

PENGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Choo Hooi Ling &
Mohammad Yusof Arshad
Jabatan Pendidikan Sains & Matematik
Fakulti Pendidikan
Universiti Teknologi Malaysia

ABSTRAK: Kerangka alternatif yang dipegang oleh pelajar seringkali bercanggah dengan konsep sains dan ia menghambat proses pengajaran dan pembelajaran. Bagi mengubah kerangka alternatif ini, artikel ini membincangkan penggunaan simulasi komputer bagi mewujudkan konflik kognitif dan memupuk perubahan pengkonsepan bagi meningkatkan kefahaman pelajar dalam mempelajari konsep pekali dan subskrip dalam tajuk 'Formula Dan Tindak Balas Kimia'. Dengan itu, satu perisian yang berasaskan simulasi komputer telah dibina dengan menggunakan Model Generatif-Inkuiri bagi membantu pelajar mempelajari konsep pekali dan subskrip dalam formula dan tindak balas kimia. Bagi menguji keberkesanan perisian yang dibina, seramai lima belas orang pelajar tingkatan empat telah dipilih berdasarkan pencapaian mereka dalam ujian kefahaman. Interaksi mereka dengan perisian dicerap dan dianalisis melalui kaedah data logging dan temubual. Hasil kajian mendapati penggunaan simulasi komputer berupaya merealisasikan konsep-konsep abstrak, dapat mewujudkan konflik kognitif dan seterusnya membantu pelajar mengubah kerangka alternatif mereka. Ini juga menunjukkan bahawa penggunaan Model Generatif-Inkuiri dalam perisian dapat meningkatkan pemikiran aras tinggi pelajar dan seterusnya memupuk perubahan pengkonsepan dalam tajuk yang dikaji.

PENGENALAN

Banyak kajian telah membuktikan bahawa walaupun pelajar tidak menerima pengajaran formal di sekolah, mereka telah mempunyai idea tersendiri mengenai sesuatu fenomena berdasarkan kepada pengalaman dan interaksi dengan alam sekitar (Osborne & Bell, 1983; Osborne & Gilbert, 1980; Driver & Oldham, 1986). Idea yang tidak selari dengan konsep sains ini dikenali sebagai kerangka alternatif (Driver, 1981) dan ia berbeza dengan konsep yang difahami oleh ahli atau pakar sains (Akerson et. al., 2000). Pandangan yang dimiliki seperti ini sukar sekali diubah (Siow Heng Loke, 1993). Contohnya, dalam mempelajari konsep formula dan tindak balas kimia, pelbagai idea yang tidak tepat telah dikenalpasti. Antaranya ialah pelajar didapati gagal memahami fungsi pekali dan subskrip dalam sesuatu formula serta persamaan tindak balas kimia.

Fungsi Pekali Dalam Persamaan Tindak Balas

Pelajar mengetahui fungsi dan peranan pekali, iaitu untuk menyeimbangkan persamaan kimia secara mekanikal (*mechanically*) dan penambahan pekali kepada sesuatu formula tidak akan mengubah bilangan atom dan molekul yang hadir dalam formula tersebut. Ini kerana pada pendapat mereka, persamaan kimia tidak mewakili tindak balas kimia sebenar yang berlaku pada peringkat molekul (Garnett et. al., 1995). Ia hanya digunakan untuk menyeimbangkan sesuatu persamaan sahaja (Ben-Zvi et. al., 1987). Pelajar cenderung untuk mengabaikan kewujudan pekali apabila diminta melukis gambarajah zarah yang mewakili tindak balas yang berlaku.

Perbezaan Subskrip Dengan Pekali

Banyak kajian telah dijalankan mengenai kebolehan pelajar dalam menyeimbangkan persamaan kimia (Niaz & Lawson, 1985; Savoy, 1988; Yarroch, 1985; Ben-Zvi et al., 1987). Misalnya, Yarroch (1985) mendapati kebolehan seseorang pelajar dalam menyeimbangkan persamaan kimia dengan betul tidak bererti pelajar tersebut telah memahami apa yang diwakili oleh persamaan kimia. Pelajar tidak dapat membezakan makna subskrip dengan pekali. Satu mol molekul oksigen sama dengan satu mol atom oksigen. Pelajar menganggap 3H_2 adalah sama dengan H_6 dan 2NH_3 sama dengan N_2H_6 . Kesemua atom dalam molekul-molekul ini digabungkan kerana ia mempunyai formula yang sama.

Bagi pelajar, pekali dan subskrip merupakan angka yang berbeza dari segi kedudukan dan bukan maksud kimianya. Mereka tidak faham bahawa subskrip hanya digunakan dalam formula dan pekali pula, digunakan dalam persamaan kimia (Garnett et. al., 1995). Kebanyakan pelajar tahu kedua-dua subskrip dan pekali yang hadir dalam sesuatu formula dapat menambahkan bilangan atom bagi setiap unsur dalam formula tersebut (Yarroch, 1985). Namun demikian, mereka tidak sedar bahawa subskrip akan mengakibatkan atom-atom dalam sesuatu formula berikat di antara satu sama lain (Mohd Yusof Arshad, 1995) manakala pekali tidak.

Kerangka alternatif atau idea alternatif yang sering bercanggah dengan konsep yang dipunyai oleh ahli sains ini akan menghambat usaha pelajar dalam memahami konsep formula dan tindak balas kimia. Fenomena ini berlaku kerana kebanyakan idea sains adalah abstrak (Ben-Zvi et.al., 1988; Arons, 1997; Osborne & Freyberg, 1985) dan bercanggah dengan pemikiran logik pelajar (George, 1991). Selain itu, kerja amali yang tidak membantu kefahaman sains (Screen, 1986) dan sains dianggap mata pelajaran yang sukar difahami (Ben-Zvi et.al., 1987) turut menyumbang kepada masalah ini. Kefahaman mengenai konsep sains semakin membimbangkan apabila pelajar dikehendaki menerima secara bulat-bulat fakta dan konsep sains yang disampaikan melalui proses penghafalan (Gredler, 1997).

