

# **Modifikasi Metode Setengah Reaksi untuk Menyetarakan Reaksi pada Pembelajaran Konsep Reaksi Redoks dan Elektrokimia di SMA**

**Oleh: Sukisman Purtadi**  
**FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta**

## **Abstract**

Redox reaction is one of difficult concepts to be understood. It is caused mainly by existing reaction redox balancing methods that give students some difficultness. For that case, this paper was meant to discuss about modifying reaction redox balancing method so that it can be acquired more easily.

Algebra method is too mathematical. The more complex the reaction is, the more difficult its solution is. The complexity of rules of half reaction method on balancing redox reaction brings difficult understanding on students also. Even, on a particular condition, balancing process lead to break the rules.

Half reaction method modification can simplify the rule students have to rote. Simplifying the method will reduce student bourdon. By this modification method, students need just to remember that in every condition,  $\text{OH}^-$  and  $\text{H}^+$  ion is used to balance O and H atom respectively.

**Key words:** redox reaction, reaction balancing method, half reaction method modification, redox and electrochemistry

## **Pendahuluan**

**P**enelitian di beberapa negara menunjukkan bahwa sains, terutama kimia dan fisika menjadi salah satu mata pelajaran yang tidak populer di kalangan siswa (Eilks, 2005: 313). Salah satu

penyebab dari keadaan ini adalah dalam sains terutama kimia, banyak dipelajari hal-hal yang abstrak, seperti atom, bilangan oksidasi, reaksi dan energi. Keabstrakan ini, ditambah dengan banyaknya konsep yang berlawanan dengan intuisi, menurut Gabel (dalam Coll & Taylor, 2001:2), menjadikan kimia sebagai pelajaran yang kompleks. Hal ini menyebabkan banyak kesulitan bahkan miskonsepsi pada siswa. Coll & Taylor (2001:2) menyebutkan banyak penelitian yang menunjukkan bahwa terjadi kesulitan memahami konsep-konsep kimia karena ketidakmampuan menghubungkan dunia makroskopis dan mikroskopis. Konsep-konsep itu adalah konsep mol, struktur atom, teori kinetik, termodinamika, elektrokimia, perubahan kimia dan reaktivitas, penyetaraan persamaan reaksi redoks, dan stereokimia.

Dalam Kurikulum 2004 untuk Kimia SMA kelas XII materi penyetaraan persamaan reaksi redoks merupakan salah satu materi pokok yang harus diajarkan untuk menguasai standar kompetensi "menerapkan konsep reaksi redoks dalam sistem elektrokimia yang melibatkan energi listrik dan kegunaannya dalam industri". Ada dua cara untuk menyetarakan reaksi redoks yang disarankan dalam silabus, yaitu cara bilangan oksidasi dan cara setengah reaksi (ion elektron). Kedua cara ini mengharuskan siswa menghafal aturan-aturan yang justru memicu timbulnya kesulitan pada siswa.

Selain kedua cara tersebut sebenarnya telah lama dikembangkan metode untuk menyetarakan reaksi kimia, yakni metode aljabar (Olson, 1997:538). Metode ini dapat diterapkan pada reaksi redoks maupun reaksi secara umum. Sesuai dengan namanya, metode aljabar meliputi pengubahan koefisien dalam bentuk persamaan-persamaan yang kemudian diselesaikan dengan cara aljabar. Sebagian pengajar kimia menganggap metode ini terlalu matematis. Siswa yang menyukai matematika akan terbantu dengan metode ini akan tetapi siswa yang tidak menyukai matematika akan semakin menjauhi kimia.

Kesulitan yang dialami oleh siswa SMA dalam penyetaraan reaksi redoks tentu merupakan masalah yang harus segera dipecahkan karena

penyetaraan reaksi redoks adalah dasar untuk penguasaan konsep lain seperti kimia larutan, elektrokimia dan teknologinya. Cara termudah untuk menyetarakan persamaan reaksi redoks akan memudahkan siswa menguasai konsep lainnya. Oleh karena itu penulisan ini dimaksudkan untuk meninjau metode – metode penyetaraan reaksi dan kesulitan yang muncul dari metode itu untuk kemudian mencari kemungkinan pemodifikasian metode penyetaraan reaksi redoks sehingga dapat dikuasai siswa dengan lebih mudah. Dalam tulisan ini tidak semua metode yang ada dimodifikasi tetapi hanya metode setengah reaksi.

Masalah yang hendak dibahas dalam makalah ini dapat dirumuskan sebagai berikut. “Apakah modifikasi metode setengah reaksi lebih memudahkan siswa dalam penyetaraan reaksi redoks dibandingkan dengan metode lain yang sudah ada?”

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah secara hipotesis ingin diketahui metode yang lebih mudah dalam penyetaraan persamaan reaksi redoks

## **Pembahasan**

Reaksi redoks didefinisikan sebagai sebuah proses yang melibatkan perpindahan elektron dari satu reaktan ke reaktan lainnya (Silberberg, 2003: 147). Dalam kurikulum KBK 2004, konsep redoks dan elektrokimia diberikan pada kelas XII. Indikator kompetensi siswa untuk sub penyetaraan reaksi redoks adalah mampu menyetarakan persamaan reaksi redoks dengan cara bilangan oksidasi dan menyetarakan persamaan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi (ion elektron) (Depdiknas, 2003: 38).

