

Penyetaraan Persamaan Reaksi Kimia dengan Metode Eliminasi Gauss

Jonathan Marcel T (13507072) ¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

¹ cel_tum@yahoo.co.id

Abstract—Eliminasi Gauss merupakan salah satu teknik penyelesaian sistem persamaan linear yang paling populer. Sistem persamaan linear banyak digunakan dalam memodelkan permasalahan-permasalahan yang berhubungan dengan rekayasa dan ilmu pasti. Salah satu permasalahan yang dimaksud adalah masalah penyetaraan reaksi pada persamaan reaksi kimia. Persamaan reaksi kimia dapat disetarakan dengan berbagai cara, dimana salah satu cara yang dapat digunakan ialah dengan menggunakan metode eliminasi Gauss. Untuk menyetarakan reaksi dengan eliminasi Gauss, sebisa mungkin bentuk-bentuk persamaan linear yang terbentuk harus disederhanakan, sehingga ukuran matriks yang akan dieliminasi tidak akan menjadi terlalu besar.

Kata Kunci—eliminasi Gauss, penyetaraan reaksi kimia, solusi sistem persamaan linear

I. INTRODUCTION

Di dalam metode numerik, solusi sistem persamaan linear merupakan permasalahan yang penting karena persamaan linear digunakan dalam berbagai bidang rekayasa dan sains komputer. Sebagai contoh, persamaan linear digunakan di dalam pemrosesan sinyal digital pada bidang teknik elektro. Banyak permasalahan rekayasa dapat dimodelkan menjadi bentuk sistem persamaan linear.

Salah satu contoh penyelesaian persoalan dengan sistem persamaan linear adalah pemodelan kuat dan arus listrik pada rangkaian listrik dengan hukum Kirchhoff serta pemodelan matematika untuk ekonomi suatu negara atau region berdasarkan berbagai sektor perekonomian dengan menggunakan model Leontief.

Sistem persamaan linear dapat dicari solusinya dengan menggunakan pendekatan keinformatikaan, yaitu dengan menggunakan berbagai macam algoritma yang ditujukan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear. Beberapa algoritma penyelesaian sistem persamaan linear yang terkenal diantaranya ialah algoritma eliminasi Gauss, algoritma eliminasi Gauss Jordan, dekomposisi matriks LU, dekomposisi matriks Crout, dekomposisi matriks Cholesky, dekomposisi matriks Doolittle, algoritma lelaran Jacobi, algoritma lelaran Gauss Seidel, *Successive Over Relaxation* atau SOR, dan lain-lain.

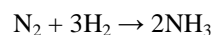
Dari sekian banyak metode penyelesaian yang ada,

eliminasi Gauss merupakan metode penyelesaian sistem persamaan linear yang paling populer dan mudah diimplementasikan. Pada makalah ini akan dijelaskan penggunaan algoritma eliminasi Gauss di dalam menyelesaikan masalah klasik di dalam ilmu kimia, yaitu masalah penyetaraan persamaan reaksi kimia.

II. STOIKIOMETRI

Stoikiometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu *stoicheion* yang berarti elemen dan *metron* yang berarti pengukuran.

Stoikiometri adalah cabang dari ilmu kimia yang berhubungan dengan jumlah relatif dari reaktan dan produk di dalam reaksi kimia. Di dalam istilah kimia, reaktan adalah materi yang digunakan di dalam reaksi kimia, sedangkan produk adalah materi yang dihasilkan di dalam reaksi kimia. Di dalam suatu reaksi kimia yang setara, hubungan setiap jumlah dari reaktan dan produk biasanya membentuk rasio berupa suatu angka bulat. Sebagai contoh, di dalam reaksi pembentukan amonia (NH₃), tepat satu molekul Nitrogen (N₂) bereaksi dengan tiga molekul Hidrogen (H₂) untuk menghasilkan dua molekul NH₃.



Stoikiometri dapat digunakan untuk menghitung jumlah seperti jumlah dari produk yang dapat dihasilkan dari sejumlah reaktan yang diberikan. Perhitungan stoikiometri dapat memprediksikan bagaimana elemen dan komponen terlarut di dalam larutan standar di dalam kondisi eksperimental tertentu. Stoikiometri dibangun dari hukum kekekalan massa, yaitu massa total reaktan sama dengan massa total produk di dalam reaksi kimia.

