraca massa komponen di tangki II

$$Rate_{input} - Rate_{output} = Rate_{accumulation}$$

$$G (y_a - y_{a2}) = mH' \frac{d y_{ab}}{dt}$$

$$\frac{G}{mH'} ((y_{input} - \frac{mH' d y_a}{G dt}) - y_{a2}) = \frac{d y_{ab}}{dt}$$

$$\frac{G}{mH'} (y_{input} - y_{a2}) - \frac{d y_a}{dt} = \frac{d X_{ab}}{dt}$$

- Boundary Condition

$$t = 0 \quad y = 0$$

$$t = t \quad y = \text{tertentu}$$

3. Diketahui :

$$M = 1000 \text{ kg}$$

$$G = 226,3$$

- Henry

$$H_{SO_2} = \frac{C_{SO_2}}{x_{SO_2}}$$

$$H_{SO_2} = \frac{x}{y} \times \frac{P_{H_2O}}{Mr_{H_2O} \times P_{sistem}}$$

$$\frac{Mr_{H_2O}}{P_{H_2O}} \times H_{SO_2} = \frac{x}{y}$$

$$H'_{SO_2} = \frac{x}{y}$$

$$x = \frac{0,018}{1000} 1,2 y$$

- Neraca massa komponen di tangki I

$$Rate_{input} - Rate_{output} = Rate_{accumulation}$$

$$G \cdot y_{input} - G \cdot y_a = \frac{d(mX_a)}{dt}$$

$$G (y_{input} - y_a) = mH' \frac{d y_a}{dt}$$

$$y_a = y_{input} - \frac{mH' d y_a}{G dt}$$

- Neraca massa komponen di tangki II

$$Rate_{input} - Rate_{output} = Rate_{accumulation}$$

$$G (y_a - y_{a2}) = mH' \frac{d y_{ab}}{dt}$$

$$\frac{G}{mH'} ((y_{input} - \frac{mH' d y_a}{G dt}) - y_{a2}) = \frac{d y_{ab}}{dt}$$

- Untuk Neraca massa komponen tangki II maka dapat diketahui

$$\frac{d y_c}{dt} = \frac{G}{mH'} (y_{input} - y_c) - \frac{d y_a}{dt} - \frac{d y_b}{dt}$$

- Boundary Condition

$$t = 0 \quad y = 0$$

$$t = t \quad y = \text{tertentu}$$

```
function Tugas1_PematB_1Tangki
clc; close all; clear all
```

Data

```
Go = 226300/60; %dm3/menit
Mair = 18*10.^(-3); %kg/mol
m = 3000/Mair; %mol
yin = 0.0025; %mol gas SO2/mol gas bebas SO2
P = 1; %atm
R = 0.08205;
T = 25; %deg C
rho_air = 1; %kg/dm3
G = P*Go./(R*(T+273.15)); %mol/menit
Ho = 1.2;
H = Ho.*Mair/rho_air;
```