Model Generatif-Inkuiri

Pembelajaran konsep sains yang abstrak seringkali menimbulkan kerangka alternatif, dan usaha telah dilakukan bagi menghasilkan strategi pengajaran yang efektif dalam meningkatkan kefahaman pembelajaran. Osborne dan Wittrock (1983) mencadangkan Model Generatif digunakan dalam membantu pelajar mempelajari konsep sains secara kreatif. Pelajar perlu mengaitkan maklumat baru dengan pengetahuan yang disimpan dalam ingatan jangka panjang. Maklumat baru itu kemudian diuji dalam pelbagai situasi yang berbeza sebelum ia boleh disimpan dalam struktur kognitif. Jika rangkaian gagal dibina atau rangkaian tidak mencukupi dan salah, maka pelajar akan menghadapi kesukaran dalam memahami pengetahuan yang disampaikan (Osborne & Wittrock, 1983). Akibatnya, pelajar akan menerima pengetahuan sains bulat-bulat khususnya melalui penghafalan (Gredler, 1997) untuk tujuan peperiksaan (Tasker, 1981). Osborne dan Freyberg (1985) telah mengesyorkan empat langkah yang boleh diikuti oleh guru dalam merancang proses pengajaran dan pembelajaran sains, iaitu: Fasa Permulaan, Fasa Fokus, Fasa Cabaran dan Fasa Aplikasi.

Selain daripada model di atas, pendekatan inkuiri-penemuan juga merupakan pendekatan pengajaran sains secara aktif, yang melibatkan aktiviti penyiasatan berbanding hanya penjelasan fakta (Schwab, 1963). Secara umumnya, ia mengandungi empat komponen penting, iaitu : membina hipotesis, menguji hipotesis, menilai bukti dan menyemak hipotesis (Bianchini & Colburn, 2000; Germann et. al., 1996). Pendekatan inkuiri-penemuan mampu membantu pengajar memperkenalkan, mempromosi dan menilai kemahiran proses sains di makmal sains sekolah menengah (Germann et. al., 1996; Lawson, 1995). Mata pelajaran sains yang diajar secara inkuiri-penemuan dapat mengembangkan sikap ingin tahu pelajar dan dapat memupuk keyakinan dalam menyelesaikan masalah serta mempelajari kemahiran sosial menerusi kerja berkumpulan (Denny, 1986). Dalam pendekatan ini, pelajar berpeluang menggabungkan pengetahuan saintifik, proses dan pemikiran kritikal mereka untuk memahami konsep sains. Penglibatan pelajar dalam aktiviti perbincangan semasa proses pembelajaran bukan sahaja dapat meningkatkan pemahaman saintifik mereka, malah membekalkan mereka kemahiran yang diperlukan untuk menjadi seorang inkuiri yang berdikari (Bianchini & Colburn, 2000).

Selain itu, bagi memperbetulkan pengkonsepkan ini, Hewson dan Hewson (1983) juga telah mencadangkan strategi perubahan pengkonsepkan, iaitu satu situasi ketidakpuasan mesti diwujudkan antara pengetahuan sedia ada dengan konsep baru, konsep baru tersebut mesti difahami oleh pelajar, ia mesti hampir sama atau dapat diterima oleh pelajar dan mesti mempunyai alasan yang kukuh untuk diterima. Strategi ini harus mengfokus kepada struktur pengetahuan pelajar dan mengubahsuaikannya (Lawson & Weser, 1990). Kajian yang dijalankan oleh beberapa penyelidik (Dweck, 1986; West & Pines, 1983) menunjukkan aspek motivasi memainkan peranan penting dalam memupuk perubahan konsep pada pelajar. Dalam konteks penyelidikan ini, perubahan pengkonsepkan dimotivasi melalui simulasi komputer.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Penggunaan simulasi komputer di dalam bilik darjah penting dalam mendedahkan pengetahuan sedia ada khususnya kerangka alternatif yang wujud di kalangan pelajar (Thomas & Hoopre, 1991) dan seterusnya memupuk perubahan konsep pelajar (Windschitl & Andre, 1998). Kajian menunjukkan

bahawa simulasi komputer berupaya merealisasikan konsep-konsep sains yang abstrak (Lewis et al., 1993; Windschitl & Andre, 1998; Thomas & Hooper, 1991), membenarkan pelajar berinteraksi secara aktif dengan perisian (Windschitl & Andre, 1998), berfungsi sebagai replikasi kepada eksperimen sebenar (Kahn, 1985) dan meningkatkan kemahiran kognitif (Hudson, 1994). Perisian simulasi komputer yang dibina berdasarkan pendekatan konstruktivist berjaya memupuk perubahan konsep (Hewson & Hewson, 1983; Posner et al., 1981). Perisian simulasi komputer yang berupaya memupuk perubahan konsep seharusnya membenarkan pelajar menguji dan menentusahkan hipotesis melalui proses penyelesaian masalah (Windschitl & Andre, 1998).

Seperti dinyatakan, Model Generatif mengesyorkan empat langkah yang mesti diikuti dalam proses pengajaran dan pembelajaran berkesan. Walau bagaimanapun, Model Generatif tidak membincangkan secara terperinci mengenai cara pelaksanaan Fasa Fokus dan Fasa Cabaran. Di samping itu, pendekatan inkuiri-penemuan merupakan pendekatan yang paling sesuai dalam memupuk kemahiran proses sains. Pelajar berpeluang membuat hipotesis, mengesah hipotesis yang dibina, mengumpul data, membuat kesimpulan dan sebagainya (Linn et al., 1994). Melalui aktiviti-aktiviti ini, pelajar memperolehi pengetahuan dengan cara yang lebih bermakna. Simulasi komputer pula, dapat merealisasikan konsep abstrak dan memupuk perubahan pengkonsepkan pada pelajar. Memandangkan kelebihan yang terdapat dalam Model Generatif, Pendekatan Inkuiri-Penemuan, strategi perubahan pengkonsepkan dan simulasi komputer maka kajian ini akan menggabungkan ciri-ciri di atas dengan dinamai Model Generatif-Inkuiri. Dalam Model Generatif-Inkuiri, pendekatan inkuiri-penemuan telah digabungkan dalam Fasa Fokus dan Fasa Cabaran memandangkan ia adalah kaedah yang sesuai untuk memupuk kefahaman proses sains.

OBJEKTIF KAJIAN

Berdasarkan kepada kesukaran pelajar memahami konsep pekali dan subskrip serta kelebihan penggunaan simulasi komputer dalam mempelajari konsep-konsep sains, maka objektif kajian adalah untuk mengkaji keberkesanan simulasi komputer dalam meningkatkan kefahaman pelajar mengenai konsep pekali dan subskrip dalam formula serta persamaan tindak balas kimia dengan menggunakan Model Generatif-Inkuiri.