Ada dua metode yang di bahas dalam makalah ini yaitu metode aljabar dan metode setengah reaksi. Bila dicermati kedua metode ini memberikan beberapa kesulitan pada siswa. Kesulitan dalam metode penyetaraan ini menjadikan konsep redoks dan elektrokimia menjadi salah satu konsep yang sulit. Berikut ini akan dibahas metode-metode penyetaraan persamaan reaksi redoks beserta kesulitan yang sering

ditemui siswa dan modifikasi untuk mengurangi kesulitan yang dialami siswa.

## **Metode Aljabar**

Metode aljabar dikenalkan oleh Bottemly dan dikombinasikan dengan metode inspeksi oleh Deming pada tahun 1948 (Olson, 1997: 538). Metode ini berkembang tidak hanya untuk reaksi sederhana tapi juga untuk reaksi redoks dengan perubahan bilangan oksidasi lebih dari satu pada satu reaktan. Olson (1997: 538) mengadakan suatu analisis untuk mendapatkan kondisi yang terlibat dalam penyetaraan reaksi redoks dengan cara matematis ini. Ada tiga kondisi yang harus dipenuhi oleh suatu reaksi setara.

### **a. kondisi 1: kesetaraan atom (KA)**

Kesetaraan atom atau materi pertama kali diperkenalkan oleh Bottemly pada tahun 1879 (Olson, 1997: 538). Bentuk umum untuk setiap element yang terlibat dalam reaksi kimia adalah:

jumlah atom pada sisi reaktan = jumlah atom pada sisi produk.

Persamaan ini digunakan untuk unsur yang sama. Dengan demikian, jumlah persamaan yang dibentuk akan sama dengan jumlah macam unsur yang terlibat dalam reaksi.

### **b. kondisi 2 : kesetaraan muatan (KM)**

Kesetaraan muatan diperkenalkan oleh Bennett pada tahun 1954 (Olson, 1997: 538). Kesetaraan ini didasarkan pada pernyataan bahwa total muatan dalam reaksi kimia tidak berubah (terkonservasi). Bentuk umum dari persamaan ini adalah:

jumlah muatan pada sisi reaktan = jumlah muatan pada sisi produk

### **c. kondisi 3 : kesetaraan oksidasi – reduksi (KOR)**

Reaksi oksidasi – reduksi dapat dianggap sebagai reaksi yang melibatkan transfer elektron. Jumlah elektron yang ditransfer terkonservasi

dan dapat didefinisikan dalam bentuk perubahan bilangan oksidasi. Nilai absolut dari berbagai bilangan oksidasi dari atom pada kedua sisi reaksi menunjuk pada perubahan bilangan oksidasi. Pernyataan umumnya dapat dinyatakan sebagai berikut.

jumlah oksidasi = jumlah reduksi.

Secara skematik persamaan ini dapat diturunkan menjadi beberapa persamaan berikut.

$$(\text{OKS})_{\text{R}} = (\text{RED})_{\text{R}}$$

$$(\text{OKS})_{\text{P}} = (\text{RED})_{\text{P}}$$

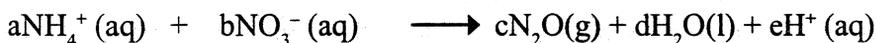
$$(\text{OKS})_{\text{R}} = (\text{RED})_{\text{P}}$$

$$(\text{OKS})_{\text{P}} = (\text{RED})_{\text{R}}$$

$$(\text{RED})_{\text{R}} = (\text{RED})_{\text{P}}$$

$$(\text{OKS})_{\text{R}} = (\text{OKS})_{\text{P}}$$

Metode aljabar melibatkan penulisan koefisien reaksi dalam variabel a, b, c, .... yang merupakan bilangan bulat dan penggabungan ketiga kondisi reaksi di atas untuk membentuk persamaan matematis. Misalnya reaksi berikut.



Ada tiga unsur yang terlibat dalam reaksi tersebut. Berdasarkan KA, dapat dibentuk tiga persamaan berikut.

$$\text{N} : a + b = 2c$$

$$\text{H} : 4a = 2d + e$$

$$\text{O} : 3b = c + d$$

Persamaan yang dibentuk berdasarkan KM adalah

$$a(+1) + b(-1) = e(+1)$$

Untuk KOR, dapat dilihat bahwa bilangan oksidasi N(a) berubah dari -3 menjadi +1 (N c) dan N (b) berubah dari +5 menjadi +1. Persa-

maan yang dapat dibentuk adalah

$$a(4) = b(4)$$

Kelima persamaan tersebut diselesaikan dengan metode aljabar sehingga diperoleh  $a = 1$ ,  $b = 1$ ,  $c = 1$ ,  $d = 2$  dan  $e = 0$ . Reaksi setara yang dihasilkan adalah



Pengajar kimia dan siswa yang menyukai matematika cenderung memilih metode ini meskipun seringkali aturan kondisi di atas sering diabaikan. Mereka lebih menekankan penyusunan persamaan-persamaan yang kemudian diselesaikan secara matematis.

Metode ini juga sering dipilih untuk menyelesaikan persamaan reaksi yang kompleks. Misalnya untuk reaksi berikut ini.



Reaksi di atas dikenal sebagai reaksi monster (Stout, 1995: 1125; Ludwig, 1996: 507; Nelson, 1997:1256; ten Hoor, 1997: 1367) karena rumit dan sukar disetarakan.

Metode aljabar (persamaan linear) dengan menekankan kesetaraan massa dianggap sebagai cara termudah untuk menyelesaikan persamaan ini (Nelson, 1997:1256; ten Hoor, 1997: 1367). Nelson (1997:1256) menunjukkan bahwa dengan metode aljabar, reaksi ini dikerjakan dalam waktu 2 jam efektif.

