Sistem Persamaan Lanjar dan Matriks dalam Reaksi Kimia

Friska 13514042[1]
Program Studi Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
[1]*friska.nataniel@itb.ac.id*

***Abstrak*—Sistem Persamaan Lanjar memiliki banyak aplikasi dalam berbagai cabang ilmu. Salah satu penerapan yang sangat dibutuhkan adalah dalam penentuan reaksi kimia. Dasar – dasar ilmu kimia yang krusial adalah dalam menentukan dan menyetarakan reaksi. Dasr tersebut bisa berkanjut ke perhitungan stokiometri, berlanjut kepada penelitian unsur, dan lainnya. Sistem persamaan lanjar dapat dibuat dalam bentuk matriks, untuk kemudian ditentukan solusinya.**

***Kata Kunci*—gauss, matriks, reaksi, sistem persamaan lanjar**

I. PENGANTAR

Dewasa ini ilmu kimia mendapat perhatian besar karena semakin dibutuhkan dalam kehidupan. Kimia memegang peranan besar dalam perkembangan zaman. Secara umum, dengan ilmu kimia manusia bisa melakukan pencampuran zat yang memberikan suatu produk yang diharapkan. Ilmu kimia juga dapat dipakai untuk menganalisis kondisi lingkungan mengingat semua unsur dalam bumi ini pasti tersusun atas suatu materi, yang mana materi tersebut dalam skala terkecilnya dapat dipelajari oleh kimia.

Bagian dasar dalam kimia adalah reaksi kimia. Reaksi kimia dipelajari oleh berbagai kalangan, mulai dari pelajar SMP / SMA sampai peniliti dan ahli sains. Reaksi kimia mengalami sejarah yang panjang hingga akhirnya memiliki penulisan seperti sekarang: $xA_aB_b + yC_cD_d \rightarrow uA_eD_f + vB_gC_h$. Dapat diperhatikan bahwa diperlukan nilai pada senyawa baik reaktan maupun produk. Nilai tersebut adalah koefisien yang perlu ditentukan. Koefisien tersebut melambangkan jumlah molekul dalam reaksi, yang harus sama pada reaktan dan produknya. Sistem persamaan lanjar diaplikasikan untuk menentukan koefisien tersebut. Mengingat sistem persamaan lanjar bisa diterapkan menjadi matriks, maka penggunaan matriks dan penerapan metode gauss akan membantu dalam menemukan koefisien tersebut.

II. TEORI YANG BERKAITAN

A. Sistem Persamaan Lanjar

Sistem persamaan lanjar terdiri dari gabungan satu atau lebih persamaan lanjar. Persamaan sendiri adalah suatu cara menyatakan ekspresi matematika, yang mana dalam ekspresi itu termuat tanda '=', variabel, konstanta, dan operasi matematika lain seperti $+, -, *$ dan lainnya. Disebut lanjar karena variabel yang terkandung dalam persamaan – persamaan dalam sistem tersebut paling tinggi (maksimal) memiliki pangkat = 1.

Dalam sebuah sistem persamaan lanjar, umumnya manusia berusaha menentukan solusi yakni menentukan nilai dari variabel yang memenuhi sistem persamaan tersebut. Cara menyelesaikannya secara umum dibagi menjadi dua metode yakni metode langsung dan metode tak langsung. Pada metode langsung, manusia melakukan berbagai operasi misalnya elimninasi untuk mencari solusi dari sistem persamaan tersebut. Pada metode tak langsung, dicari hampiran dari penyelesaian awal, kemudian hampiran tersebut yang diproses (diperbaiki) dalam tak berhingga.