METODOLOGI

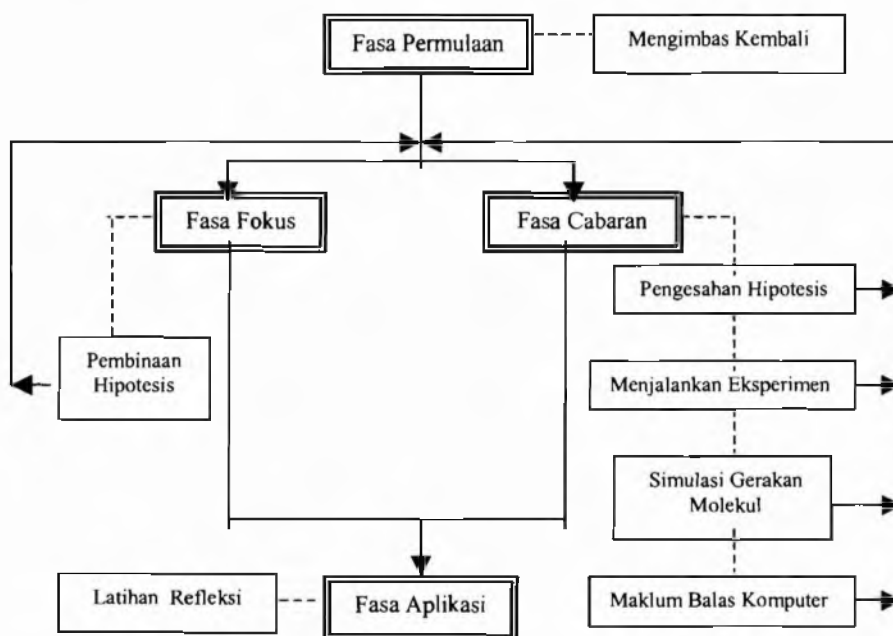
Model Kajian

Dalam kajian ini, satu perisian dibina menggunakan model seperti dalam Rajah 1. Model ini mengandungi empat fasa, iaitu: Fasa Permulaan (*Preliminary Phase*) yang bertujuan mengenalpasti pengetahuan sedia ada pelajar, Fasa Fokus (*Focus Phase*) yang membenarkan pelajar melakukan aktiviti penyiasatan dengan pendekatan inkuiri, Fasa Cabaran (*Challenge*

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Phase) yang membolehkan pelajar menyemak dan mengesahkan hipotesis yang dibina dan Fasa Aplikasi (*Application Phase*) yang memberi peluang kepada pelajar untuk menggunakan idea-idea tersebut dalam situasi baru.

Rajah 1 : Model Generatif-Inkuiri



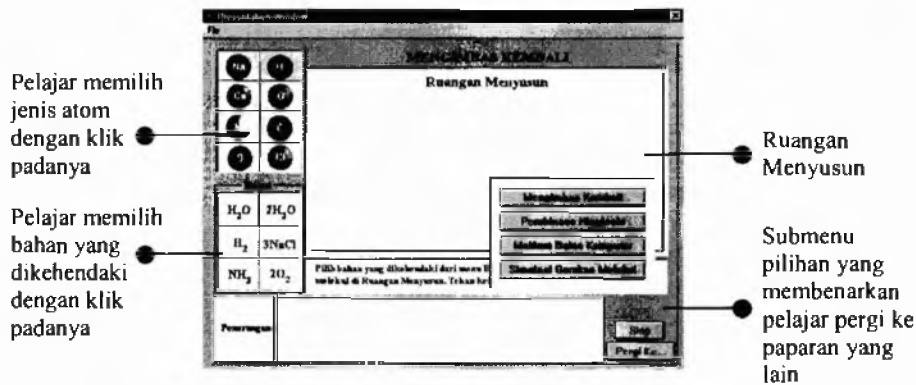
Kandungan Perisian

Perisian yang dibina dimulakan dengan langkah *Mengimbas Kembali* dan diakhiri dengan langkah *Latihan Refleksi*. Walaupun langkah-langkah di atas telah dirancang mengikut urutan, namun pelajar bebas bergerak dari satu langkah ke langkah yang lain (Rajah 1). Mereka bebas mengulangi mana-mana langkah pada bila-bila masa. Dalam kajian ini, persamaan tindak balas antara asid sulfurik dan natrium hidroksida telah digunakan. Sebelum kerja penyiasatan boleh dimulakan, pelajar dikehendaki memberi struktur molekul bagi beberapa sebatian yang diberi seperti : H_2O , $2H_2O$, H_2 , $2O_2$, NH_3 dan $3NaCl$. Mereka boleh menarik atom-atom yang berkaitan ke Ruang Menyusun untuk menyusun bentuk molekul yang dipilih. Pelajar dikehendaki memberi alasan atau penjelasan bagi setiap jawapan mereka (Rajah 2). Proses ini dapat membantu

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

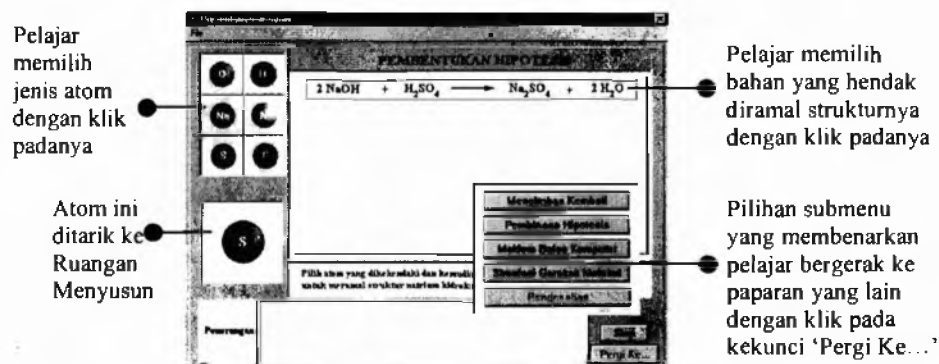
pelajar mengimbas kembali pengetahuan sedia ada mereka yang diperlukan dalam menjalankan aktiviti-aktiviti pembelajaran yang seterusnya.

Rajah 2: Paparan 'Mengimbas Kembali' yang mengkaji kerangka alternatif pelajar



Peringkat seterusnya ialah pembentukan hipotesis. Dalam peringkat ini, pelajar dikehendaki meramal struktur bagi molekul reaktan dan hasil dalam tindak balas antara asid sulfurik dengan natrium hidroksida dan seterusnya memberi penjelasan kepadanya. Penjelasan ini kemudian akan dibandingkan dengan penerangan yang diperolehi daripada langkah 'Mengimbas Kembali' bagi memastikan sama ada kefahaman mengenai konsep pekali dan subskrip adalah konsisten dengan pengetahuan sedia ada (Rajah 3).