Jumlah setiap unsur harus sama pada kedua sisinya. Dimulai dengan meletakkan bilangan bulat  $a$  hingga  $i$  sebagai koefisien reaksinya.



Persamaan yang terbentuk adalah sebagai berikut.

Cr	:	$7a = 2d$
N	:	$66a = g$
C	:	$96a + 2c = 2i$

$$\begin{array}{ll}
 \text{O (selain dalam SO}_4^{2-}) & : \quad 42a = f \\
 \text{K} & : \quad b = 2d + g + 2h \\
 \text{Mn} & : \quad b = e \\
 \text{SO}_4^{2-} \text{ (tidak terpecah)} & : \quad c = e + h
 \end{array}$$

Langkah berikutnya adalah menyelesaikan persamaan tersebut dengan mengeliminasi setiap variable yang mungkin.

$$C = e + h \qquad b = e; b = 2d + g + 2h$$

$$C = (2d + g + 2h) + h \qquad 96a + 2c = 2i$$

$$96a + 2(2d + g + 3h) = 2i$$

$$24a + 4b = 7d + 2f + 3g + [48a + (2d + g + 3h)]$$

$$4b = 24a + 9d + 2f + 4g + 3h \qquad d = 3,5a$$

$$4b = 24a + 31,5a + 84a + 264a + 3h \qquad h = 0,5b - d - 0,5g$$

$$h = 0,5b - 3,5a - 33a$$

$$4b = 403,5a + 1,5b - 10,5a - 99a$$

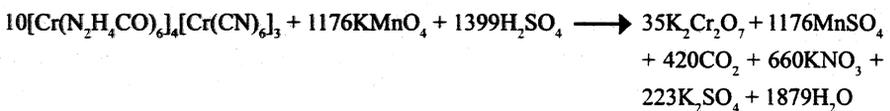
$$2,5b = 294a$$

(pada titik ini, karena  $d = 3,5a$ , koefisien didepan  $b$  harus genap)

$$10b = 1176a$$

(karena  $a$  harus genap maka dipilih 10 untuk angka didepan  $b$ )

Dengan menggunakan  $a = 10$  dan  $b = 1176$  maka penyelesaian setara dari reaksi ini menjadi



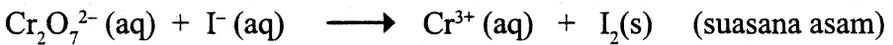
Dari contoh di atas, tampak bahwa kesulitan yang ditemui pada metode aljabar muncul terutama jika siswa sudah enggan dengan matematika. Siswa dihadapkan pada aturan tentang kesetaraan (tiga kondisi) kemudian masuk pada area aljabar untuk menyelesaikan persamaan yang dibentuk. Semakin kompleks reaksi yang diberikan, semakin banyak persamaan yang dibentuk akan semakin sukar pula penyelesaiannya. Sebagaimana pengajar kimia malah menganggap bahwa metode ini lebih cenderung matematis daripada kimia.

## Metode setengah reaksi

Langkah-langkah untuk menyetarakan reaksi redoks dengan menggunakan metode setengah reaksi adalah sebagai berikut.

- a. membagi reaksi menjadi setengah reaksi
- b. menyetarakan jumlah atom dan muatan dalam setiap setengah reaksi
  - 1) jumlah atom disetarakan dengan urutan sebagai berikut: atom selain O dan H kemudian O dan terakhir H
  - 2) dalam suasana asam jumlah O di setarakan dengan menambahkan  $H_2O$  dan jumlah H dengan  $H^+$  dalam suasana basa jumlah O di setarakan dengan menambahkan  $OH^-$  dan jumlah H dengan  $H_2O$  penambahan dilakukan pada hanya sisi yang kekurangan
  - 3) muatan disetarakan dengan menambahkan  $e^-$
- c. bila perlu, mengalikan setengah reaksi dengan bilangan bulat
- d. menjumlahkan setengah reaksi
- e. memastikan jumlah atom dan muatan sudah setara (Silberberg, 2003: 894 – 896)

Contoh penyetaraan reaksi dengan metode setengah reaksi, sebagai berikut.



Sesuai dengan penjelasan di atas langkah-langkah untuk menyetarakan reaksi tersebut adalah sebagai berikut.

Langkah pertama, membagi reaksi ke dalam setengah reaksi yang masing-masing mengandung bentuk oksidasi dan reduksi dari satu spesies



Langkah kedua, menyetarakan jumlah atom dan muatannya

Untuk setengah reaksi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$  dimulai dari menyamakan jumlah Cr dengan memberikan koefisien 2 di kanan



Menyetarakan jumlah O dengan menambah  $\text{H}_2\text{O}$  pada bagian yang kekurangan O. Karena di sebelah kiri ada 7 O, sebelah kanan ditambah dengan 7  $\text{H}_2\text{O}$



Jumlah H di sebelah kiri disetarakan dengan menambahkan  $\text{H}^+$ . Ada 14 H di sebelah kanan maka di sebelah kiri ditambah 14  $\text{H}^+$ .



Jumlah muatan disetarakan dengan menambahkan  $e^-$ . Jumlah muatan di sebelah kiri adalah  $(-2) + (+14) = +12$  dan sebelah kanan adalah  $2(+3) = +6$ . ada kelebihan 6 muatan di sebelah kiri sehingga perlu ditambahkan 6  $e^-$  pada bagian kiri.



Karena menangkap  $e^-$  maka bagian ini disebut reduksi.