Stoikiometri reaksi mendeskripsikan hubungan kuantitatif dari setiap materi di dalam reaksi kimia. Pada contoh di atas, stoikiometri reaksi mendeskripsikan rasio 1:3:2 dari molekul nitrogen, hidrogen, dan amonia.

Stoikiometri komposisi mendeskripsikan hubungan kuantitatif massa dari setiap elemen di dalam materi. Pada contoh di atas, stoikiometri komposisi mendeskripsikan hubungan massa nitrogen dan hidrogen di dalam amonia. Sebagai contoh, di setiap mol amonia terdapat satu mol nitrogen dan tiga mol hidrogen.

Hukum utama dari stoikiometri adalah tiga, yaitu:

1. Hukum kekekalan massa yaitu total massa reaktan sama dengan total massa produk.
2. Hukum kepastian proporsi atau hukum Proust yaitu sebuah materi kimia selalu mengandung proporsi massa yang sama dari setiap elemen.
3. Hukum proporsi banyak atau hukum Dalton yaitu apabila dua elemen bergabung membentuk lebih dari satu materi, maka rasio dari massa pada elemen kedua yang digabungkan dengan rasio tetap dari massa elemen pertama akan menjadi rasio dengan bilangan yang kecil.

III. PERSAMAAN REAKSI

Persamaan reaksi adalah representasi simbolik dari suatu reaksi kimia. Bentuk umum persamaan reaksi adalah entitas reaktan diletakkan pada bagian kiri persamaan dan entitas produk diletakkan pada bagian kanan persamaan. Koefisien yang berada di dekat simbol dan formula dari entitas adalah nilai absolute dari bilangan stoikiometri. Orang yang pertama kali mengenalkan persamaan reaksi adalah Jean Beguin pada tahun 1915.

Persamaan reaksi terdiri atas formula kimia dari reaktan dan produk. Keduanya dipisahkan oleh sebuah simbol panah (\rightarrow) dan setiap substansi dari formula kimia dipisahkan oleh simbol tambah (+). Sebagai contoh, persamaan kimia dari pembakaran metana adalah sebagai berikut:



Persamaan diatas dapat dibaca dengan standar pembacaan IUPAC. IUPAC (*International Union of Pure Chemistry*) merupakan organisasi internasional yang melakukan standardisasi terhadap ilmu kimia. Persamaan reaksi diatas dapat dibaca sebagai: "metana ditambah oksigen menghasilkan karbon dioksida dan air."

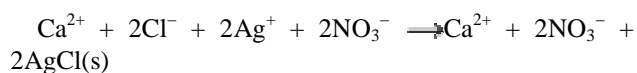
Persamaan diatas menunjukkan bahwa dua molekul oksigen dibutuhkan untuk setiap molekul metana dan reaksi ini akan menghasilkan dua molekul air dan satu molekul karbon dioksida.

Pada persamaan reaksi, biasanya setiap simbol kimia akan diberikan *state* untuk setiap simbol. Ada empat buah *state* yaitu solid (s), liquid (l), gas (g), dan larutan aqueous (aq).

Reaksi redoks (reduksi-oksidasi) adalah persamaan reaksi kimia dimana elektrolit dituliskan sebagai ion yang terdisosiasi. Reaksi redoks digunakan untuk menuliskan pelepasan ion-ion (tunggal maupun ganda) yang terjadi di dalam larutan aqueous. Sebagai contoh pada reaksi redoks berikut:



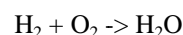
Persamaan ionik secara lengkap dapat dituliskan sebagai:



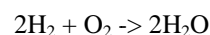
IV. PENYETARAAN PERSAMAAN REAKSI

Persamaan reaksi harus disetarakan untuk melakukan perhitungan kuantitatif kimia. Penyetaraan persamaan kimia dilakukan berdasarkan hukum kekekalan massa. Atom-atom di dalam reaksi tidak akan lenyap, atom-atom yang terdapat pada reaktan haruslah terdapat juga pada produk.