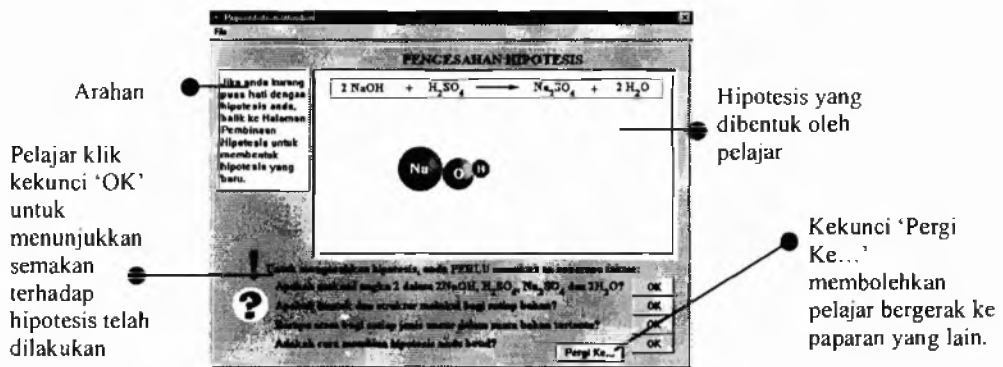
Rajah 3: Paparan 'Pembentukan Hipotesis' membenarkan pelajar membina hipotesis



PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

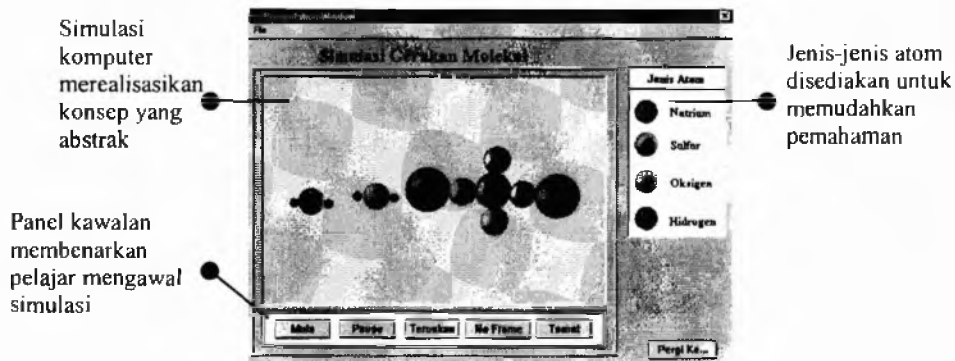
Apabila hipotesis telah dibina, pelajar berpeluang mengesahkan hipotesis dalam paparan *Pengesahan Hipotesis* (Rajah 4). Pelbagai petunjuk diberikan bagi membantu mereka menyemak ketepatan hipotesis yang dibentuk. Jika mereka merasa hipotesis yang dibina tidak tepat, mereka boleh kembali ke paparan *Pembentukan Hipotesis* untuk memperbetulkannya.

Rajah 4: Paparan ‘Pengesahan Hipotesis’ membolehkan pelajar mengesahkan hipotesis



Satu simulasi komputer yang menunjukkan tindak balas antara asid sulfurik dengan natrium hidroksida ditunjukkan. Di sini, pelajar dapat membandingkan hipotesis yang dibina dengan simulasi yang ditunjukkan oleh perisian (Rajah 5).

Rajah 5: Paparan ‘Simulasi Gerakan Molekul’ yang merealisasikan tindak balas antara asid sulfurik dan natrium hidroksida



PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Selain daripada itu, komputer juga dapat memberi maklum balas yang berupa huraian terhadap hipotesis yang dibentuk kepada pelajar. Dengan cara ini, pelajar dapat mengimbas kembali hipotesis yang dibina di samping mengenalpasti kesilapan mereka (Rajah 6).

Rajah 6 : Paparan 'Maklum Balas Komputer' yang berupa huraian dan penerangan

Penerangan mengenai hipotesis yang dibina

- Bilangan atom natrium harus melebihi satu.
- Bilangan atom oksigen harus melebihi satu.
- Bilangan atom hidrogen harus melebihi satu.
- Susunan di antara oksigen dan hidrogen tidak tepat kerana tiada ikatan yang wujud di antara dua pasang oksigen dan hidrogen.
- ** Susunan atom natrium dan oksigen serasi kerana wujud ikatan di antara kedua-duanya
- Struktur melalui natrium hidroksida anda adalah tidak tepat.

Pelajar bebas memilih bahan yang hendak disamak kesahannya

Kekunci 'Pergi Ke...' membolehkan pelajar pergi ke paparan yang lain.

Di peringkat akhir pula, pelajar diberi latihan pengukuhan dengan mengapikasi konsep yang dipelajari dalam situasi baru. Bagi tujuan ini, pelajar diberi pelbagai persamaan kimia yang tidak seimbang dan mereka diminta memberi nilai pekali yang sesuai dalam paparan *Latihan Refleksi* (Rajah 7). Petunjuk akan diberi sedikit demi sedikit jika pelajar gagal melakukannya.

Rajah 7: Paparan 'Latihan Refleksi' memerlukan pelajar menyeimbangkan persamaan kimia

Jadual ini menunjukkan bilangan atom bagi setiap unsur dan jumlah atom reaktan dan hasil

REAKTAN	HASIL
Hidrogen 4	Hidrogen 10
Oksigen 6	Oksigen 5
Jumlah 10	

Pelajar memberi nilai pekali yang sesuai untuk seimbangkan persamaan

Arahan silap muncul jika jawapan salah dan pelajar diminta mengulang


$2 \text{H}_2 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 5 \text{H}_2\text{O}$

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Bagi mengkaji keberkesanan model yang dicadangkan, 15 orang pelajar tingkatan empat daripada salah sebuah sekolah menengah di daerah Johor Bahru telah dipilih. Pelajar berkenaan diberi identifikasi sebagai pelajar ke 1, 2, 3, 4, hingga 15. Data dikutip secara *data logging* iaitu segala aktiviti dengan komputer direkodkan secara automatik apabila mereka berinteraksi dengan komputer, dan seterusnya dibantu dengan kaedah temubual bagi mengkaji proses kefahaman konsep pelajar.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Kerangka Alternatif Pelajar Dalam Fasa Permulaan