Untuk setengah reaksi  $\text{I}^-/\text{I}_2$  dimulai dari menyamakan jumlah I dengan memberikan koefisien 2 pada sebelah kiri



Jumlah atom di sebelah kiri dan kanan sudah setara, tidak diperlukan penambahan O dan H. Jumlah muatan di sebelah kiri adalah  $2(-1) = -2$  dan di sebelah kanan 0, sehingga di sebelah kanan perlu ditambahkan 2  $e^-$



Karena melepaskan  $e^-$  maka bagian ini disebut oksidasi

Langkah ketiga, mengalikan setengah reaksi dengan bilangan bulat

untuk menyamakan jumlah atom yang diperlukan reduksi dan oksidasi. Bagian reduksi menangkap  $6 e^-$  dan oksidasi melepaskan  $2 e^-$ , sehingga bagian oksidasi dikalikan 3



Langkah keempat, menjumlahkan reaksi dan menghilangkan spesi yang muncul pada kedua sisi reaksi.



Langkah kelima, memastikan jumlah atom dan muatan sudah setara ( $6I; 14H; 2Cr; 7O; 6+$   $\longrightarrow$   $6I; 14H; 2Cr; 7O; 6+$ )

Reaksi redoks dalam suasana basa disetarakan dengan cara yang sama. Perbedaannya terletak pada cara menyetarakan jumlah atom O dan H. Pada suasana basa tidak digunakan pasangan  $H^+$  dan  $H_2O$ , tetapi  $OH^-$  dan  $H_2O$

Dari contoh di atas, ketidaksederhanaan aturan untuk penyetaraan persamaan reaksi dengan metode setengah reaksi juga menjadi pemicu kesulitan bagi siswa. Bahkan pada keadaan tertentu, penyelesaian masalah lebih memilih untuk tidak mematuhi aturan yang diberikan.

Beberapa buku memberikan contoh penyelesaian penyetaraan persamaan reaksi redoks dengan tidak mematuhi aturan. Misalnya penyelesaian penyetaraan persamaan reaksi redoks dalam Silberberg (2003: 897) dan Brady (2003: 204) berikut ini.



Langkah – langkah penyetaraannya sebagai berikut.

- 1) membagi menjadi setengah reaksi



2) menyetarakan

- a. atom selain O dan H. Pada setengah reaksi yang pertama, tidak diperlukan penyetaraan karena jumlah atom Mn di sebelah kiri dan kanan sama. Untuk setengah reaksi kedua, pada sisi sebelah kiri terdapat 2 C dan sebelah kanan ada 1 sehingga sisi kanan dikalikan 2 (dua)



- b. atom O dengan  $\text{OH}^-$

Langkah yang lebih rinci dari Brady (1999: 204) adalah sebagai berikut.

- 1) untuk membuat setimbang sebuah atom oksigen, tambahkan  $\text{OH}^-$  pada sisi yang kekurangan oksigen dan pada sisi lainnya tambahkan molekul  $\text{H}_2\text{O}$



- 2) untuk membuat setimbang atom H, tambahkan satu molekul  $\text{H}_2\text{O}$  pada sisi yang kekurangan H dan pada sisi lainnya ditambah dengan satu  $\text{OH}^-$

kedua langkah ini bukan langkah yang sederhana, seperti dituliskan oleh Brady (1999: 204). Perhatikan bahwa siswa akan mengalami kebingungan dengan dua langkah di atas. Hal ini terjadi saat siswa harus menyeimbangkan atom H setelah atom O. Atom O akan muncul lagi sebagai akibat penambahan  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{OH}^-$  yang berarti siswa harus bekerja dua kali. Meskipun siswa dapat mencapai reaksi berikut, hal ini sangat sulit bagi sebagian besar siswa.



Reaksi ini diselesaikan dengan menganggap seolah-olah berlangsung dalam suasana asam untuk memudahkannya. Langkah penyetaraan

dimulai dengan menyeimbangkan atom O dengan H<sub>2</sub>O. Untuk setengah reaksi pertama, jumlah O disebelah kiri adalah 4 dan sebelah kanan 2 sehingga perlu ditambahkan dua buah H<sub>2</sub>O pada sisi kanan. Untuk setengah reaksi kedua, pada sisi kiri terdapat 4 O dan pada sisi kanan terdapat 6, sehingga perlu ditambahkan 2 H<sub>2</sub>O pada sisi sebelah kiri.



c. atom H dengan H<sup>+</sup>.

Untuk setengah reaksi pertama jumlah H pada sebelah kanan menjadi 4 dan sebelah kiri 0. Untuk setengah reaksi kedua, 0 untuk sisi kanan dan 4 untuk sisi kiri. Keduanya disetarakan dengan menambahkan 4 H<sup>+</sup> pada sisi kiri setengah reaksi pertama dan sisi kanan pada setengah reaksi kedua



d. muatan dengan e<sup>-</sup>.

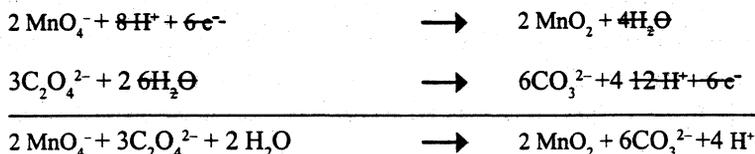
Pada setengah reaksi pertama, jumlah muatan sisi kiri adalah 3+ dan kanan 0, sehingga perlu ditambahkan 3 e<sup>-</sup> pada sisi kiri. Pada reaksi kedua, jumlah muatan sisi kiri adalah 2<sup>-</sup> dan sisi kanan adalah 0, sehingga perlu ditambahkan 2 e<sup>-</sup> pada sisi kanan



