

Penghitungan Polusi Udara Dalam Ruangan dengan Metode Eliminasi Gauss

Tri Hastuti Yuniati (23515009)¹

Program Studi Magister Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹trihastuti.yuniati@gmail.com

Abstrak—Kadar polusi udara di dalam ruangan dapat ditentukan dengan menghitung massa gas polutan yang terkandung dalam udara di ruangan tersebut. Salah satu jenis gas polutan yaitu gas karbon monoksida (CO). Penghitungan kadar gas CO mengikuti hukum keseimbangan massa yang merupakan penerapan dari hukum kekekalan, dimana massa yang masuk bernilai sama dengan massa yang keluar dan massa yang terakumulasi di dalam sistem. Dari persoalan tersebut, kemudian dibuat model matematika yang berupa persamaan aljabar linear, yang direpresentasikan dalam bentuk matriks. Dari matriks tersebut kemudian diselesaikan dengan metode Eliminasi Gauss untuk mendapatkan nilai konsentrasi gas CO yang terkandung dalam udara di masing-masing ruangan.

Kata Kunci—eliminasi Gauss, gas CO, keseimbangan massa, polusi udara.

I. PENDAHULUAN

Dalam praktek rekayasa (*engineering*), perilaku sistem dapat dimodelkan ke dalam bentuk persamaan matematika. Jumlah persamaan matematika untuk memodelkan perilaku sistem tersebut seringkali berjumlah lebih dari satu dan harus diselesaikan secara serempak atau bersamaan (*simultan*). Misalnya, dalam bidang rekayasa dan analisa lingkungan, untuk menentukan kadar polusi udara dalam ruangan, dapat dimodelkan ke dalam persamaan aljabar linear mengikuti hukum keseimbangan massa.

Hukum keseimbangan massa merupakan penerapan dari hukum kekekalan massa. Dengan menghitung besarnya material yang masuk dan keluar dari sistem, aliran massa dapat diidentifikasi. Dalam kasus penghitungan kadar polusi udara dalam ruangan tertutup, massa yang dihitung adalah besarnya konsentrasi gas karbon monoksida (CO) yang terkandung dalam udara di ruangan tersebut. Semakin besar kandungan gas CO, maka tingkat polusi udaranya semakin tinggi, artinya udara di ruangan tersebut tercemar dan mungkin membayakan bagi kesehatan. Sebaliknya, semakin kecil konsentrasi gas CO, artinya polusi udara di ruangan tersebut semakin rendah. Gas

CO dapat dihasilkan dari asap rokok, asap kendaraan bermotor, atau dari asap yang dihasilkan oleh proses pembakaran yang tidak sempurna.

Dalam makalah ini, studi kasus yang digunakan adalah penghitungan kadar polusi udara dalam ruangan-ruangan di suatu restoran yang terletak di samping jalan raya.

II. DASAR TEORI

A. Keseimbangan Massa

Hukum keseimbangan massa, atau sering disebut sebagai hukum kekekalan material, merupakan penerapan dari hukum kekekalan massa terhadap analisis sistem fisik. Dengan menghitung besarnya material yang masuk dan keluar dari sistem, aliran massa dapat diidentifikasi dan dihitung. Hukum kekekalan pasti yang digunakan dalam analisa suatu sistem, bergantung pada konteks permasalahannya, namun semuanya tetap berkisar pada hukum kekekalan massa, bahwa segala sesuatu tidak dapat dihilangkan atau diciptakan secara spontan.

Keseimbangan massa sering digunakan dalam rekayasa dan analisa lingkungan. Sebagai contoh, teori keseimbangan massa digunakan untuk merancang reaktor kimia, untuk menganalisa proses alternatif untuk memproduksi kimia, atau untuk memodelkan penyebaran polusi dan proses sistem fisik lainnya.

Keseimbangan massa menyatakan bahwa “besarnya massa yang masuk ke dalam sistem, berdasarkan hukum kekekalan massa, harus seimbang antara massa yang meninggalkan sistem dengan massa yang menetap (terakumulasi) di dalam sistem”.