Dalam Fasa Permulaan, pelajar dikehendaki meramalkan struktur bagi beberapa molekul ringkas yang diberi seperti H_2O , $2H_2O$, H_2 , $3NaCl$ dan sebagainya. $2H_2O$ dan $3NaCl$ masing-masing terdiri daripada dua molekul air dan tiga molekul natrium klorida yang terpisah dan struktur yang digambarkan ialah  dan

Walau bagaimanapun, daripada kajian, didapati pelajar memberi pelbagai struktur untuk molekul-molekul ini. Segelintir pelajar berpendapat bahawa $2H_2O$ dan molekul H_2O , dan $3NaCl$ serta molekul $NaCl$ adalah sama. Bagi mereka, penambahan pekali kepada sesuatu molekul tidak akan mengubah bilangan atom yang hadir dalam molekul tersebut. Ia hanya berperanan dalam menyeimbangkan persamaan tindak balas kimia sahaja. Oleh itu, molekul H_2O , $5H_2O$, $10H_2O$ digambarkan mempunyai struktur molekul yang sama. Hal ini jelas ditunjukkan dalam Jadual 1. Didapati juga seorang pelajar memberi struktur molekul $2H_2O$ dan $3NaCl$ yang agak berbeza daripada pelajar yang lain. Molekul $2H_2O$ yang diberi mengandungi empat atom hidrogen dan satu atom oksigen. Molekul $3NaCl$ pula, terdiri daripada tiga atom natrium dan satu atom klorin (Jadual 2). Ini menunjukkan bahawa pelajar ini mempunyai kerangka alternatif yang menyatakan bahawa pekali dalam sesuatu molekul hanya akan menambah bilangan atom bagi unsur pertama dalam molekul tersebut.



Pelajar juga gagal membezakan subskrip dan pekali. Mereka berpendapat subskrip dan pekali adalah sama kerana kedua-duanya dapat menambahkan bilangan atom setiap unsur dalam sesuatu molekul. Namun demikian, mereka tidak sedar bahawa bilangan molekul turut bertambah pada masa yang sama. Disebabkan kegagalan ini, mereka cenderung untuk menggabungkan kesemua atom yang hadir dalam sesuatu formula untuk membentuk molekul (Jadual 3). Misalnya, molekul $2H_2O$ terdiri daripada empat atom hidrogen dan dua atom oksigen yang masing-masing berikat antara satu sama lain. Penerangannya menyatakan bahawa "...semua atom hidrogen dan oksigen bercantum kerana ia milik molekul yang sama." Ini jelas menunjukkan bahawa pelajar menganggap $2H_2O$ sebagai satu entiti yang tunggal.

PENGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA




JADUAL 1. KERANGKA ALTERNATIF PELAJAR 12 DALAM FASA PERMULAAN

Konsep Alternatif		Rumusan Konsep
i. 2 molekul air 	Sama dengan air sebab molekul yang sama. 2 besar hanya untuk seimbangkan persamaan tindak balas sahaja.	Pekali tidak mempengaruhi struktur dan bentuk molekul sesuatu bahan. Ia hanya berperanan untuk seimbangkan persamaan tindak balas kimia sahaja.
ii. 3 molekul natrium klorida 	Na bergabung dengan 1 Cl membentuk NaCl. 3 tidak mempengaruhi bentuk dan struktur molekul NaCl.	
iii. 2 molekul oksigen 	2 atom oksigen bergabung untuk membentuk gas O ₂ .	

JADUAL 2. KERANGKA ALTERNATIF PELAJAR 13 DALAM FASA PERMULAAN

Konsep Alternatif		Rumusan Konsep
i. 2 molekul air 	Ada 2 molekul hidrogen dan 1 atom O. Molekul hidrogen wujud secara semula jadi. Oleh itu, ia tak berikat dengan atom lain. O bersendirian sebab tiada atom O lain untuk diikat.	Pekali hanya akan menambah bilangan atom bagi unsur pertama dalam sesuatu formula
ii. 3 molekul natrium klorida 	Ada 3 atom Na (ada no 3 di depan) dan 1 atom klorin yang lekat sama.	

JADUAL 3. KERANGKA ALTERNATIF PELAJAR 5 DALAM FASA PERMULAAN

Konsep Alternatif		Rumusan Konsep
iv. 2 molekul air 	Ada 4 H dan 2 O kerana ada no 2 di depan. Semua atom ini bercantum kerana ia milik molekul yang sama.	Gagal membezakan subskrip dan pekali. Kedua-duanya akan menambahkan bilangan atom sesuatu bahan.
v. 3 molekul natrium klorida 	Kerana 1 molekul NaCl terdiri daripada 3 atom Na dan 3 atom Cl yang berikat.	
vi. 2 molekul oksigen 	Kerana molekul oksigen ada 4 atom O akibat no 2 ditambah di depannya.	

Corak Pemahaman Pelajar Bagi Konsep Pekali Dan Subskrip

Bagi mengkaji corak pemahaman pelajar bagi konsep pekali dan subskrip, pelajar diminta meramal struktur molekul bagi 2NaOH , H_2SO_4 , Na_2SO_4 dan H_2O . Daripada analisis kajian, didapati pelajar berjaya memahami konsep pekali dan subskrip pada akhir sesi pembelajaran dengan menggantikan kerangka alternatif mereka dengan konsep-konsep sains. Dalam perisian ini, pelajar akan membentuk hipotesis setelah melakukan aktiviti dalam paparan *Mengimbas Kembali*. Dalam proses pembentukan hipotesis, persoalan yang sering timbul pada minda pelajar adalah, "Apakah bentuk dan struktur molekul-molekul ini?" Pelajar kemudian akan mengesah dan menyemak hipotesis yang dibina dalam paparan *Pengesahan*, *Simulasi Gerakan Molekul* dan *Maklum Balas Komputer*. Kajian menunjukkan kesemua pelajar berpatah balik ke paparan *Pembentukan Hipotesis* untuk membina hipotesis yang baru apabila mereka berada dalam paparan *Simulasi Gerakan Molekul*. Ini menunjukkan bahawa simulasi komputer penting dalam membantu pelajar merealisasikan fenomena yang abstrak. Hal ini selari dengan pendapat ramai penyelidik seperti de Jong et. al. (1998), Jonassen et. al. (1998), Thomas Hooper (1991),

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM
FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Windschitl dan Andre (1998), Hudson (1994), Lewis et. al. (1993) dan Tao dan Gunstone (1999). Dapatan kajian juga menunjukkan kebanyakan pelajar gagal memberi hipotesis yang tepat melalui penerangan dalam *Muklum Balas Komputer* tanpa memerhatikan simulasi komputer. Daripada temubual dengan pelajar, didapati maklum balas komputer ini berperanan dalam menambahkan pemahaman pelajar mengenai simulasi komputer.