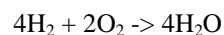
Contoh persamaan reaksi yang belum setara seperti pada reaksi sintesis air berikut:



Persamaan diatas memiliki dua atom oksigen pada ruas kiri tetapi hanya satu atom oksigen pada ruas kanan. Persamaan reaksi tersebut belum setara. Untuk menyetarakan persamaan reaksi, jumlah atom-atom di ruas kiri dan kanan persamaan haruslah sama. Selain itu, setiap koefisien senyawa haruslah berupa bilangan bulat dan dengan rasio terkecil. Perhatikan penyetaraan persamaan reaksi diatas:



Bentuk lain seperti:



Adalah salah karena tidak memenuhi syarat penyetaraan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Untuk membenarkan kesalahan diatas, seluruh koefisien pada persamaan reaksi pertama harus dikali dua dan seluruh koefisien pada persamaan reaksi kedua harus dibagi dua. Di dalam penyetaraan persamaan reaksi, tidak boleh mengubah bentuk *subscript* karena akan mengubah komposisi senyawa. Penyetaraan reaksi hanya bisa dilakukan dengan memodifikasi koefisien senyawa pada persamaan reaksi.

Metode penyetaraan persamaan reaksi yang terkenal ada tiga macam, yaitu:

1. Metode inspeksi
2. Metode setengah reaksi
3. Metode aljabar

Pada makalah ini penyetaraan reaksi yang akan dilakukan sebenarnya merupakan metode aljabar, tetapi dengan menggunakan metode eliminasi Gauss sebagai pengganti metode aljabar konvensional.

V. SOLUSI SISTEM PERSAMAAN LINEAR

Di dalam matematika, sebuah sistem persamaan linear adalah sekumpulan persamaan linear yang melibatkan variabel yang sama. Sebagai contoh:

$$\begin{aligned} 3x + 2y - z &= 1 \\ 2x - 2y + 4z &= -2 \\ -x + \frac{1}{2}y - z &= 0 \end{aligned}$$

Sistem persamaan linear tersebut memiliki tiga buah variabel x , y , dan z . Solusi dari sistem persamaan linear adalah setiap variabel memiliki nilai tertentu yang memenuhi setiap persamaan pada sistem persamaan linear. Solusi pada sistem persamaan linear diatas adalah:

$$x = 1$$

$$y = -2$$

$$z = -2$$

Bentuk umum sistem m buah persamaan linear dengan n buah variabel dapat ditulis sebagai:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m.$$

Dimana x_1, x_2, \dots, x_n adalah variabel yang belum diketahui, $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{mn}$ adalah koefisien sistem dan b_1, b_2, \dots, b_m adalah nilai konstan. Sistem persamaan linear dapat diubah dalam bentuk matriks dengan persamaan:

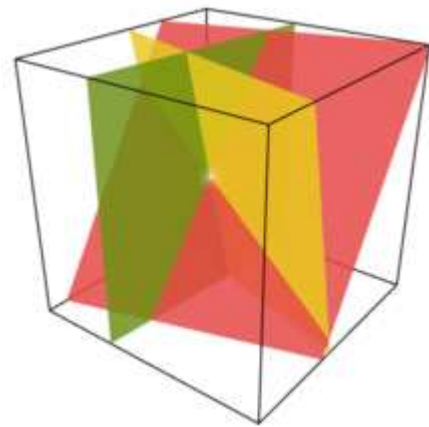
$$Ax = b$$

Dimana A adalah matriks $m \times n$, x adalah vektor kolom dengan n buah entri dan b adalah vektor kolom dengan m buah entri.

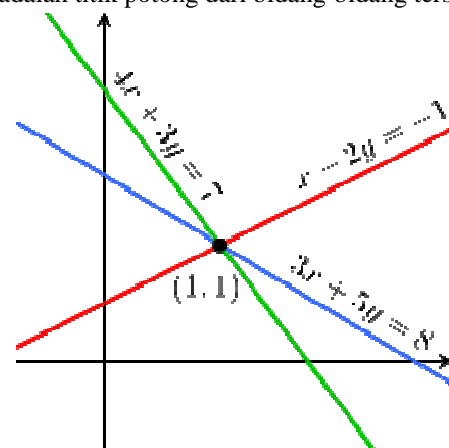
$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

Di dalam ilmu keinformatikaan, solusi sistem persamaan linear dipelajari di dalam metode numerik, khususnya pada bagian aljabar numerik linear. Aljabar numerik linear adalah studi algoritma untuk menyelesaikan komputasi persamaan linear, kebanyakan berupa operasi matriks pada suatu komputer. Aljabar numerik linear merupakan bagian fundamental dari permasalahan rekayasa dan sains komputer, seperti pada pemrosesan citra dan sinyal, telekomunikasi, keuangan komputer, simulasi sains material, biologi structural, *data mining*, bioinformatika, dan bidang-bidang lainnya.