Secara matematis, keseimbangan massa untuk sistem tanpa ada reaksi kimia dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Masukan} = \text{Keluaran} + \text{Akumulasi} \quad (1)$$

Persamaan tersebut juga berlaku bagi sistem dengan reaksi kimia jika istilah dalam persamaan keseimbangan mengacu pada total massa, yaitu jumlah dari keseluruhan

macam kimia di dalam sistem. Dalam sistem yang tidak ada reaksi kimia, jumlah dari macam kimia yang masuk dan keluar akan sama; sehingga setiap jenis kimia yang muncul di dalam sistem akan meningkatkan persamaan, sebaliknya setiap jenis kimia yang meninggalkan sistem akan mengurangi persamaan.

B. Eliminasi Gauss

Metode eliminasi Gauss adalah langkah-langkah untuk mengeliminasi matriks A menjadi matriks segitiga atas sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 0 & 0 & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & & & & \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \tag{2}$$

Sehingga penyelesaian persamaan tersebut dapat dihitung dengan substitusi mundur:

$$\begin{aligned} a_{nn}x_n &= b_n \rightarrow x_n = b_n/a_{nn} \\ a_{n-1,n-1}x_{n-1} + a_{n-1,n}x_n &= b_{n-1} \rightarrow x_{n-1} = \frac{b_{n-1} - a_{n-1,n}x_n}{a_{n-1,n-1}} \end{aligned}$$

dan seterusnya. (3)

Metode eliminasi Gauss pada prinsipnya bertujuan mentransformasikan matriks $Ax = b$ menjadi matriks $Ux = y$, dimana U adalah matriks segitiga atas. Selanjutnya solusi x dapat dihitung dengan substitusi mundur. Langkah awalnya adalah dengan menyatukan elemen matriks A dan vektor kolom b menjadi satu matriks *augmented*:

$$\left[\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & b_3 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & b_4 \end{array} \right]$$

[A, b]

Dieliminasi menjadi [U, y]

$$\left[\begin{array}{cccc|c} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & b_1 \\ 0 & a_{22}^{(1)} & a_{23}^{(1)} & a_{24}^{(1)} & b_2^{(1)} \\ 0 & 0 & a_{33}^{(2)} & a_{34}^{(2)} & b_3^{(2)} \\ 0 & 0 & 0 & a_{44}^{(3)} & b_4^{(3)} \end{array} \right]$$

[U, y] (4)

Tanda (1), (2), (3) menunjukkan bahwa elemen matriks tersebut telah berubah sebanyak satu, dua, atau tiga kali. Proses eliminasi terdiri atas tiga operasi baris elementer:

1. Pertukaran: urutan baris dari dua persamaan dapat ditukar, karena pertukaran tersebut tidak akan mempengaruhi solusi akhir.
2. Penskalaan: satu baris persamaan dapat dikali dengan konstanta bukan nol, karena perkalian tersebut tidak mempengaruhi solusi akhir.
3. Penggantian: persamaan dapat diganti dengan penjumlahan persamaan tersebut dengan skala persamaan lain.

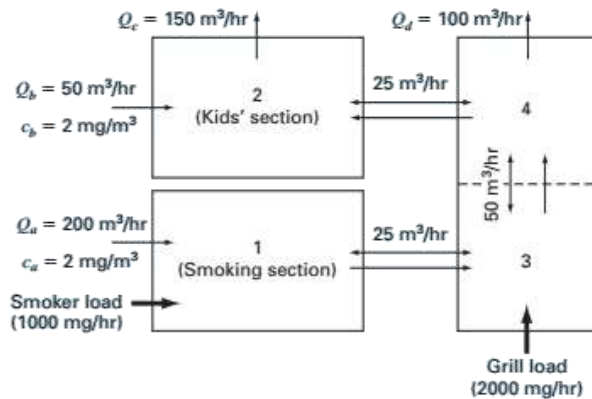
Nilai $a_{k,k}$ pada posisi (k, k) yang digunakan untuk mengeliminasi x_k pada baris $k+1, k+2, \dots, n$ disebut sebagai elemen pivot (diagonal matriks) dan persamaan pada baris ke-k disebut persamaan pivot. Elemen pivot mungkin dapat bernilai nol, sehingga pembagian dengan nol pun mungkin dapat terjadi. Strategi eliminasi yang tidak memperhatikan nilai pivot disebut sebagai strategi yang naif (*naive*) atau sederhana, sehingga metode eliminasi ini disebut sebagai eliminasi Gauss-Naive. Sedangkan metode eliminasi yang memperhatikan nilai pivot disebut sebagai eliminasi Gauss-Pivot. Strategi yang digunakan untuk menyelesaikan kasus penghitungan polusi udara dalam ruangan pada makalah ini menggunakan **metode eliminasi Gauss-Naive**.