Hasil analisis data akan dibincang berdasarkan dua kesukaran yang dihadapi oleh pelajar, iaitu fungsi pekali dan fungsi subskrip.

1) Fungsi Pekali

Didapati tujuh orang pelajar membina hipotesis yang salah dalam paparan *Pembentukan Hipotesis*. Hipotesis yang diberi dapat dikategorikan kepada dua kumpulan, iaitu pekali tidak mempengaruhi bilangan atom dan molekul, serta pekali mempengaruhi bilangan atom unsur pertama. Dalam artikel ini hanya corak pemahaman pelajar 12 dan 13 sahaja yang akan dibincangkan. Pelajar 12 berpendapat bahawa penambahan pekali kepada suatu formula tidak mempengaruhi bilangan atom dan molekul yang hadir dalam formula tersebut. Pelajar ini memerlukan hanya satu kali percubaan sahaja untuk memperolehi konsep yang tepat. Proses kefahaman pelajar ini ditunjukkan secara terperinci dalam Jadual 4. Dalam cubaan yang pertama, pelajar membina hipotesis berdasarkan kerangka alternatifnya. Struktur molekul 2NaOH , $2\text{H}_2\text{O}$ dan 2O_2 yang diberi adalah sama dengan struktur molekul NaOH , H_2O dan O_2 . Alasan yang diberi adalah kerana molekul-molekul tersebut masih merupakan bahan yang sama walaupun telah ditambah dengan pekali di hadapannya. Pekali hanya berperanan dalam menyeimbangkan persamaan tindak balas dan ia tidak membawa kesan kepada struktur sesuatu molekul seperti temubual yang ditunjukkan di bawah:

Penyelidik : Mengapa struktur molekul $2\text{H}_2\text{O}$ anda adalah sama dengan struktur molekul H_2O ?

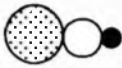
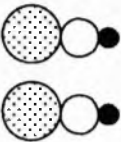


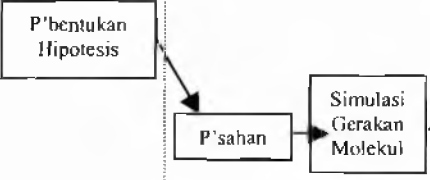

Pelajar 12 : Sebab ia adalah bahan yang sama, iaitu air. Walaupun no 2 ditambah, ia masih merupakan air dan ...kita tahu struktur molekul air adalah macam ini. Bahan yang sama akan mempunyai struktur molekul yang sama, kan?

'Penyelidik : Kalau macam itu, apakah peranan angka 2? Mengapa ia ditambah?

Pelajar 12 : Untuk seimbangkan persamaan kimia. ...ia tidak berguna semasa melukis molekul... hanya akan berfungsi apabila formula itu dimasukkan dalam satu persamaan.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

JADUAL 4. PROSES PERUBAHAN PENKONSEPAN PELAJAR 12

Tajuk	Hipotesis yang Dibina		Konsep Tepat	
Respon Pelajar	i. 2NaOH 	1 atom Na berikat dengan 1 atom O dan 1 atom O berikat dengan 1 atom H. Begitulah rupabentuk molekul NaOH.	i. 2NaOH 	Ada 2 molekul NaOH. No 2 mewakili ada 2 molekul NaOH. Molekul yang berlainan harus berpisah.
	ii. $2\text{H}_2\text{O}$ 	Walaupun ada 2 di depan, ia masih merupakan air. Angka 2 hanya berfungsi semasa menulis persamaan kimia.	ii. $2\text{H}_2\text{O}$ 	Ada 2 molekul air kerana 2 besar di depan menunjukkan ada 2 molekul seperti ini yang masing-masing berpisah.
Rumusan Konsep	Pekali tidak mempengaruhi bilangan atom dan bilangan molekul sesuatu bahan. Ia hanya berperanan untuk menyeimbangkan persamaan.		Pekali akan menambah bilangan atom dan bilangan molekul yang hadir.	
Aktiviti Perisian				
Gerakan Fasa	Fasa Fokus	Fasa Cabaran	Fasa Fokus	Fasa Aplikasi

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM
FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Pelajar kemudian membuat pengesahan dan penyemakan dalam paparan *Pengesahan* dan *Simulasi Gerakan Molekul*. Paparan-paparan ini merupakan maklum balas komputer dalam bentuk penerangan dan animasi komputer kepada hipotesis yang dibina. Struktur molekul yang ditunjukkan dalam paparan *Simulasi Gerakan Molekul* mungkin berbeza dengan struktur molekul yang diramal oleh pelajar. Setelah selesai, pelajar akan patah balik ke paparan *Pembentukan Hipotesis* untuk memberi struktur molekul yang tepat. Jika dikaji dengan teliti struktur dan penerangan yang diberi, boleh dikatakan pelajar 12 telah memahami konsep pekali dan fungsinya. Misalnya, molekul 2NaOH yang diberi terdiri daripada dua molekul natrium hidroksida yang terpisah. Menurutnya, angka 2 mewakili 2 molekul natrium hidroksida yang terpisah. Begitu juga halnya dengan molekul $2\text{H}_2\text{O}$. Ini menunjukkan bahawa pelajar telah memahami fungsi pekali, iaitu ia bukan hanya digunakan dalam menyeimbangkan persamaan tindak balas kimia, tetapi ia juga dapat mengubah bilangan molekul sesuatu bahan di samping bilangan atom yang wujud dalam molekul tersebut.