Ada tiga cara yang dapat digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear, yaitu cara substitusi, eliminasi, dan matriks.



Pada gambar diatas sebuah sistem persamaan linear dengan tiga buah variabel menunjukkan bidang pada sumbu x , y , dan z . Solusi dari sistem persamaan linear tersebut adalah titik potong dari bidang-bidang tersebut.



Pada gambar diatas terdapat sistem persamaan linear

$$x - 2y = -1$$

$$3x + 5y = 8$$

$$4x + 3y = 7$$

Dengan solusi $x=1$ dan $y=1$.

Salah satu cara menyelesaikan sistem persamaan linear adalah dengan mengeliminasi baris pada matriks persamaan linear. Metode yang terkenal adalah eliminasi Gauss.

VI. METODE ELIMINASI GAUSS

Di dalam aljabar linear, eliminasi gauss adalah suatu algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear. Selain itu algoritma ini juga dapat digunakan untuk menghitung ranking dari sebuah matriks, menghitung determinan dari sebuah matriks, dan menghitung matriks balikan dari sebuah matriks. Metode ini diberi nama sesuai ahli matematika kebangsaan Jerman yaitu Carl Friederich Gauss.

Metode eliminasi Gauss menggunakan operasi baris elementer untuk mengurangi matriks menjadi bentuk baris eselon.

Bentuk baris eselon disebut terpenuhi di dalam suatu

matriks apabila seluruh baris nonzero, yaitu baris dengan minimal satu elemen bukan nol berada di atas baris dengan elemen nol. Syarat berikutnya ialah koefisien terdepan pada baris nonzero selalu berada pada tepat satu posisi sebelah kanan dari baris di atasnya. Contoh bentuk baris eselon dapat dilihat seperti matriks dibawah:

$$\left[\begin{array}{ccc|c} 1 & a_1 & a_2 & a_3 \\ 0 & 4 & a_4 & a_5 \\ 0 & 0 & 1 & a_6 \end{array} \right]$$

Contoh eliminasi Gauss pada sistem persamaan linear:

$$2x + y - z = 8 \quad (L_1)$$

$$-3x - y + 2z = -11 \quad (L_2)$$

$$-2x + y + 2z = -3 \quad (L_3)$$

Algoritma eliminasi Gauss ialah: eliminasi x dari seluruh persamaan dibawah L_1 , kemudian eliminasi y dari seluruh persamaan dibawah L_2 . Sistem akan berubah menjadi bentuk triangular. Kemudian, dengan menggunakan teknik sulih mundur setiap variabel yang belum diketahui dapat diperoleh solusinya.

Pada contoh diatas x dieliminasi dari L_2 dengan cara menambahkan $3/2L_1$ pada L_2 . x dieliminasi dari L_3 dengan cara menambahkan L_1 pada L_3 . Hasilnya adalah sebagai berikut:

$$2x + y - z = 8$$

$$\frac{1}{2}y + \frac{1}{2}z = 1$$

$$2y + z = 5$$

Sekarang y dieliminasi dari L_2 dengan cara menambahkan $-4L_2$ pada L_3 . Hasilnya adalah sebagai berikut:

$$2x + y - z = 8$$

$$\frac{1}{2}y + \frac{1}{2}z = 1$$

$$-z = 1$$

Dengan penyulih mundur, diperoleh solusi sistem persamaan linear, yaitu:

$$z = -1 \quad (L_3)$$

$$y = 3 \quad (L_2)$$

$$x = 2 \quad (L_1)$$

VII. METODE ELIMINASI GAUSS UNTUK PENYETARAAN PERSAMAAN REAKSI

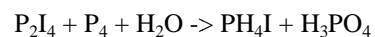
Metode eliminasi Gauss dapat digunakan untuk menyetarakan persamaan reaksi kimia. Langkah-langkah penyetaraan persamaan reaksi kimia dengan eliminasi Gauss adalah:

1. Setiap senyawa diberikan koefisien terlebih

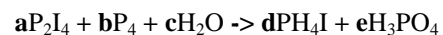
dahulu. Koefisien masing-masing senyawa haruslah berbeda. Misalnya a , b , c , d , e , dan seterusnya.