Analisis

```
yo = 0;
tspan = [0 100];
[t ya] = ode45(@fko1,tspan,yo);
yi = ya(:,1);

function dydt = fko1(t,yi)
    dydt = (G/(m.*H)).*(yin-yi);
end

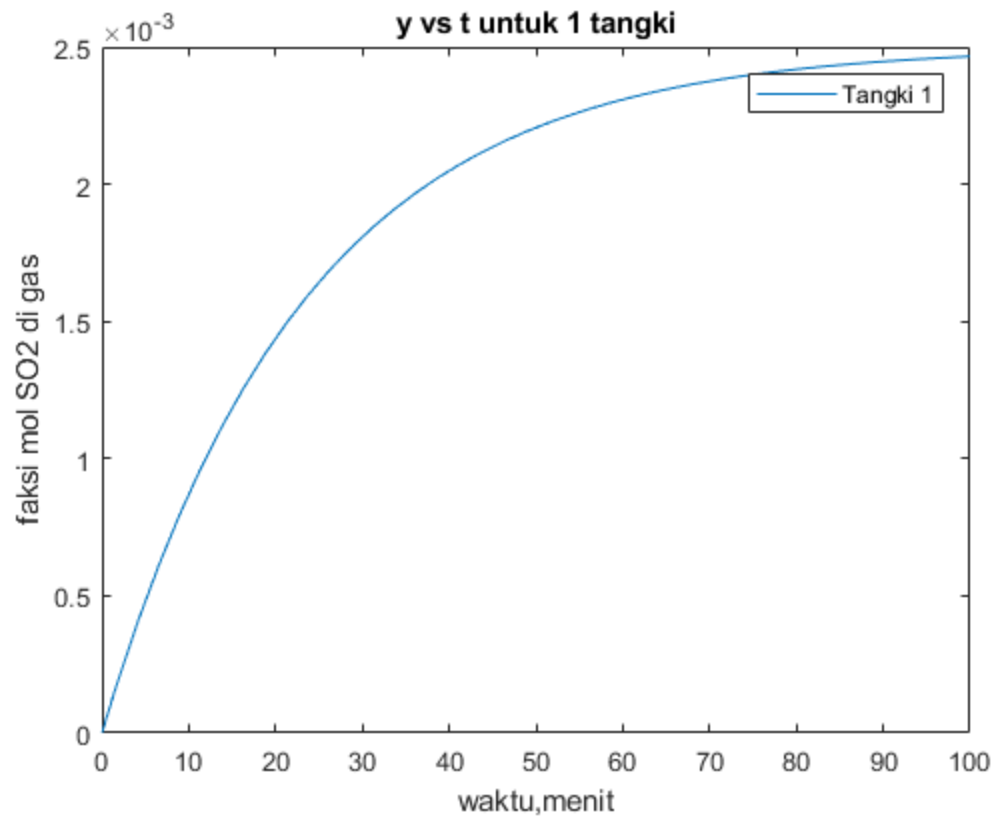
fprintf('-----\n')
fprintf('| \t Waktu,menit   |   Fraksi mol SO2 di Gas\t | \n')
fprintf('-----\n')
fprintf('| \t %4.2f           |           %5.4f           | \n',[t';ya'])
fprintf('-----\n')

plot(t,ya)
title('y vs t untuk 1tangki')
xlabel('waktu,menit')
ylabel('faksi mol SO2 di gas')
legend('Tangki 1')
```

Waktu,menit	Fraksi mol SO2 di Gas	

0.00	0.0000	
0.47	0.0000	
0.94	0.0001	
1.41	0.0001	
1.88	0.0002	
4.22	0.0004	
6.57	0.0006	
8.92	0.0008	

11.26	0.0010	
13.76	0.0011	
16.26	0.0013	
18.76	0.0014	
21.26	0.0015	
23.76	0.0016	
26.26	0.0017	
28.76	0.0018	
31.26	0.0018	
33.76	0.0019	
36.26	0.0020	
38.76	0.0020	
41.26	0.0021	
43.76	0.0021	
46.26	0.0022	
48.76	0.0022	
51.26	0.0022	
53.76	0.0022	
56.26	0.0023	
58.76	0.0023	
61.26	0.0023	
63.76	0.0023	
66.26	0.0024	
68.76	0.0024	
71.26	0.0024	
73.76	0.0024	
76.26	0.0024	
78.76	0.0024	
81.26	0.0024	
83.76	0.0024	
86.26	0.0024	
88.76	0.0024	
91.26	0.0024	
93.45	0.0025	
95.63	0.0025	
97.82	0.0025	
100.00	0.0025	



end

Published with MATLAB® R2017b

```
function Tuagas1_PematB_2tangki
```

```
clc
close all
clear all
```