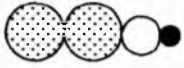
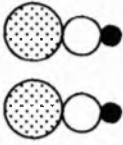


Pelajar 13 membina hipotesis yang berbeza daripada pelajar-pelajar yang lain. Ia berpendapat bahawa pekali hanya mempunyai kesan ke atas bilangan atom bagi unsur pertama dalam suatu formula sahaja. Justeru itu, kita dapati terdapat 2 atom natrium, 1 atom oksigen dan 1 atom hidrogen yang masing-masing bergabung dalam molekul 2NaOH . Molekul $2\text{H}_2\text{O}$ pula, mengandungi 4 atom hidrogen dan 1 atom oksigen (Jadual 5). Daripada penerangan, didapati pelajar ini telah memahami bahawa 2NaOH dan $2\text{H}_2\text{O}$ terdiri daripada 2 molekul natrium hidroksida dan 2 molekul air. Walau bagaimanapun, ia didapati cenderung untuk menyamakan formula molekul dengan ungkapan matematik. Misalnya, bagi mereka, 2NaOH sama dengan $2abc$ dan $2\text{H}_2\text{O}$ sama dengan $2(2a)b$ dengan a , b dan c adalah pemboleh ubah. Hal ini jelas ditunjukkan oleh transkrip temubual berikut:

Penyelidik : Mengapa terdapat dua atom Na, satu atom O dan satu atom H dalam formula 2NaOH ?

Pelajar 13 : Oh...sebab ada angka 2 di depan. Macam dalam matematiklah. 2NaOH boleh disamakan dengan $2abc$... ada dua a , satu b dan satu c . $2\text{H}_2\text{O}$ pula, sama dengan dua kurungan- $2a$, kemudian darab dengan b . Hasilnya ialah $4ab$. So, ada empat H dan satu O dalam $2\text{H}_2\text{O}$.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

JADUAL 5. PROSES PERUBAHAN PENGKONSEPAN PELAJAR 13

Tajuk	Hipotesis yang Dibina		Konsep Tepat	
Respon Pelajar	iii. 2NaOH 	Bentuk molekul natrium hidroksida sedemikian kerana terdapat 2 molekul NaOH. Terdapat 2 atom Na, 1 atom O dan 1 atom H.	iii. 2NaOH 	Terdapat 2 molekul NaOH yang berasingan. Sebanyak 2 atom Na, 2 atom O dan 2 atom H hadir. (Semua atom kena bercampur)
	iv. $2\text{H}_2\text{O}$ 	Ada 2 molekul H_2 dan 1 atom O. Molekul hidrogen wujud semula jadi. Oleh itu, ia tak berikat dengan atom lain. O bersendirian kerana tiada atom O lain untuk dikiat.	iv. $2\text{H}_2\text{O}$ 	Ada 2 molekul air. Ini bermakna ada 2 bentuk di mana 1 atom O lekat pada 2 atom H.
Rumusan Konsep	Pekali hanya akan menambah bilangan atom bagi unsur pertama dalam suatu formula.		Pekali akan menambah bilangan atom bagi semua unsur yang wujud dalam formula.	
Aktiviti Perisian	P'btkan Hipo → P'sahan → Sim Gerak Mole → M/B Komp → Sim Gerak Mole		P'entukan Hipotesis → Latihan Refleksi	
Gerakan Fasa	Fasa Fokus	Fasa Cabaran	Fasa Fokus	Fasa Aplikasi

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Langkah-langkah penyemakan dilakukan selepas ini dan didapati pelajar 13 pergi ke tiga paparan yang berbeza dengan paparan *Simulasi Gerakan Molekul* dilihat sebanyak dua kali. Ini diikuti pula dengan aktiviti pembentukan hipotesis yang baru. Struktur molekul yang diberi kali ini tepat. Penerangan jelas menunjukkan pelajar 13 telah memahami fungsi pekali. Dengan bantuan paparan *Simulasi Gerakan Molekul*, pelajar faham bahawa penambahan pekali kepada sesuatu molekul bukan sahaja akan mempengaruhi bilangan molekul yang hadir, malah bilangan atom juga bertambah. Dalam erti kata lain, pekali akan menambahkan bilangan atom semua unsur yang wujud dalam sesuatu molekul dan bukan hanya unsur pertama sahaja. Transkrip berikut diperolehi daripada temubual dengan pelajar ini selepas konsep tepat dibina.

Penyelidik : Mengapa struktur molekul anda berbeza daripada yang sebelumnya?
Apakah yang menyebabkan anda menukar jawapan anda?

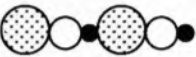
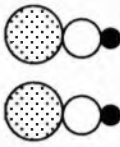


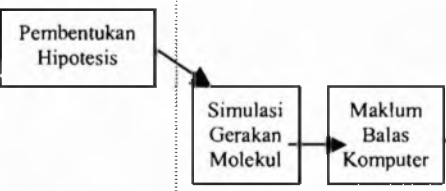

Pelajar 13 : Simulasi komputer bagi tahu saya struktur molekul saya itu salah. Bilangan atom juga tak betul. Perlu ada dua Na, dua O dan dua H dalam dua molekul NaOH...saya rasa nombor di depan akan menambah bilangan atom semua bahan. Ia tak sama seperti dalam matematik, cuma yang pertama saja yang bertambah.

2) Fungsi Subskrip

Daripada analisis data, didapati lima orang pelajar gagal memahami fungsi subskrip, iaitu pelajar 4, 5, 7, 9 dan 11. Dalam perbincangan ini, hanya corak pemahaman pelajar 5 sahaja yang akan dibincangkan dan ia ditunjukkan dalam Jadual 6. Daripada hipotesis yang diberi dalam cubaan pertama, didapati bilangan atom bagi setiap jenis unsur yang diberi adalah tepat. Menurut pelajar 5, pertambahan bilangan atom ini berpunca daripada angka yang ditambah di hadapan formula. Namun, disebabkan kekurangan pengetahuan mengenai fungsi subskrip dan pekali, semua atom yang hadir dalam formula akan digabungkan. Sebagai contoh, 2 atom natrium, 2 atom oksigen dan 2 atom hidrogen yang terdapat dalam molekul 2NaOH akan bergabung antara satu sama lain dengan alasan atom-atom ini berada dalam molekul yang sama.

Daripada penerangan yang diberi, didapati pelajar tidak sedar bahawa pekali akan menambahkan bilangan molekul dan subskrip pula, menambahkan bilangan atom yang hadir dalam molekul tersebut. Pelajar berpendapat walaupun molekul yang telah ditambah dengan pekali mengalami pertambahan bilangan atom, namun ia masih terdiri daripada satu molekul. Hal ini jelas ditunjukkan oleh penerangan bagi 2NaOH . Selepas pembentukan hipotesis, pelajar 5 beralih ke paparan *Maklum Balas Komputer* dan *Simulasi Gerakan Molekul* untuk menyemak ketepatan dan kesahan hipotesisnya.