2. Jumlah atom di ruas kiri dan kanan persamaan haruslah sama. Karena itu, dibuat persamaan linear untuk masing-masing atom. Seluruh persamaan akan membentuk sistem persamaan linear.
3. Permisalkan salah satu koefisien sebagai angka bulat tertentu, misalnya satu.
4. Selesaikan sistem persamaan linear dengan metode eliminasi Gauss. Langkah terpenting adalah pemodelan sistem persamaan di dalam matriks.
5. Seluruh koefisien harus diubah menjadi rasio bilangan bulat terkecil dengan cara mengalikan setiap koefisien dengan kelipatan persekutuan terkecil.

Untuk lebih memahami penyetaraan persamaan reaksi dengan metode eliminasi Gauss, tinjau persamaan reaksi berikut:



Pertama-tama diberikan koefisien pada persamaan reaksi sehingga persamaan reaksi akan menjadi sebagai berikut:



Setiap atom harus memiliki jumlah yang sama pada ruas kiri dan kanan. Pertama-tama tinjau atom hidrogen terlebih dahulu. Di ruas kiri terdapat dua buah atom hidrogen dan di ruas kanan terdapat $4 + 3$ buah atom hidrogen. Persamaan linear untuk hidrogen adalah sebagai berikut:

$$2 \times c = 4 \times d + 3 \times e$$

Dengan cara yang sama, akan diperoleh persamaan linear untuk oksigen:

$$c = 4 \times e$$

Dan juga persamaan linear untuk fosfor:

$$2 \times a + 4 \times b = d + e$$

Dan juga persamaan linear untuk iodin:

$$4 \times a = d$$

Sistem persamaan linear yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$2c - 4d = 3e$$

$$c = 4e$$

$$2a + 4b - d = e$$

$$4a - d = 0$$

Apabila dimisalkan $e=1$, maka sistem persamaan linear akan menjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
2c - 4d &= 3 \\
c &= 4 \\
2a + 4b - d &= 1 \\
4a - d &= 0
\end{aligned}$$

Persamaan ini dapat dipindahkan ke dalam matriks, menjadi:

$$\begin{bmatrix} 2 & 4 & 0 & -1 \\ 4 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & -4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix}$$

Baris kedua ditambahkan dengan $-2 \times$ baris pertama. Matriks akan menjadi seperti berikut:

$$\begin{bmatrix} 2 & 4 & 0 & -1 \\ 0 & -8 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & -4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Baris ketiga dan keempat dipertukarkan. Baris keempat ditambahkan dengan $-2 \times$ baris ketiga. Hasil akhir matriks adalah sebagai berikut, yaitu mencapai bentuk eselon baris:

$$\begin{bmatrix} 2 & 4 & 0 & -1 \\ 0 & -8 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 4 \\ -5 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan matriks diatas, dapat disusun persamaan yang telah disederhanakan menjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
2a + 4b - d &= 1 \\
-8b + d &= -2 \\
c &= 4 \\
-4d &= -5
\end{aligned}$$

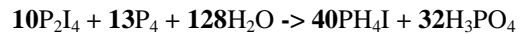
Dengan manipulasi aljabar, diperoleh hasil-hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
d &= 5/4 \\
c &= 4 \\
b &= 13/32 \\
a &= 5/16
\end{aligned}$$

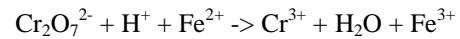
Perhatikan bahwa e dimisalkan adalah 1, dan nilai-nilai a, b, c, d, e, sekarang telah lengkap. Namun, nilainya belum bilangan bulat, karena itu semua koefisien akan dikalikan dengan suatu bilangan tertentu, dalam kasus ini bilangan tersebut adalah 32, sehingga hasil akhir seluruh koefisien adalah:

$$\begin{aligned}
a &= 10 \\
b &= 13 \\
c &= 128 \\
d &= 40 \\
e &= 32
\end{aligned}$$

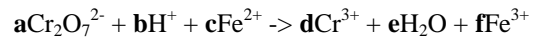
Maka persamaan reaksi yang telah disetarakan dengan eliminasi Gauss adalah:



Bagaimana dengan reaksi redoks? Reaksi redoks juga dapat disetarakan dengan metode eliminasi Gauss. Perhatikan reaksi kimia berikut:



Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pertama-tama setiap senyawa diberikan koefisien tertentu:



Kemudian disamakan atom-atom ruas kiri dan ruas kanan. Untuk reaksi redoks, muatan total ruas kiri dan ruas kanan juga harus disamakan.