Penulisan persamaan lanjar adalah sebagai berikut

$$ax_1 + bx_2 + \cdots + zx_n = c$$

Dapat dimisalkan penulisan sistem persamaan lanjar sebagai berikut

$$\begin{aligned} ax_1 + bx_2 + \cdots + zx_n &= c \\ dx_1 + ex_2 + \cdots + zx_n &= f \\ gx_1 + hx_2 + \cdots + zx_n &= i \\ jx_1 + kx_2 + \cdots + zx_n &= l \end{aligned}$$

Pada bentuk tersebut $x_1, x_2, \ldots, x_n$ adalah variabel, a, b, d, e, g, h, j, k adalah koefisien dari variabel. Koefisien adalah suatu nilai yang menjadi pengali pada variabel yang ditempelnya. Sedangkan c, f, i, l adalah konstanta. Dalam sistem ini umumnya ditujukan untuk mencari nilai dari $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

Ada tiga kemugkinan solusi sistem persamaan lanjar: unik, banyak, dan tidak memiliki solusi.
Dapat digunakan metode eliminasi untuk menentukan nilai tersebut. Eliminasi dilakukan dengan cara membandingkan dua buah persamaan dan berusaha menghilangkan suatu variabel, sehingga pada akhirnya dapat ditemui suatu variabel beserta nilai-nya (nilai diperoleh dari konstanta). Meski cukup sederhana,

eliminasi tidak selalu menjadi metode yang paling menguntungkan. Contoh keadaan eliminasi menjadi cukup sulit adalah bila ada banyak variabel yang terlibat dalam persamaan. Manusia harus menghilangkan satu persatu variabel dan setelah melewati langkah yang panjang barulah ditemukan solusi.

Sistem persamaan lanjar dapat dituliskan ke dalam bentuk matriks. Matriks sendiri adalah suatu fasilitas bantuan dalam matematika yang bisa digunakan untuk menentukan solusi dari permasalahan lanjar.

B.Matriks

Matriks adalah suatu susunan bilangan yang diatur dalam baris dan kolom, Bilangan – bilangan dalam susunan itu disebut elemen dari matriks. Suatu matriks diberi nama dengan menggunakan huruf kapital seperti A,B,C sedangkan anggotanya dituliskan dalam huruf kecil dengan notasi alamat pada matriks tersebut a_{ij} , yang mana i menyatakan indeks baris letak unsur tersebut dan j menyatakan indeks kolom letak unsur tersebut. Baris pada matriks adalah sebutan untuk elemen matriks dalam letaknya secara horizontal, sedangkan kolom adalah sebutan untuk elemen matriks dalam letaknya secara vertikal. Bentuk umum matriks adalah sebagi berikut:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Dalam bentuk umum tersebut m adalah banyaknya baris sedangkan n adalah banaknya kolom. Dapat diperhatikan contoh penulisan matriks berikut

$$\mathrm{A} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

Dapat dilihat bahwa a dan b, c dan d terletak pada baris yang sama; a dan c, b dan terletak pada kolom yang sama. Adapun jumlah baris dan kolom pada matriks tidak harus selalu sama, jumlah tersebut menentukan bentuk matriks. Bila baris dan kolom tidak sama, maka matiks tersebut menjadi matriks persegipanjang, sedangkan bila sama menjadi matriks persegi.Masih ada beberapa jenis matriks lainnya seperti matriks identitas, matriks nol, matriks skalar dan lainnya. Matriks yang lebih dibahas pada makalah ini adalah matriks segitiga atas dan matriks eselon mengingat keduanya berkaitan dengen pencarian solusi yang akan lebih dibahas pada bagian eliminasi gauss. Matriks segitiga atas adalah matriks persegi yang semua unsur di bawah diagonal utamanya nol [2].

Contoh:

$$\mathrm{A} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 4 & 6 \\ 0 & 0 & 5 \end{bmatrix}$$

Matriks segitiga bawah adalah matriks persegi yang semua unsur diatas diagonal utamnya nol[2].