Data

```
Go = 226300/60; %dm3/menit
Mair = 18*10.^(-3); %kg/mol
m = 1500/Mair; %mol
yin = 0.0025; %mol gas SO2/mol gas bebas SO2
P = 1; %atm
R = 0.08205;
T = 25; %deg C
rho_air = 1; %kg/dm3
G = P*Go./(R*(T+273.15)); %mol/menit
Ho = 1.2;
H = Ho.*Mair/rho_air;
ya1o = 0;
ya2o = 0;
```

analisis

```
tspan =[0 100];
yaya2o = [ya1o ya2o];
[t ya12]=ode45(@fko2, tspan,yaya2o);
ya1 = ya12(:,1);
ya2= ya12(:,2);

function dydt=fko2(ti,yi)
    yai1 = yi(1);
    yai2 = yi(2);
    dydt = zeros(2,1);
    dydt(1)=(G/(m.*H)).*(yin-yai1);
    dydt(2)=((G/(m.*H))*(yin-yai2))-dydt(1);
end

[t ya1 ya2];

fprintf('-----\n')
fprintf('| \t Waktu,menit \t | \t ySO2 di Tangki 1 \t | \t ySO2 di Tangki 2 \n')
fprintf('-----\n')
fprintf('| \t \t %4.2f \t \t | \t \t %5.4f \t \t \t | \t \t %5.4f \t \t | \n',
[t';ya1';ya2'])
fprintf('-----\n')

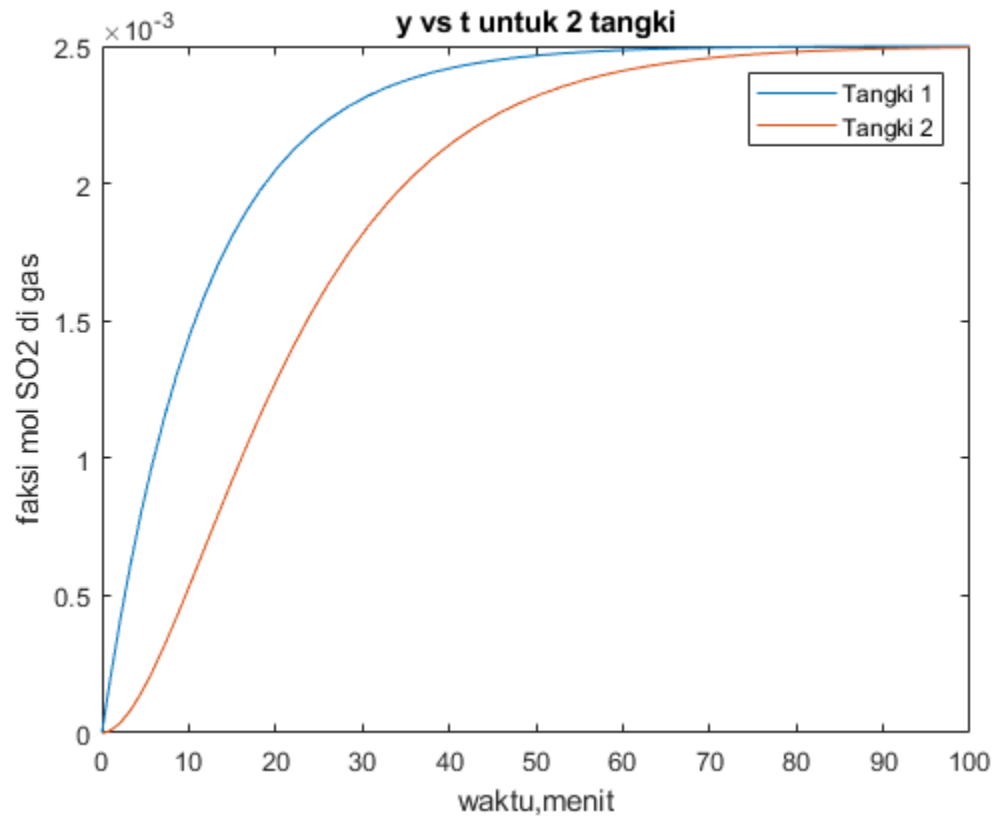
plot(t, ya1, t, ya2)
title('y vs t untuk 2 tangki')
xlabel('waktu,menit')
```

```
ylabel('faksi mol S02 di gas')
legend('Tangki 1', 'Tangki 2')
```