Untuk atom kromium:

$$2a = d$$

Untuk atom oksigen:

$$7a = e$$

Untuk atom hidrogen:

$$b = 2e$$

Untuk atom besi:

$$c = f$$

Untuk keseimbangan muatan:

$$-2a + b + 2c = 3d + 3f$$

Matriks akan menjadi berukuran besar, karena terdapat 6 buah variabel. Untuk mempermudah penyelesaian, perhatikan bahwa $c = f$ sehingga persamaan muatan dapat disederhanakan menjadi:

$$-2a + b - c = 3d$$

Sistem persamaan linear akan menjadi seperti berikut:

$$\begin{aligned}
2a &= d \\
7a - e &= 0 \\
b - 2e &= 0 \\
-2a + b - c &= 3d
\end{aligned}$$

Apabila $d = 1$, maka sistem persamaan linear akan menjadi seperti berikut:

$$\begin{aligned}
2a &= 1 \\
7a - e &= 0 \\
b - 2e &= 0 \\
-2a + b - c &= 3
\end{aligned}$$

Matriks sistem persamaan linear menjadi sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ -2 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Baris keempat dipindahkan ke baris yang paling atas. Baris kedua menjadi baris keempat. Kemudian baris kedua ditambahkan dengan 1*baris pertama, dan baris keempat ditambahkan dengan 7/2*baris pertama. Matriks yang akan terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} -2 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 0 & 7/2 & -7/2 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 0 \\ 21/2 \end{bmatrix}$$

Baris ketiga ditambahkan dengan -1*baris kedua, maka matriks yang terbentuk adalah:

$$\begin{bmatrix} -2 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \\ 0 & 7/2 & -7/2 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ -4 \\ 21/2 \end{bmatrix}$$

Baris keempat ditambahkan dengan -7/2*baris kedua, maka matriks yang terbentuk adalah:

$$\begin{bmatrix} -2 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ -4 \\ -7/2 \end{bmatrix}$$

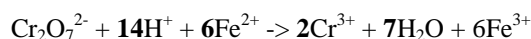
Berdasarkan matriks diatas, diperoleh hasil-hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} e &= 7/2 \\ c &= 3 \\ b &= 7 \\ a &= 1/2 \\ d &= 1 \\ f &= 3 \end{aligned}$$

Seluruh koefisien tersebut akan dikalikan dengan dua sehingga hasil akhir seluruh koefisien adalah:

$$\begin{aligned} a &= 2 \\ b &= 14 \\ c &= 6 \\ d &= 2 \\ e &= 7 \\ f &= 6 \end{aligned}$$

Dengan demikian persamaan reaksi redoks yang telah setara adalah:



VIII. KESIMPULAN

Berdasarkan hal-hal yang telah dijabarkan diatas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Eliminasi Gauss dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan penyetaraan reaksi pada persamaan reaksi kimia.

2. Reaksi yang dapat disetarakan dengan metode eliminasi Gauss adalah reaksi kimia biasa maupun reaksi reduksi oksidasi (redoks).
3. Metode eliminasi Gauss mirip dengan metode aljabar pada penyetaraan persamaan reaksi, namun lebih baik karena menggunakan matriks sehingga hasilnya lebih cepat dibandingkan manipulasi aljabar biasa.


REFERENSI

- [1] <http://www.chembuddy.com/?left=balancing-stoichiometry&right=algebraic-method>
- [2] <http://chemistry.about.com/cs/stoichiometry/a/aa042903a.htm>
- [3] <http://www.math-linux.com/spip.php?article53>
- [4] <http://mgccl.com/2007/09/20/balance-chemical-equations>
- [5] <http://www.purplemath.com/modules/systlin1.htm>
- [6] <http://www.scribd.com/doc/24456131/Metode-eliminasi-Gauss-untuk-sistem-persamaan-linier>

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, 13 Mei 2011



Jonathan Marcel (13507072)