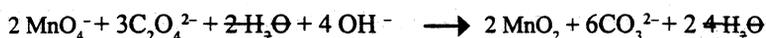
3) mengalikan dengan bilangan bulat untuk menyetarakan e<sup>-</sup>. Setengah reaksi pertama dikalikan dengan 2 dan yang kedua dengan 3



4) menjumlahkan setengah reaksi dan menghilangkan spesies yang muncul di kedua sisi



- 5) menambahkan OH<sup>-</sup> untuk menetralkan H<sup>+</sup> pada kedua sisi. Pada reaksi ini ada 2 H<sup>+</sup> yang harus dinetralkan



Hasil akhirnya adalah



- 6) memastikan bahwa jumlah atom dan muatan sudah setara (2Mn; 24O; 6C; 4H; 12-)  $\longrightarrow$  (2Mn; 24O; 6C; 4H; 12-)

### Modifikasi Metode Setengah Reaksi

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, untuk menyetarakan persamaan reaksi redoks dengan metode setengah reaksi, siswa perlu melihat apakah reaksi berlangsung dalam suasana asam atau basa. Aturan penyelarasan untuk kedua suasana tersebut berbeda. Aturan ini menyulitkan siswa terutama pada awal pengenalan mereka dengan reaksi redoks.

Langkah yang menganggap reaksi dalam suasana basa diselesaikan seolah – olah berlangsung dalam suasana asam diatas mengindikasikan bahwa dalam proses penyelarasan reaksi tidak harus berpatokan bahwa dalam basa tidak dapat dihasilkan H<sup>+</sup> dan dalam asam tidak dihasilkan OH<sup>-</sup>. Pengandaian ini memberikan jalan bahwa proses penyelarasan dapat lepas dari aturan tersebut dan tujuan utamanya lebih pada tercapainya reaksi setara. Sebagaimana dikemukakan oleh Fishtik & Berka (2005:557), stoikiometri kimia sendiri tidak memberikan satu cara pasti untuk memilih rangkaian sistem reaksi kimia (dalam hubungan-

nya dengan setengah reaksi). Hal yang pasti dari reaksi kimia adalah adanya kekekalan massa. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi metode yang mengarahkan pada penyederhanaan aturan sehingga siswa lebih mudah mengingatnya.

Modifikasi dilakukan dengan syarat bahwa reaksi berlangsung dalam larutan dalam air. Hal yang perlu ditekankan pada siswa cukup sederhana, yaitu air ( $H_2O$ ) dapat membentuk ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dan sebaliknya. Pada suasana apapun ion  $OH^-$  digunakan untuk menyeimbangkan jumlah atom O, dan ion  $H^+$  untuk H. Suasana asam atau basa diperhatikan setelah reaksi total setara. Untuk suasana asam tambahkan  $H^+$  dan basa ditambahkan  $OH^-$ . Bila  $H^+$  dan  $OH^-$  bertemu dalam satu sisi, keduanya bergabung menjadi  $H_2O$ . Jumlah ion  $H^+$  atau  $OH^-$  yang ditambahkan sama dengan ion  $OH^-$  atau  $H^+$  yang ada.

Langkah secara umum dari metode setengah reaksi yang dimodifikasi ini adalah sebagai berikut.

- a. membagi reaksi menjadi setengah reaksi
- b. menyetarakan jumlah atom dan muatan dalam setiap setengah reaksi
  - 1) jumlah atom disetarakan dengan urutan sebagai berikut: atom selain O dan H kemudian O dan terakhir H
  - 2) dalam suasana apapun, tambahkan  $OH^-$  untuk sisi yang kekurangan O dan  $H^+$  untuk sisi yang kekurangan H
  - 3) muatan disetarakan dengan menambahkan  $e^-$
- c. bila perlu, mengalikan setengah reaksi dengan bilangan bulat
- d. menjumlahkan setengah reaksi, tambahkan  $H^+$  atau  $OH^-$  (sesuai dengan suasana yang diminta) untuk menetralkan reaksi
- e. memastikan jumlah atom dan muatan sudah setara

Secara sekilas, aturan ini sama dengan metode yang belum dimodifikasi akan tetapi pada proses penyetaraan jumlah atom dan muatan akan sangat berbeda. Selama proses penyetaraan ini, siswa tidak

memperdulikan apakah suasana asam atau basa sehingga mereka tidak lagi harus menghafal  $H^+$ ,  $OH^-$  atau  $H_2O$  kah yang harus ditambahkan. Siswa cukup mengingat bahwa untuk semua suasana sisi reaksi yang kekurangan atom O ditambah dengan  $OH^-$  dan yang kekurangan atom H ditambahkan  $H^+$ .

Untuk beberapa reaksi, siswa akan cukup diuntungkan. Misalnya untuk penyelesaian reaksi di atas, siswa tidak akan mengalami kesukaran untuk penyetaraan setengah reaksi. Sebagai contoh, metode setengah reaksi termodifikasi digunakan untuk menyetarakan reaksi redoks berikut.



Langkah – langkah penyetaraannya sebagai berikut.

- 1) membagi menjadi setengah reaksi



- 2) menyetarakan

- a. atom selain O dan H,

Pada setengah reaksi yang pertama, tidak diperlukan penyetaraan karena jumlah atom Mn di sebelah kiri dan kanan sama. Untuk setengah reaksi kedua, pada sisi sebelah kiri terdapat 4 As dan sebelah kanan ada 1 sehingga sisi kanan dikalikan 4 (empat).