Contoh:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & 0 \\ 3 & 6 & 5 \end{bmatrix}$$

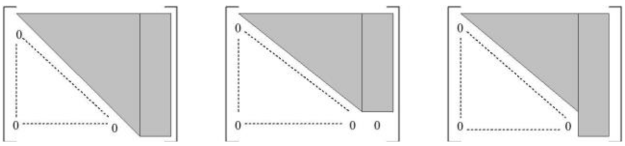
Matriks biasa dapat diubah menjadi matriks eselon melalui metode gauss. Tujuan pengubahan menjadi matriks eselon adalah untuk menentukan solusi dari sistm persamaan lanjar. Sistem persamaan lanjar dapat dituliskan ke dalam bentuk matriks dengan dipisahkan antara koefisien, variabel, dan konstanta. Seluruh koefisien ditempatkan pada sebuah matriks, yang mana satu kolom mewakili satu variabel dan satu baris mewakili satu persamaan. Setelah itu, daftar variabel diletakkan dalam satu kolom (terpisah degan matriks koefisien). Berikan tanda sama dengan '=', lalu pada ruas kiri sama dengan diberikan hasil dari persamaan yang dituliskan ke bawah. Sebagai contoh, sistem persamaan lanjar pada bagian sebelumnya diubah menjadi bentuk matriks. Maka untuk bentuk $AX = B$

$$\mathrm{A} = \begin{bmatrix} a & \cdots & z \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ j & \cdots & z \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \qquad \mathrm{B} = \begin{bmatrix} c \\ f \\ \dots \\ l \end{bmatrix}$$

Matriks gabungan A dan B disebut sebagai matriks *augmented* dari sistem persamaan lanjar. Matriks inilah yang menjadi matriks yang digunakan dalam perhitungan metode gauss.

Metode gauss pada intinya berusaha mengubah matriks bisa menjadi matriks segitiga atas dengan operasi baris elementer. Bentuk segitiga tersebut dapat diselesaikan dengan sulih mundur. Operasi barus elementer terdiri dari menukar dua buah baris pada matriks, mengalikan sebuah baris dengan suatu nilai (nilai tidak boleh nol), dan menambah dua buah baris (atau dengan kelipatan suatu baris). Langkah – langkah untuk melakukan eliminasi adalah berikut: hilangkan variabel x_1 dari persamaan yang bukan persamaan pertama. Tujuannya adalah menyisakan hanya sebuah x_1 pada persamaan pertama sehingga menuju ke arah matriks eselon. Setelah itu, dilakukan juga eliminasi pada persamaan lainnya, pada variabel x yang lain sehingga terbentuk matriks eselon. Proses bisa dilakukan melalui OBE hingga terwujud matriks eselon. Matriks eselon adalah matriks yang pada setiap baris, angka pertama selain 0 harus 1. Baris 0 harus terletak pada baris akhir matriks. Angka 1 pada baris di bawah baris yang memiliki angka 1 utama harus lebih kanan. Setelah terjadi matriks eselon, dapat dilihat solusi dari matriks tersebut.



solusi unik   solusi banyak   tidak ada solusi

Gambar 1. Solusi Matriks

C.Reaksi Kimia

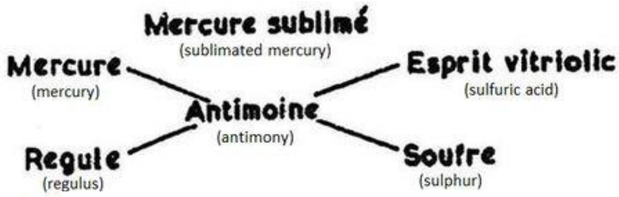
Reaksi kimia terjadi saat satu atau lebih zat mengalami perubahan menjadi zat baru, dengan keterangan zat baru tersebut memiliki sifat yang berbeda dari zat penyusunnya. Ilmu pengetahuan telah memungkinkan manusia untuk mengira produk apa yang tercipta dari persamaan reaksi dengan mempelajari pengelompokan reaksi.Reaksi kimia dituliskan dengan notasi berikut

$$xA_aB_b + yC_cD_d \rightarrow uA_eD_f + vB_gC_h$$

Dalam reaksi tersebut diperlukan koefisien yang setara antara reaktan dan produk. Koefisien menandakan perbandingan jumlah molekul dalam suatu reaksi. Manusia perlu menebak koefisien sehingga terjadi keseimbangan komponen penyusun dan hasil. Sebenarnya reaksi kimia sendiri bisa merupakan reaksi menghasilkan (dengan tanda panah dari reaktan ke produk) atau reaksi kesetimbangan (dengan tanda panah ke reaktan dan ke produk), namun keduanya tetap membutuhkan koefisien yang setara. Pada reaksi kimia berlaku hukum – hukum yang membuat reaksi tersebut dinyatakan valid, sebut saja Hukum Avogadro, Hukum Perbandingan Berganda, Hukum Kekekalan Massa dan lainnya.