Waktu,menit	yS02 di Tangki 1	yS02 di Tangki 2	

0.00	0.0000	0.0000	
0.23	0.0000	0.0000	
0.47	0.0001	0.0000	
0.70	0.0001	0.0000	
0.94	0.0002	0.0000	
2.11	0.0004	0.0000	
3.28	0.0006	0.0001	
4.46	0.0008	0.0001	
5.63	0.0010	0.0002	
7.14	0.0011	0.0003	
8.65	0.0013	0.0004	
10.16	0.0015	0.0005	
11.66	0.0016	0.0007	
13.32	0.0017	0.0008	
14.97	0.0018	0.0009	
16.62	0.0019	0.0010	
18.27	0.0020	0.0012	
20.20	0.0021	0.0013	
22.14	0.0021	0.0014	
24.07	0.0022	0.0015	
26.01	0.0022	0.0016	
28.39	0.0023	0.0017	
30.78	0.0023	0.0018	
33.17	0.0024	0.0019	
35.56	0.0024	0.0020	
38.06	0.0024	0.0021	
40.56	0.0024	0.0022	
43.06	0.0024	0.0022	
45.56	0.0024	0.0023	
48.06	0.0025	0.0023	
50.56	0.0025	0.0023	
53.06	0.0025	0.0024	
55.56	0.0025	0.0024	
58.06	0.0025	0.0024	
60.56	0.0025	0.0024	
63.06	0.0025	0.0024	
65.56	0.0025	0.0024	
68.06	0.0025	0.0024	
70.56	0.0025	0.0025	
73.06	0.0025	0.0025	
75.56	0.0025	0.0025	
78.06	0.0025	0.0025	
80.56	0.0025	0.0025	
83.06	0.0025	0.0025	
85.56	0.0025	0.0025	
88.06	0.0025	0.0025	
90.56	0.0025	0.0025	
93.06	0.0025	0.0025	

	95.56		0.0025		0.0025	
	96.67		0.0025		0.0025	
	97.78		0.0025		0.0025	
	98.89		0.0025		0.0025	
	100.00		0.0025		0.0025	



end

Published with MATLAB® R2017b

```
function Tugas1_PematB_3tangki
```

```
clc
close all
clear all
```

Data

```
Go = 226300/60; %dm3/menit
Mair = 18*10.^(-3) %kg/mol
m = 1000/Mair; %mol
yin = 0.0025; %mol gas SO2/mol gas bebas SO2
P = 1; %atm
R = 0.08205;
T = 25; %deg C
rho_air = 1; %kg/dm3
G = P*Go./(R*(T+273.15)); %mol/menit
Ho = 1.2;
H = Ho.*Mair/rho_air;
ya1o = 0;
ya2o = 0;
ya3o = 0;
```

```
Mair =
```

```
0.0180
```

analisis

```
tspan = [0 100];
yaya3o = [ya1o ya2o ya3o];
[t ya123]=ode45(@fko3, tspan, yaya3o);
ya1 = ya123(:,1);
ya2 = ya123(:,2);
ya3 = ya123(:,3);
```

```
function dydt=fko3(ti,yi)
    yai1 = yi(1);
    yai2 = yi(2);
    yai3 = yi(3);
    dydt = zeros(3,1);
    dydt(1)=(G/(m.*H)).*(yin-yai1);
    dydt(2)=((G/(m.*H)).*(yin-yai2))-dydt(1);
    dydt(3)=((G/(m.*H)).*(yin-yai3))-dydt(1)-dydt(2);
end
```

```
[t ya1 ya2 ya3 ];
```

```
fprintf('-----\n')
```