- b. atom O dengan  $OH^-$

Untuk setengah reaksi pertama, jumlah O disebelah kiri adalah 4 sehingga perlu ditambahkan empat buah  $OH^-$  pada sisi kanan. Untuk setengah reaksi kedua, pada sisi kiri terdapat 6 O dan pada sisi kanan terdapat 16, sehingga perlu ditambahkan 10  $OH^-$  pada sisi sebelah kiri.



c. atom H dengan  $\text{H}^+$

Untuk setengah reaksi pertama jumlah H pada sebelah kanan menjadi 4 dan sebelah kiri 0. Untuk setengah reaksi kedua, 0 untuk sisi kanan dan 10 untuk sisi kiri. Keduanya disetarakan dengan menambahkan 4  $\text{H}^+$  pada sisi kiri setengah reaksi pertama dan 10 pada sisi kanan setengah reaksi kedua



d. muatan dengan  $e^-$

Pada setengah reaksi pertama, jumlah muatan sisi kiri adalah 3 + dan kanan 2 -, sehingga perlu ditambahkan 5  $e^-$  pada sisi kiri. Pada reaksi kedua, jumlah muatan sisi kiri adalah 10- dan sisi kanan adalah 2-, sehingga perlu ditambahkan 8  $e^-$  pada sisi kanan.



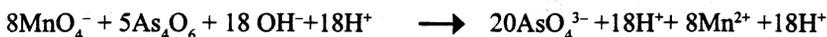
3) mengalikan dengan bilangan bulat untuk menyetarakan  $e^-$



4) menjumlahkan setengah reaksi dan menghilangkan spesies yang muncul di kedua sisi



- 5) menambahkan  $H^+$  pada kedua sisi untuk menetralkan  $OH^-$  (suasana asam), jumlah  $H^+$  yang ditambahkan sama dengan  $OH^-$  yang akan dinetralkan. Pada reaksi di atas ada 18  $OH^-$  yang harus dinetralkan, jadi ada 18  $H^+$  yang perlu ditambahkan



Hasil akhirnya adalah



- 6) memastikan bahwa jumlah atom dan muatan sudah setara  
 (8Mn; 80O; 20As; 36H; 8-)  $\longrightarrow$  (8Mn; 80O; 20As; 36H; 8-)

Cara ini juga dengan mudah digunakan untuk menyetarakan reaksi pada suasana basa. Misalnya untuk reaksi berikut.



Langkah – langkah penyetaraannya sebagai berikut.

- 1) membagi menjadi setengah reaksi



- 2) menyetarakan

- a. atom selain O dan H.

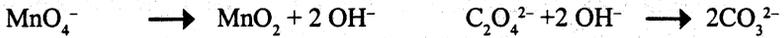
Pada setengah reaksi yang pertama, tidak diperlukan penyetaraan karena jumlah atom Mn di sebelah kiri dan kanan sama. Untuk setengah reaksi kedua, pada sisi sebelah kiri terdapat 2 C dan sebelah kanan ada 1 sehingga sisi kanan dikalikan 2 (dua)



- b. atom O dengan  $OH^-$ .

Untuk setengah reaksi pertama, jumlah O disebelah kiri adalah 4 dan sebelah kanan 2 sehingga perlu ditambahkan dua buah  $OH^-$  pada sisi kanan. Untuk setengah reaksi kedua, pada sisi kiri

terdapat 4O dan pada sisi kanan 6, sehingga perlu ditambahkan 2 OH<sup>-</sup> pada sisi sebelah kiri



c. atom H dengan H<sup>+</sup>.

Untuk setengah reaksi pertama jumlah H pada sebelah kanan menjadi 2 dan sebelah kiri 0. Untuk setengah reaksi kedua, 0 untuk sisi kanan dan 2 untuk sisi kiri. Keduanya disetarakan dengan menambahkan 2 H<sup>+</sup> pada sisi kiri setengah reaksi pertama dan sisi kanan pada setengah reaksi kedua.



d. muatan dengan e<sup>-</sup>.

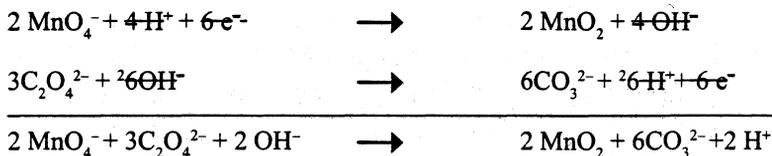
Pada setengah reaksi pertama, jumlah muatan sisi kiri adalah 1+ dan kanan 2 -, sehingga perlu ditambahkan 3 e<sup>-</sup> pada sisi kiri. Pada reaksi kedua, jumlah muatan sisi kiri adalah 4- dan sisi kanan adalah 2-, sehingga perlu ditambahkan 2 e<sup>-</sup> pada sisi kanan



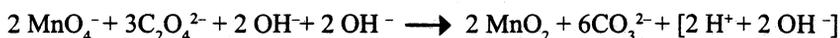
3) mengalikan dengan bilangan bulat untuk menyetarakan e<sup>-</sup>. Jumlah e<sup>-</sup> kedua setengah reaksi tersebut disetarakan sebelum dijumlahkan. Setengah reaksi pertama dikalikan dengan 2 dan yang kedua dengan 3



4) menjumlahkan setengah reaksi dan menghilangkan spesies yang muncul di kedua sisi



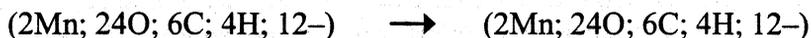
- 5) menambahkan  $\text{OH}^-$  untuk menetralkan  $\text{H}^+$  pada kedua sisi (suasana basa), jumlah  $\text{OH}^-$  yang ditambahkan sama dengan  $\text{H}^+$  yang akan dinetralkan. Pada reaksi ini ada 2  $\text{H}^+$  yang harus dinetralkan.