III. SEJARAH DAN TEMPAT SISTEM PERSAMAAN LINEAR DAN MATRIKS DALAM REAKSI

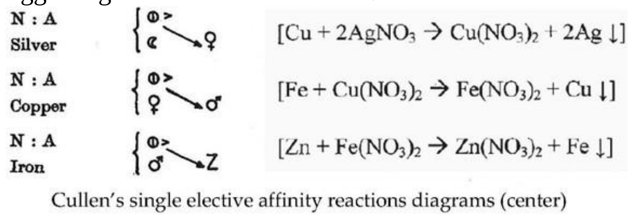
Menurut sejarahnya, penyetaraan reaksi kimia tidak langsung dilakukan dengan notasi *modern*. Pada mulanya, reaksi kimia dituliskan dalam bentuk diagram. Jean Beguin dalam bukunya membuat persamaan kimia (yang disebut – sebut adalah yang pertama) dalam bentuk diagram rekasi. Pada diagram ini terjadi reaksi antara hgcl2 dan sb2s3



Gambar 2. Representasi Beguin

Dapat dilihat bahwa dalam diagram ini, masih kurang jelas antara reaktan dan produk. Pembaca perlu mengerti mengenai persatuan aunsur dan hubungan antara atom – atom baru ia bisa membaca reaksi kimia yang berlangsung. Dapat dilihat pula bahwa tidak ada koefisien seperti notasi modern yang menandakan kesetaraan pada suatu reaksi. Zaman terus berkembang dan ilmu pengetahuan tidak tertinggal berkembang. Bahkan,pada abad ke-19 tepatnya pada 1811, barulah ditemukan ketentuan untuk menuliskan symbol kimia, yakni dengan menuliskan lambang elemen tersebut satu atau dua huruf oleh Jöns Berzelius. Berzelius juga menentukan teori penting pada kombinasi yang terjadi di kimia yang menyatakan bahwa reaksi terjadi saat sekelompok atum dalam grup yang stabil melakukan pertukaran antar molekul[1]

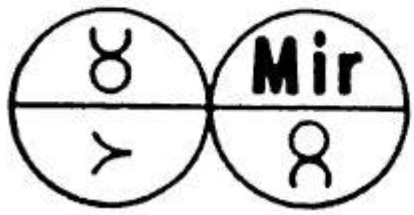
Menurut sumber [2] persamaan kimia pertama yang benar dipublikasikan oleh Universities of Glasgow, William Cullen, dan kawan yang saat itu sedang mengembangkan cabang ilmu kimia afinitas. Afinitas adalah kecenderungan molekul untuk bergabung dengan molekul lainnya. Mereka memulai peletakkan tanda → pada sebuah reaksi. Tanda panah tersebut digunakan untuk menunjukkan kekuatan afinitas dari elemen / senyawa reaktan, kemudian digunakan tanda kurung kurawal { yang menandakan spesi mana yang bergabung. Cullen menentukan penggabungan senyawa dari suatu tabel yang dibuat oleh Geoffroy. Dengan merujuk pada ketertarikan antar unsur, ia bisa menentukan penggabungan dari unsur – unsur itu.



Gambar 3. Diagram Cullen

Sama halnya dengan diagram sebelumnya, hasil ini masih jauh dari penulisan reaksi modern sekarang ini. Pada saat itu pula memang ilmu pengetahuan belum cukup lengkap untuk menentukan penggabungan senyawa secara konkret.