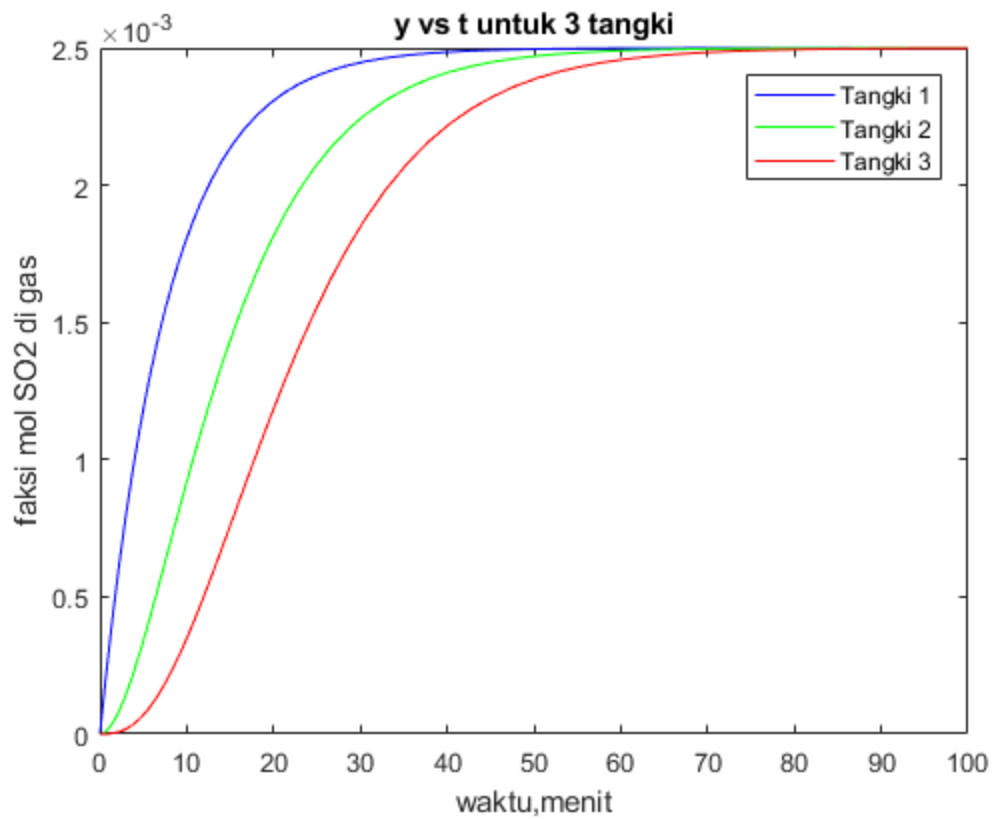
```
fprintf('|\\t Waktu,menit\\t |\\t yS02 di Tangki(1) \\t | yS02 Tangki(2)
| yS02 Tangki(3)\\t |\\n')
fprintf('-----
\\n')
fprintf('|\\t\\t %4.3f\\t\\t |\\t\\t %5.4f\\t\\t\\t |\\t %5.4f\\t | %5.4f\\t
\\t |\\n',[t';ya1';ya2';ya3'])
fprintf('-----
\\n')
```

```
plot(t, ya1,'b', t, ya2,'g',t, ya3,'r')
title('y vs t untuk 3 tangki')
xlabel('waktu,menit')
ylabel('faksi mol S02 di gas')
legend('Tangki 1', 'Tangki 2', 'Tangki 3')
```

```
-----
| Waktu,menit | yS02 di Tangki(1) | yS02 Tangki(2) | yS02
Tangki(3) |
-----
```