Hasil akhirnya adalah



- 6) memastikan bahwa jumlah atom dan muatan sudah setara



Metode ini juga dapat digunakan untuk menyetarakan reaksi monster yang telah disebutkan di atas.



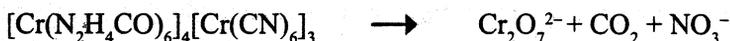
Bila diperhatikan, cara yang digunakan Nelson (dengan menggunakan metode aljabar) di atas sangat rumit dan melibatkan banyak persamaan linear. Cara ini dapat dikatakan lebih bersifat matematis daripada kimia. Persamaan reaksi ini dapat diselesaikan dengan metode setengah reaksi yang dimodifikasi dengan lebih mudah.

Sebagai langkah awal, reaksi ini dapat dipecah menjadi setengah reaksi. Untuk memudahkannya reaksi dapat ditulis dalam bentuk ionnya yang paling mungkin. Untuk molekul besar  $[\text{Cr}(\text{N}_2\text{H}_4\text{CO})_6]_4[\text{Cr}(\text{CN})_6]_3$  tidak dituliskan dalam bentuk ionnya tetapi tetap sebagai molekul. Molekul ini terdiri dari Cr, N, H, C dan O maka spesi pada sisi produk yang mungkin dihasilkan darinya adalah  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{KNO}_3$ .

H<sub>2</sub>O diabaikan untuk sementara, karena akan terbentuk dari netralisasi OH<sup>-</sup> dan H<sup>+</sup> selanjutnya MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> menjadi Mn<sup>2+</sup>, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> digunakan sebagai penanda bahwa reaksi berlangsung pada suasana asam.

Langkah – langkah penyetaraannya sebagai berikut.

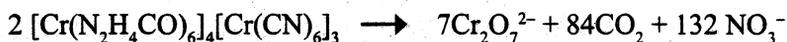
1) membagi menjadi setengah reaksi



2) menyetarakan

a. atom selain O dan H.

Pada setengah reaksi yang pertama, ada tiga atom yang perlu diperhatikan, yaitu Cr, C dan N. Pada sisi sebelah kiri terdapat 7 Cr dan sebelah kanan ada 2 sehingga molekul besar dikalikan 2 (dua) dan Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> dikalikan dengan 7 (tujuh). Langkah ini menjadikan jumlah C dan N pada sebelah kiri terkalikan dua dari molekul awalnya. Jumlah atom C pada sebelah kiri sekarang adalah 84 dan N = 132. Sisi kanan dikalikan dengan bilangan ini. Untuk setengah reaksi kedua tidak diperlukan penyetaraan karena jumlah atom Mn di sebelah kiri dan kanan sama.



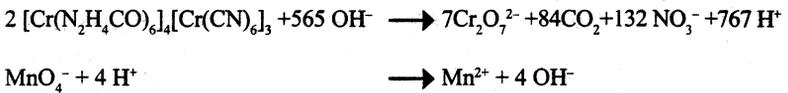
b. atom O dengan OH<sup>-</sup>.

Untuk setengah reaksi pertama, pada sisi kiri terdapat 48 O dan pada sisi kanan terdapat 613, sehingga perlu ditambahkan 565 OH<sup>-</sup> pada sisi sebelah kiri. Untuk setengah reaksi kedua, jumlah O disebelah kiri adalah 4 sehingga perlu ditambahkan empat buah OH<sup>-</sup> pada sisi kanan.



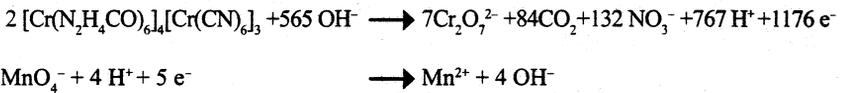
c. atom H dengan  $H^+$ .

Langkah b menyebabkan perubahan jumlah H, untuk setengah reaksi pertama jumlah H pada sebelah kiri menjadi 767 dan sebelah kanan 0. Untuk setengah reaksi kedua, 0 untuk sisi kiri dan 4 untuk sisi kanan. Keduanya disetarakan dengan menambahkan  $767 H^+$  pada sisi kanan setengah reaksi pertama dan 4 pada sisi kiri setengah reaksi kedua

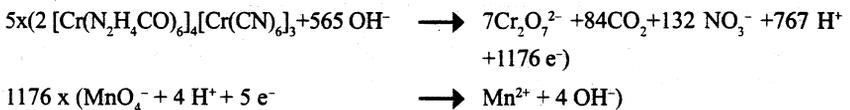


d. muatan dengan  $e^-$ .

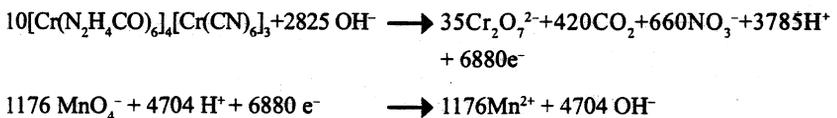
Pada setengah reaksi pertama, jumlah muatan sisi kiri adalah  $565^-$  dan sisi kanan adalah  $611^+$ , sehingga perlu ditambahkan  $1176 e^-$  pada sisi kanan. Pada reaksi kedua, jumlah muatan sisi kiri adalah  $3^+$  dan kanan  $2^-$ , sehingga perlu ditambahkan  $5 e^-$  pada sisi kiri.