Joseph Black memberikan kemajuan dalam persamaan kimia ini. Ia adalah murid dari Cullen yang memberikan diagram yang dimodifikasi sedemikian hingga mulai muncul konsep molekul sebagai hasil penggabungan antara atom dan lainnya. Black mendapatkan ilmu dari Cullen dan mengembangkannya. Ia mencoba melambangkan unsur tersebut dengan lambang,dan lambang tersebut dimasukkan ke dalam lingkaran lingkaran. Setiap setengah lingkaran pada gambar tersebut meerupakan atom. Contoh diagram adalah sebagai berikut

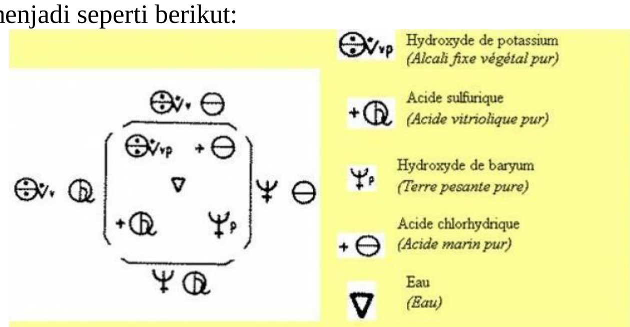


Gambar 4. Diagram Joseph Black

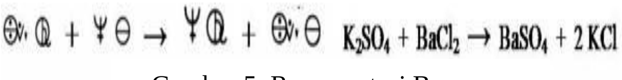
= alkali folatil, = asam apapun ,**Mir**is CO2,  = alkali.

Diagram ini menunjukkan bahwa pencampuran alkali dan asam lemah dengan asam kuat akan membuat alkali itu menjadi asam.

Representasi reaksi secara skematik dilakukan pada 1756 pada *Chemistry Course of Cullen and Black* namun tidak dipublikasikan. Kemudian Bergman sebagai tokoh memberikan kemajuan lain. Bergman memberikan representasi relatifitas afinitas dengan menggunakan simbol alkemi. Simbol tersebut digunakan untuk menentukan nilai dari afinitas dengan modifikasi pada symbol dan tambahan kurung. Penggambaran tersebut menjadi seperti berikut:



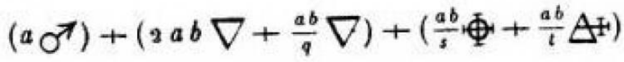
Gambar 3.1 Representasi Bergman



Gambar 5. Representasi Bergman

Representasi di atas sebenarnya hendak menunjukkan reaksi yang terjadi yakni K2SO4 + BaCl2 -> BaSO4 + 2KCl

Bila dilakukan perbandingan antara penulisan reaksi tersebut (yang dianggap sudah modern) pada zamannya dengan sekarang, terlihat perbedaan kompleksitas. Pada saat itu belum tentu semua orang mengerti alkemi. Lavoisier dalam makalahnya memberikan represtansi persamaan kimia dengan lebih jelas yang untuk pertama kalinya melibatkan $+ - =$ dengan contoh sebagai berikut



Gambar 6. Representasi Lavoisier

Pada persamaan di atas, dapat dilihat konsep menuju arah notasi modern. Dengan adanya lambang bagi unsur dan juga lambang untuk menandakan jumlah dari unsur. Dari perkembangan – perkembangan tersebut, akhirnya ilmu pengetahuan menemukan jalan untuk menjadika penulisan persamaan kimia lebih praktis namun tidak menghilangkan ketepatannya. Dapat dilihat betapa matematika membantu khususnya konsep persamaan linear dan matriks. Pencarian solusi lewat matematika membuat manusia bisa mewujudkan kima teori dengan lebih baik. Dapat dikatakan persamaan linear dan matriks membantu membuat persamaan kimia menjadi lebih baik.

IV. Penerapan Dalam Penyetaraan Reaksi

Dalam kimia, dibutuhkan perataan koefisien dalam persamaan linier. Persamaan dikatakan setara bila terdapat jumlah di kiri sama degan jumlah di kanan. Menurut hukum kekekalan massa, jumlah masa produk akan sama dengan jumlah massa hasil reaksi. Setiap molekul sebelum dan sesudah reaksi harus memiliki jumlah yang sama.