III. PENGHITUNGAN POLUSI UDARA DALAM RUANGAN

Studi kasus yang digunakan dalam makalah ini adalah penghitungan kadar polusi udara di dalam ruangan. Ruangan yang dimaksud dapat berupa ruangan di dalam rumah, kantor, atau ruangan lainnya. Kadar polusi dihitung berdasarkan besarnya konsentrasi gas polutan yang terkandung dalam udara di dalam ruangan tersebut. Gas polutan dapat bermacam-macam, salah satu yang digunakan dalam studi kasus ini adalah gas karbon monoksida (CO). Gas CO bersifat polutan karena apabila gas ini terhidup oleh manusia, akan mengganggu pengikatan oksigen pada darah. Gas CO bersifat lebih mudah terikat dengan darah dibandingkan oksigen dan gas-gas lainnya. Pada kasus darah yang tercemar oleh gas CO dalam kadar 70% hingga 80% dapat menyebabkan kematian. Sehingga dalam studi kasus ini, kadar pencemaran udara diukur dari besarnya kandungan gas CO di udara dalam ruangan. Sumber gas CO berasal dari asap rokok, asap kendaraan, serta asap pembakaran yang tidak sempurna.

Misalkan terdapat suatu restoran yang terletak di tepi jalan raya, memiliki tiga ruangan: satu ruangan khusus untuk perokok (*smoking area*), sebut sebagai Ruang 1; satu ruangan khusus untuk anak-anak dan non-perokok (*non-smoking area*), sebut sebagai Ruang 2; dan satu

ruangan lagi yang memanjang, yang disekat menjadi dua, sebut sebagai Sekat 3 dan Sekat 4, Sekat 3 merupakan lokasi dapur, dimana di lokasi tersebut terdapat proses pembakaran (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Denah ruangan, konsentrasi massa gas CO, dan aliran udara

Tingkat polusi udara dihitung dari kadar gas CO di udara dalam masing-masing ruangan. Ruangan 1 mempunyai sumber gas CO dari perokok, sedangkan Sekat 3, gas CO bersumber dari asap proses pembakaran yang tidak sempurna. Ruangan 1 dan Ruangan 2 juga mendapatkan tambahan sumber gas CO dari asap kendaraan yang terkandung di udara luar yang masuk melalui ventilasi, akibat dari letaknya yang berada di samping jalan raya.

Dari Gambar 1 di atas, tanda panah satu arah merepresentasikan aliran udara volumetrik, sedangkan tanda panah dua arah merepresentasikan difusi pencampuran. Perokok dan pembakaran yang tidak sempurna menjadi sumber gas CO terhadap sistem.

Variabel-variabel yang terlibat:

C = kandungan gas CO per satuan volume (mg/m^3)

Q = aliran volume udara per jam (m^3/hr)

W = konsentrasi gas CO (mg/hr)

E = difusi pencampuran udara antar-ruangan (m^3/hr)

Untuk menyelesaikan permasalahan di atas, dengan mengikuti hukum keseimbangan massa, dibuat bentuk persamaan aljabar linear untuk konsentrasi gas CO di masing-masing ruangan, sebagai berikut:

Ruangan 1:

$$0 = W_{smoker} + Q_a \cdot C_a - Q_a \cdot C_1 + E_{13} (C_3 - C_1) \quad (5)$$

Dimana:

- W_{smoker} = konsentrasi gas CO yang dihasilkan oleh perokok (*load*)

- $Q_a \cdot C_a$ = konsentrasi gas CO yang masuk ke Ruangan 1 (*inflow*)
- $Q_a \cdot C_1$ = konsentrasi gas CO yang keluar dari Ruangan 1 (*outflow*)
- $E_{13} (C_3 - C_1)$ = konsentrasi yang keluar-masuk dari Ruangan 1 dan Ruangan 3 (*mixing*)

Selanjutnya, dengan cara yang sama, untuk ruangan-ruangan yang lain diperoleh persamaan sebagai berikut:

Ruangan 2:

$$0 = (Q_a - Q_d) \cdot C_4 + E_{24} (C_4 - C_2) + Q_b \cdot C_b - Q_c \cdot C_2 \quad (6)$$

Sekat 3:

$$0 = W_{grill} + Q_a \cdot C_1 + E_{13} (C_1 - C_3) + E_{34} (C_4 - C_3) - Q_a \cdot C_3 \quad (7)$$

Sekat 4:

$$0 = Q_a \cdot C_3 + E_{34} (C_3 - C_4) - (Q_a - Q_d) \cdot C_4 + E_{24} (C_2 - C_4) - Q_d \cdot C_4 \quad (8)$$

Dengan melakukan substitusi terhadap setiap parameter yang ada, diperoleh persamaan untuk masing-masing ruangan sebagai berikut:

Ruangan 1:

$$0 = W_{smoker} + Q_a \cdot C_a - Q_a \cdot C_1 + E_{13} (C_3 - C_1)$$

$$0 = 1000 \text{ mg/hr} + 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot 2 \text{ mg/m}^3 - 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} (C_3 - C_1)$$

$$0 = 1000 \text{ mg/hr} + 400 \text{ mg/hr} - 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 - 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1$$

$$0 = 1400 \text{ mg/hr} - 225 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3$$

atau

$$225 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 - 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 = 1400 \text{ mg/hr}$$

Ruangan 2:

$$0 = (Q_a - Q_d) \cdot C_4 + E_{24} (C_4 - C_2) + Q_b \cdot C_b - Q_c \cdot C_2$$

$$0 = (200 \text{ m}^3/\text{hr} - 100 \text{ m}^3/\text{hr}) \cdot C_4 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} (C_4 - C_2) + 50 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot 2 \text{ mg/m}^3 - 150 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_2$$

$$0 = 100 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 - 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_2 + 100 \text{ mg/hr} - 150 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_2$$

$$0 = 125 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 - 175 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_2 + 100 \text{ mg/hr}$$

atau

$$175 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_2 - 125 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 = 100 \text{ mg/hr}$$

Sekat 3:

$$0 = W_{grill} + Q_a \cdot C_1 + E_{13} (C_1 - C_3) + E_{34} (C_4 - C_3) - Q_a \cdot C_3$$

$$0 = 2000 \text{ mg/hr} + 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} (C_1 - C_3) + 50 \text{ m}^3/\text{hr} (C_4 - C_3) - 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3$$

$$0 = 2000 \text{ mg/hr} + 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 - 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 + 50 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 - 50 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 - 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3$$

$$0 = 2000 \text{ mg/hr} + 225 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 - 275 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 + 50 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4$$

atau

$$-225 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_1 + 275 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 - 50 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 = 2000 \text{ mg/hr}$$

Sekat 4:

$$0 = Q_a \cdot C_3 + E_{34} (C_3 - C_4) - (Q_a - Q_d) \cdot C_4 + E_{24} (C_2 - C_4) - Q_a \cdot C_4$$

$$0 = 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 + 50 \text{ m}^3/\text{hr} (C_3 - C_4) - (200 \text{ m}^3/\text{hr} - 100 \text{ m}^3/\text{hr}) \cdot C_4 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} (C_2 - C_4) - 100 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4$$

$$0 = 200 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 + 50 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 - 50 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 - 100 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_2 - 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 - 100 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4$$

$$0 = 250 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 - 275 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 + 25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_2$$

atau

$$-25 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_2 - 250 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_3 + 275 \text{ m}^3/\text{hr} \cdot C_4 = 0 \text{ mg/hr}$$

Sehingga permasalahannya sekarang adalah untuk menyelesaikan empat persamaan dengan empat konsentrasi gas CO di tiap ruangan (C_1 , C_2 , C_3 , dan C_4) yang tidak diketahui. Persamaan tersebut diekspresikan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 225 & 0 & -25 & 0 \\ 0 & 175 & 0 & -125 \\ -225 & 0 & 275 & -50 \\ 0 & -25 & -250 & 275 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400 \\ 100 \\ 2000 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Persamaan tersebut selanjutnya dapat diselesaikan dengan menggunakan metode Eliminasi Gauss.