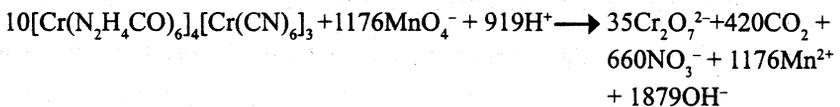
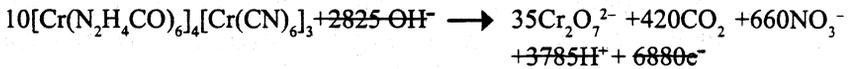
3) mengalikan dengan bilangan bulat untuk menyetarakan  $e^-$ . Jumlah  $e^-$  kedua setengah reaksi tersebut disetarakan sebelum dijumlahkan. Setengah reaksi pertama dikalikan dengan 5 dan yang kedua dengan 1176



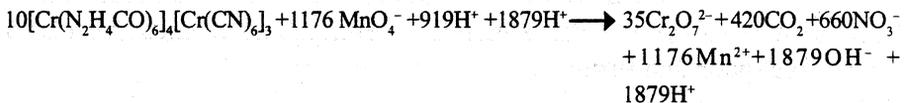
Reaksinya menjadi



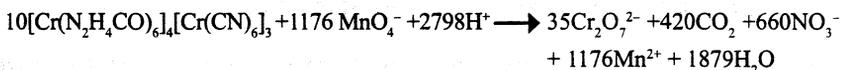
- 4) menjumlahkan setengah reaksi dan menghilangkan spesies yang muncul di kedua sisi



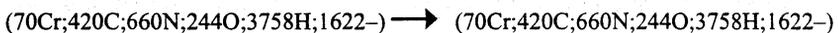
- 5) menambahkan  $\text{H}^+$  pada kedua sisi untuk menetralkan  $\text{OH}^-$  (suasana asam), jumlah  $\text{H}^+$  yang ditambahkan sama dengan  $\text{OH}^-$  yang akan dinetralkan. Pada reaksi di atas ada 1879  $\text{OH}^-$  yang harus dinetralkan, jadi ada 1879  $\text{H}^+$  yang perlu ditambahkan



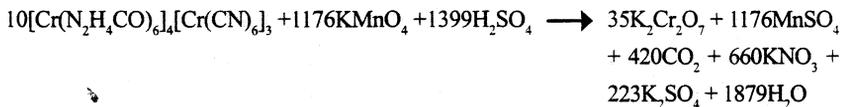
Hasil akhirnya adalah



- 6) memastikan bahwa jumlah atom dan muatan sudah setara



Bila dituliskan dalam bentuk lengkap, reaksi ini menjadi



## Kesimpulan

Lebih sederhananya modifikasi aturan yang harus diingat siswa menjadikan modifikasi metode setengah reaksi merupakan cara yang paling mudah untuk menyetarakan reaksi redoks dalam pembelajaran kimia di SMA kelas XII. Dengan semakin sederhana aturan, beban siswa akan berkurang. Setelah modifikasi siswa akan dengan cepat mengingat bahwa untuk semua suasana sisi reaksi yang kekurangan atom O ditambah dengan  $\text{OH}^-$  dan yang kekurangan atom H ditambahkan  $\text{H}^+$ . Modifikasi ini juga sangat mungkin untuk dikembangkan pada jenis reaksi lain. Motivasi belajar mereka akan timbul karena penyetaraan reaksi menjadi sangat mudah. Pada akhirnya kemampuan mereka menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan reaksi redoks akan meningkat.

## Saran

Perlu diadakan penelitian di lapangan tentang penggunaan modifikasi metode setengah reaksi untuk menyetarakan reaksi redoks dibandingkan dengan berbagai metode penyetaraan persamaan reaksi yang lain untuk mengetahui metode yang paling mudah digunakan untuk menyetarakan persamaan reaksi redoks.

## Daftar Pustaka

- Brady, J.E. tt. *Kimia universitas: Azas dan struktur*. (Ed. Kelima) Terjemahan Sukmariah Maun, Kamianti Anas dan Tilda S. Sally. Binarupa Aksara: Jakarta
- Coll, R.K & N.Taylor. 2001. "Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students". *Research in Science and Technological Education (JRSTE)* 19 (2)
- Departemen Pendidikan Nasional (Depdiknas). 2003. *Standar kompetensi matapelajaran kimia SMA dan MA*. Pusat Kurikulum, Balitbang Depdiknas: Jakarta

- Eilks, I. 2005. "Experiences and reflections about teaching atomic structure in jigsaw classroom in lower secondary school chemistry lessons". *Journal of Chemical Education* (JCE) 82 (2): 313 – 319
- Fishtik, I & L.H. Berka. 2005. "Procedure for decomposing a redox reaction into half-reactions", *Journal of Chemical Education* (JCE) 82 (4) :552 – 557
- Ludwig, O.G. 1996. "On balancing Redox Challenges". *Journal of Chemical Education* (JCE) 73 (6): 507
- Nelson, R.S. 1997. "Redox challenges." (*Letters*) *Journal of Chemical Education* (JCE) 74 (11) : 1256
- Olson, J.A. 1997. "An analysis of the algebraic method for balancing chemical reaction". *Journal of Chemical Education* (JCE) 74 (5): 538 – 542
- Silberberg, M.S. 2003. *Chemistry: The molecular nature of matter and change*. 3rd Ed. Boston: Mac GrawHill Pub.
- Stout. R. 1995. "Redox balancing challenges". *Journal of Chemical Education* (JCE) 72 (11): 1126
- Ten Hoor, M.J. 1997. "Redox balancing without puzzling". *Journal of Chemical Education* (JCE) 74 (11): 1367 – 1368