Untuk melakukan penyetaraan tersebut, dapat dilakukan penerapan sistem persamaan linier. Setiap molekul dalam setiap senyawa yang menjadi reaktan pada suatu reaksi akan disamakan jumlahnya dengan setiap molekul dalam setiap senyawa pada hasil reaksi. Penyamaan tersebut dilakukan dengan memberikan koefisien sebagai pengali bagi tiap senyawa. Angka dari koefisien tersebut diatur sedemikian hingga tujuan penyetaraan reaksi tercapai. Secara umum dapat dicontohkan sebagai berikut

$$xA_aB_b + yC_cD_d \rightarrow uA_eD_f + vB_gC_h$$

dengan

$$x * a = u * e$$
$$x * b = v * g$$
$$y * c = u * f$$
$$y * d = v * h$$

Bentuk umum ini adalah bentuk reaksi yang umum terjadi. Meski demikian, tidak semua reaksi memiliki bentuk demikian. Pada reaksi, bisa saja dihasilkan produk yang merupakan gabungan dari reaktan di sebelah kiri sehingga benar – benar berubah. Hal yang tetap sama adalah bahwa molekul reaktan harus sama dengan molekul produk. Misal

$$A + B \rightarrow C$$

Hubungan dan penggabungan unsur, penentuan hasil apa yang terwujud antara suatu reaktan dengan reaktan lainnya dipelajari dalam kimia.

Matematika membantu penerapannya dengan memecahkan bagaimana kedua reaksi tersebut dapat setara lewat koefisien. Hal utama yang perlu dilakukan adalah menebak koefisien tersebut. Penentuan nilai koefisien tersebut dapat dilakukan dengan menebak atau melalui penerapan persamaan linier seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Dapat dikatakan, sistem persamaan linier akan menghasilkan solusi bagi nilai – nilai yang dibutuhkan. Sebagaimana telah diungkit pada bagian teori yang berkaitan, pemecahan solusi dari sebuah sistem persamaan linier dapat dilakukan dengan berbagai metode yang salah satunya adalah pengubahan dalam bentuk matriks.

Pada matriks tersebut akan diperoleh solusi, entah solusi unik atau solusi banyak. Pada solusi unik, maka ada suatu nilai pasti untuk setiap koefisien yang dibutuhkan. Pada solusi banyak, nilai dari koefisien saling bergantung, maka pengguna perlu memilih suatu nilai sehingga tercipta reaksi yang setara.

Pembahasan mengenai penerapan sistem persamaan linier dan matriks ini akan lebih dimengerti
Contoh:

$$AlBr_3 {}_+ K_2SO_4 \rightarrow KBr + Al_2(SO_4)_3$$

Bentuk ini dapat disesuaikan dengan bentuk umum yang telah dibuat sebelumnya:

$$x(AlBr_3) + y(K_2SO_4) \rightarrow u(KBr) + v(Al_2(SO_4)_3)$$

Dapat kita pecah bagian – bagian dari senyawa menjadi
A = Al, B = Br, C = K, D = S, E = 0
maka, harus didapat koefisien sehingga
untuk Aluminium (Al): $x * 1 = v * 2$
untuk Barium (Br) :$x * 3 = u * 1$
untuk Kalium (K) :$y * 2 = u * 1$
untuk Sulfur (S) :$y * 1 = v * 3$
untuk Oksigen (O) : $y * 4 = v * 4 * 3 = v * 12$

Bila diubah ke dalam bentuk persamaan linear:

$$x - 2v = 0$$
$$3x - u = 0$$
$$2y - u = 0$$
$$y - 3v = 0$$
$$4y - 12v = 0$$

Persamaan tersebut dapat diselesaikan dalam bentuk matriks berikut

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 3 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & -12 & 0 \end{array}\right]$$

Matriks ini dapat diubah sehingga menjadi matriks eselon dengan langkah sebagai berikut

R2 – 3R1
R3 – 2R4

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 6 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & -12 & 0 \end{array}\right]$$