IV. PENERAPAN ELIMINASI GAUSS UNTUK PENGHITUNGAN POLUSI UDARA

Metode eliminasi Gauss dapat digunakan untuk menghitung polusi udara dalam ruangan berdasarkan dari matriks yang dihasilkan dari proses sebelumnya. Terdapat dua matriks utama, yaitu matriks yang berisi koefisien-koefisien dari C_1 , C_2 , C_3 , dan C_4 , sebut sebagai **matriks A**; dan matriks yang berisi nilai persamaan, sebut sebagai **matriks b**. Bentuk matriks *augmented* dari matriks A dan b, sehingga diperoleh:

$$\left| \begin{array}{cccc|c} 225 & 0 & -25 & 0 & 1400 \\ 0 & 175 & 0 & -125 & 100 \\ -225 & 0 & 275 & -50 & 2000 \\ 0 & -25 & -250 & 275 & 0 \end{array} \right|$$

Tujuannya adalah untuk mendapatkan bentuk matriks segitiga atas (*upper*) dari matriks A, sehingga dilakukan langkah-langkah eliminasi. Baris kedua tidak perlu dilakukan eliminasi, karena nilai elemen matrik a_{21} sudah bernilai 0. Baris ketiga dikurangi dengan $(-225/225) \cdot$ baris pertama atau ditulis $R_3 - (-225/225) \cdot R_1$. Matriks akan menjadi seperti berikut:

$$\left| \begin{array}{cccc|c} 225 & 0 & -25 & 0 & 1400 \\ 0 & 175 & 0 & -125 & 100 \\ 0 & 0 & 250 & -50 & 3400 \\ 0 & -25 & -250 & 275 & 0 \end{array} \right|$$

Selanjutnya, baris keempat dikurangi dengan $(-25/175) \cdot$ baris kedua atau $R_4 - (-25/175) \cdot R_2$. Matriks akan menjadi:

$$\left| \begin{array}{cccc|c} 225 & 0 & -25 & 0 & 1400 \\ 0 & 175 & 0 & -125 & 100 \\ 0 & 0 & 250 & -50 & 3400 \\ 0 & 0 & -250 & 257.142857 & 14.285714 \end{array} \right|$$

Eliminasi terakhir, baris keempat dikurangi dengan $(-250/250) \cdot$ baris ketiga atau $R_4 - (-250/250) \cdot R_3$. Sehingga akan diperoleh matriks segitiga atas sebagai berikut:

$$\left| \begin{array}{cccc|c} 225 & 0 & -25 & 0 & 1400 \\ 0 & 175 & 0 & -125 & 100 \\ 0 & 0 & 250 & -50 & 3400 \\ 0 & 0 & 0 & 207.142857 & 3414.285714 \end{array} \right|$$

Langkah-langkah eliminasi Gauss di atas dapat dilihat pada *pseudocode* di bawah ini:

```

Procedure Eliminasi_Gauss (A: matriks;
    b: vektor; n: integer; var x:
    vektor);

Variabel:
    u: matriks;
    i, j, k: integer;
    m: real;

Algoritma:
    For (k=1; k<n; k++) do
        For (i=k+1; i<=n; i++) do
            m = a[i][k]/a[k][k];
            b[i] = b[i] - m*b[k];
            for (j=k; j<=n; j++) do
                u[1][j] = a[1][j];
                u[1][j] = a[i][j] - m*a[k][j];
                a[i][j] = u[1][j];

```

Matriks segitiga atas yang dihasilkan dari proses eliminasi Gauss di atas kemudian dilakukan substitusi mundur untuk mendapatkan nilai-nilai C_1 , C_2 , C_3 , dan C_4 .

Pseudocode untuk mendapatkan penyelesaian persamaan linear dengan substitusi mundur adalah sebagai berikut:

```

//Substitusi mundur
For (i=n; i>0; i--)
    m = 0;
    for (j=n; j>i; j--)
        m += u[i][j]*x[j];
    x[i] = (b[i] - m)/u[i][i];

```

Sehingga diperoleh nilai-nilai sebagai berikut:

- $C_1 = 8.099617$
- $C_2 = 12.344828$
- $C_3 = 16.896552$
- $C_4 = 16.482759$

V. IMPLEMENTASI DAN ANALISA HASIL IMPLEMENTASI

Untuk menghitung kadar polusi udara dalam ruangan di atas, dibuatlah program yang mengimplementasikan metode eliminasi Gauss dalam bahasa pemrograman C++. Dari implementasi tersebut, diperoleh hasil sebagai berikut:

Pemasukan elemen-elemen matriks A dan matriks b:

```

Jumlah orde matriks = 4
Koefisien Matriks :
Baris ke-1  225 0 -25 0
Baris ke-2  0 175 0 -125
Baris ke-3  -225 0 275 -50
Baris ke-4  0 -25 -250 275

Elemen matriks B =
1400 100 2000 0

```

Dari masukan tersebut kemudian ditampilkan nilai matriks A dan matriks b:

```

Matriks A :
225.000000  0.000000  -25.000000  0.000000
0.000000  175.000000  0.000000  -125.000000
-225.000000  0.000000  275.000000  -50.000000
0.000000  -25.000000  -250.000000  275.000000

Matriks b :
b[1] = 1400.000000
b[2] = 100.000000
b[3] = 2000.000000
b[4] = 0.000000

```

Matriks segitiga atas dan matriks b setelah proses eliminasi Gauss:

```

Matriks A' :
225.000000  0.000000  -25.000000  0.000000
0.000000  175.000000  0.000000  -125.000000
0.000000  0.000000  250.000000  -50.000000
0.000000  0.000000  0.000000  207.142857

Matriks b' :
b[1] = 1400.000000
b[2] = 100.000000
b[3] = 3400.000000
b[4] = 3414.285714

```

Hasil penyelesaian matriks, nilai X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 mewakili nilai C_1 , C_2 , C_3 , dan C_4 yang merupakan konsentrasi gas CO dalam udara di masing-masing Ruang 1, Ruang 2, Sekat 3, dan Sekat 4.

```

Nilai x :
x1 = 8.099617
x2 = 12.344828
x3 = 16.896552
x4 = 16.482759

```

Dari hasil tersebut, diperoleh hasil bahwa konsentrasi gas CO di Ruang 1 adalah 8.099617 mg/hr, di Ruang 2 adalah 12.344828 mg/hr, di Sekat 3 adalah 16.896552 mg/hr, dan di Sekat 4 adalah 16.482759 mg/hr.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa ternyata Sekat 3 dan Sekat 4 memiliki tingkat polusi udara paling tinggi, kemudian Ruang 2, dan tingkat polusi paling rendah

justru di Ruang 1, padahal ruangan tersebut merupakan *smoking area*. Hal ini karena:

- Gas CO bersifat konservatif
- Saluran udara keluar hanya ada di Ruang 2 (Q_c) dan Sekat 4 (Q_d)
- Sekat 3 mempunyai tingkat polusi udara paling tinggi karena selain mendapatkan sumber gas CO dari proses pembakaran yang tidak sempurna, juga mendapatkan tambahan gas CO dari Ruang 1.

VI. KESIMPULAN

Penghitungan polusi udara di dalam ruangan dapat dibuat model matematis dalam bentuk persamaan aljabar linear yang dibuat mengikuti hukum keseimbangan massa. Persamaan tersebut kemudian diubah dalam bentuk matriks. Untuk menghitung solusi dari soal persamaan linear, salah satunya dapat diselesaikan dengan metode eliminasi Gauss.

Dari studi kasus yang digunakan, urutan ruangan yang memiliki tingkat polusi udara paling tinggi (kandungan gas CO paling besar) ke tingkat polusi terendah (kandungan gas CO paling sedikit) adalah Sekat 3, Sekat 4, Ruang 2, dan terakhir Ruang 1.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Bapak Rinaldi Munir dan Ibu Harlili selaku dosen Metode

Numerik Lanjut. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada rekan-rekan atas dukungannya selama pengerjaan makalah ini.


REFERENSI

- [1] R. Munir, *Metode Numerik untuk Teknik Informatika* (Diktat kuliah). Institut Teknologi Bandung, 2010.
- [2] S. C. Chapra, *Applied Numerical Methods with Matlab for Engineers and Scientists, 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [3] Anonim, *Mass Balance*, diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_balance, tanggal 3 Mei 2016.
- [4] Anonim, *Pencemaran Udara Oleh Gas CO (Karbon Monoksida)*, diakses dari <http://indonesiakimia.blogspot.com/2011/05/pencemaran-udara-oleh-gas-co-karbon.html?m=1>, diakses pada 4 Mei 2016.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 3 Mei 2016



Tri Hastuti Yuniati (23515009)