0.000	0.0000	0.0000	0.0000	
0.156	0.0000	0.0000	0.0000	
0.313	0.0001	0.0000	0.0000	
0.469	0.0001	0.0000	0.0000	
0.626	0.0002	0.0000	0.0000	
1.408	0.0004	0.0000	0.0000	
2.190	0.0006	0.0001	0.0000	
2.972	0.0008	0.0001	0.0000	
3.754	0.0010	0.0002	0.0000	
4.676	0.0011	0.0003	0.0001	
5.598	0.0013	0.0004	0.0001	
6.520	0.0014	0.0005	0.0001	
7.442	0.0015	0.0006	0.0002	
8.490	0.0017	0.0007	0.0002	
9.538	0.0018	0.0009	0.0003	
10.586	0.0019	0.0010	0.0004	
11.634	0.0019	0.0011	0.0005	
12.874	0.0020	0.0012	0.0006	
14.115	0.0021	0.0014	0.0007	
15.355	0.0022	0.0015	0.0008	
16.595	0.0022	0.0016	0.0009	
18.149	0.0023	0.0017	0.0010	
19.703	0.0023	0.0018	0.0012	
21.257	0.0023	0.0019	0.0013	
22.811	0.0024	0.0020	0.0014	
24.727	0.0024	0.0021	0.0015	
26.643	0.0024	0.0021	0.0017	
28.560	0.0024	0.0022	0.0018	
30.476	0.0025	0.0023	0.0019	
32.954	0.0025	0.0023	0.0020	
35.432	0.0025	0.0024	0.0021	
37.910	0.0025	0.0024	0.0022	
40.388	0.0025	0.0024	0.0022	
42.888	0.0025	0.0024	0.0023	

45.388	0.0025	0.0024	0.0023
47.888	0.0025	0.0025	0.0024
50.388	0.0025	0.0025	0.0024
52.888	0.0025	0.0025	0.0024
55.388	0.0025	0.0025	0.0024
57.888	0.0025	0.0025	0.0024
60.388	0.0025	0.0025	0.0025
62.888	0.0025	0.0025	0.0025
65.388	0.0025	0.0025	0.0025
67.888	0.0025	0.0025	0.0025
70.388	0.0025	0.0025	0.0025
72.888	0.0025	0.0025	0.0025
75.388	0.0025	0.0025	0.0025
77.888	0.0025	0.0025	0.0025
80.388	0.0025	0.0025	0.0025
82.888	0.0025	0.0025	0.0025
85.388	0.0025	0.0025	0.0025
87.888	0.0025	0.0025	0.0025
90.388	0.0025	0.0025	0.0025
92.791	0.0025	0.0025	0.0025
95.194	0.0025	0.0025	0.0025
97.597	0.0025	0.0025	0.0025
100.000	0.0025	0.0025	0.0025



end

Published with MATLAB® R2017b

PEMBAHASAN

Sistem pembersihan gas ini dirancang untuk menghilangkan 75% SO₂ dalam gas buang. Sehingga di antara ketiga sistem di atas (1, 2, dan 3 tangki) yang paling efisien dalam menghilangkan SO₂ adalah sistem 3 tangki. Dimana di dalam ke 3 grafik terlihat bahwa untuk menghilangkan SO₂ dalam gas masuk sebesar 75% dengan tujuan agar fraksi gas keluar yang diinginkan 25% pada sistem 1 tangki memerlukan waktu 33,76; sistem 2 tangki memerlukan waktu 33,17; dan sistem 3 tangki memerlukan waktu 30; kemudian apabila dibandingkan ketiga sistem tersebut sistem 3 tangki dapat digunakan dalam waktu yang lebih lama sebelum ambang batas SO₂ tersebut terlampaui. Sehingga waktu untuk mengganti air sebagai pelarut akan lebih lama hal ini berakibat jumlah volume air yang diperlukan dalam waktu yang sama pada sistem tangki 3 lebih sedikit.

Perbedaan waktu ambang batas ini terjadi karena 3 tangki, tangki pertama dan kedua akan menjadi jenuh terlebih dahulu sehingga waktu yg diperlukan agar ketiga tangki menjadi jenuh lebih lama dibandingkan dengan sistem 2 tangki maupun 1 tangki, walaupun jumlah total air sebagai pelarut yang dipakai sama)