R2 <-> R4
R3*-1
R4/4

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -6 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -6 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -3 & 0 \end{array}\right]$$

R4-R3
R5-R2

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right]$$

Setelah terbentuk matriks eselon, dapat dilihat bahwa matriks memiliki solusi banyak. Dapat dibentuk persamaan sebagai berikut

$$x - 2v = 0$$
$$y - 3v = 0$$
$$u - 6v = 0$$

Misalkan $v = a$
Maka didapat solusi dari persamaan ini adalah
$x = 2a, y = 3a, u = 6a$

Suatu persamaan yang memiliki solusi banyak memungkinkan adanya beragam nilai yang memenuhi persamaan tersebut. Dalam hal ini, berarti ada banyak nilai yang bisa digunakan untuk membuat persamaan kimia ini setara. Kita sudah mendapatkan hubungan antara masing – masing nilai variabel, ternyata nilai – nilai tersebut bergantung pada suatu nilai yakni koefisien v. Misalkan kita lakukan sulih $v = 1$. Dari sana didapatkan

$$x = 2, y = 3, u = 6$$

Nilai – nilai tersebut dimasukkan ke dalam reaksi kimia yang terjadi menjadi

$$2(AlBr_3)+3(K_2SO_4) \rightarrow 6(KBr) + Al_2(SO_4)_3$$

Dapat dilakukan pemastian dengan cara berikut
untuk Aluminium (Al): $2 * 1 = 1 * 2$
untuk Barium (Br) :$2 * 3 = 6 * 1$
untuk Kalium (K) :$3 * 2 = 6 * 1$
untuk Sulfur (S) :$3 * 1 = 1 * 3$
untuk Oksigen (O) : $3 * 4 = 1 * 4 * 3 = 1 * 12$

Karena didapati hasil yang setara antara molekul reaktan (di sebelah kiri reaksi) dan molekul hasil (di sebelah kanan reaksi) maka penyetaraan persamaan dinyatakan berhasil.

V. KESIMPULAN

Penggunaan sistem persamaan lanjar dan matriks dalam penyetaraan reaksi kimia sangatlah berguna, yakni dalam menentukan koefisien pada senyawa reaktan dan produk. Penerapan ini perlu melewati proses yang panjang hingga akhirnya diterapkan seperti sekarang ini. Penggunaan notasi modern $xA_aB_b + yC_cD_d \rightarrow uA_eD_f + vB_gC_h$ sangat memudahkan, sehingga dapat dikatakan sistem persamaan lanjar memberikan peranan baik dalam penyetaraan reaksi kimia.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Tuhan YME, atas penyertaan-Nya makalah ini dapat terselesaikan. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Pak Rinaldi Munir dan Pak Judhi sebagai dosen aljabar geometri yang telah memberikan ilmunya.

REFERENSI

http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/131930136/KomputasiNumerikBab2.pdf , diakses 15 Desember
http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._MATEMATIKA/196005011985032-ADE_ROHAYATI/Hands_Out_Aljabar_Matriks.pdf, diakses 15 Desember
http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/131930136/KomputasiNumerikBab2.pdf, diakes 15 Desember
http://scienceworld.wolfram.com/biography/Berzelius.html, diakses 15 Desember
http://cheminor.unipa.it/storia_chimica/doku.php?id=la_nomenclatura:le_equazioni_di_reazione, diterjemahkan dengan Google Translate, diakses 15 Desember
http://www.eoht.info/page/History+of+chemical+equations, diakses 15 Desember
http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2015-2016/algeo15-16.htm , diakses 15 Desember
Gambar1:
http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2015-2016/algeo15-16.htm, presentasi "3 kemungkinan solusi SPL"
Gambar2:
http://www.eoht.info/page/History+of+chemical+equations, diakses 15 Desember
Gambar3,4,5,6:
http://cheminor.unipa.it/storia_chimica/doku.php?id=la_nomenclatura:le_equazioni_di_reazione, diterjemahkan dengan Google Translate, diakses 15 Desember

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, 15 Desember 2015

Friska 13514042