JADUAL 6. PROSES PERUBAHAN PENGKONSEPAN PELAJAR 5

Tajuk	Hipotesis yang Dibina		Konsep Tepat	
Respon Pelajar	v. 2NaOH 	Molekul yang ditambah 2 di depan ini mempunyai 2 atom Na, 2 atom O dan 2 atom H yang semua berikat kerana ia milik molekul yang sama.	v. 2NaOH 	Kerana no 2 besar bererti ada 2 molekul NaOH yang berpisah. 1 molekul mesti berpisah daripada molekul yang lain.
	vi. $2\text{H}_2\text{O}$ 	Terdapat sebanyak 4 atom H dan 2 atom O dalam molekul air ini.	vi. $2\text{H}_2\text{O}$ 	Ada 2 molekul air yang berpisah. 1 molekul ada 1 O berikat dengan 2 H. 2 kecil bererti ada 2 atom H dalam 1 molekul air.
Rumusan Konsep	Gagal memahami fungsi subskrip. Ia adalah sama dengan pekali kerana kedua-duanya akan menambahkan bilangan atom sesuatu bahan.		Subskrip akan menambahkan bilangan atom dalam sesuatu molekul manakala pekali pula, akan menambahkan bilangan molekul sesuatu bahan.	
Aktiviti Perisian				
Gerakan Fasa	Fasa Fokus	Fasa Cabaran	Fasa Fokus	Fasa Aplikasi

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Daripada data logging yang dihasilkan mendapati pelajar ini kemudian akan patah balik ke paparan *Pembentukan Hipotesis* untuk membina hipotesis yang tepat. Didapati pelajar 5 telah berjaya memberi struktur molekul beserta penerangan yang tepat. Jika dibandingkan penerangan pelajar bagi 2NaOH dalam bahagian pembentukan hipotesis dan konsep akhir, didapati pelajar telah mengalami perubahan pengkonsep dengan menggantikan kerangka alternatifnya dengan konsep tepat. Penerangan untuk $2\text{H}_2\text{O}$ jelas membuktikan bahawa pelajar 5 telah dapat mengenali perbezaan di antara subskrip dan pekali. Ia sedar bahawa pekali (angka besar di hadapan formula) akan menambahkan molekul sesuatu bahan manakala subskrip (angka kecil dalam formula) pula, akan menambahkan bilangan atom dalam molekul tersebut.

PENUTUP

Kerangka alternatif yang dipegang oleh pelajar seringkali menghambat proses pengajaran dan pembelajaran sains. Menyedari hakikat ini, satu perisian prototaip telah dibina berasaskan Model Generatif-Inkuiri bagi meningkatkan kefahaman pelajar dalam konsep pekali dan subskrip. Dapatan kajian mendapati pembentukan hipotesis yang merupakan idea asal pelajar seringkali bercanggah dengan konsep sains yang sebenar. Data logging dan pemerhatian menunjukkan simulasi komputer yang berupaya mevisualisasikan konsep abstrak berjaya mewujudkan konflik kognitif. Dengan konflik kognitif ini, pengakomodasian minda berlaku dan ini seterusnya membawa kepada pembentukan konsep tepat. Justeru itu, jelas bahawa dengan bantuan simulasi komputer, pelajar dapat mengubah atau memperbetulkan kerangka alternatif mereka dengan lebih mudah dan efektif. Model Generatif-Inkuiri yang menjadi asas kepada pembangunan perisian, terdiri daripada empat fasa utama yang memberi kebebasan kepada pelajar untuk bergerak ke mana-mana fasa yang diinginkan pada bila-bila masa. Selain itu, mereka juga boleh mengulangi sesuatu paparan tertentu tanpa hadnya. Dengan cara ini, mereka dapat menentukan corak pembelajaran di samping membentuk konsep yang tepat pada akhir sesi pembelajaran. Oleh yang demikian, jelaslah bahawa Model Generatif-Inkuiri ini sesuai digunakan bagi memupuk pembentukan konsep tepat pada pelajar dalam situasi pembelajaran berkomputer.

RUJUKAN

- Akerson, V. L., Flick, L. B. & Lederman, N. G. (2000). The Influence of Primary Children's Ideas in Science on Teaching Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 363-385.
- Arons, A.B. (1997). *Teaching Introductory Physics*. New York: John Wiley & Sons.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1987). Students' Visualisation of a Chemical --Reaction. *Education in Chemistry*, 24, 117-120.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1988). Theories, Principles and Laws. *Education in Chemistry*, 5, 89-92.
- Bianchini, J.A. & Colburn, A. (2000). Teaching The Nature of Science Through Inquiry To Prospective Elementary Teachers: A Tale of Two Researchers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 177-209.
- de Jong, T., van Joolingen, W., Swaak, J., Veermans, K., Limbach, R., King, S. & Gureghian, D. (1998). Self-Directed Learning in Simulation-Based Discovery Environments. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 14, 235-246.
- Denny, M. (1986). Science Practicals: What Do Pupils Think? *European Journal of Science Education*, 8(3), 325-336.
- Driver, R. (1981). Pupils' Alternative Framework in Science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). Constructivist Approach To Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Dweck, C.S. (1986). Motivational Processes Affecting Learning. *American Psychologist*, 41(10), 1040-1048.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J. & Hackling, M. W. (1995). Students' Alternative Conceptions in Chemistry : A Review of Research and Implications For Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- George, C. (1991). School Science and Ethnoscience. *Journal of Science and Mathematics Education in South East Asia*, 14(2), 27-36.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM
FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

- Germann, P. J., Haskins, S. & Auls, S. (1996). Analysis of Nine School Biology Laboratory Manuals : Promoting Scientific Inquiry. *Journal of research in Science Teaching*, 33(5), 475-499.
- Gredler, E.M. (1997). *Learning and Instruction: Theory Into Practice*. Columbus, Ohio: Prentice-Hall.
- Hewson, M. G. & Hewson, P. W. (1983). Effect of Instruction Using Students' Prior Knowledge and Conceptual Change Strategies on Science Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731-743.
- Hudson, T. (1994). *Developing Pupils' Skills*. dlm R. Levinson, *Teching Science*. New York: Open University Press.
- Jonassen, D. H., Carr, C. & Yueh, H. P. (1998). Computers As Mindtools For Engaging Learners in Critical Thinking. *Tech Trends*, 43(2), 24-32.
- Kahn, B. (1985). *Computers in Science*. New York: Cambridge University Press.
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and The Development of Thinking*. Belmont, CA : Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A.E. & Weser, J. (1990). The Rejections of Nonscientific Beliefs About Life: Effects of Instruction And Reasoning Skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 586-606.
- Lewis, F.L., Stern, J.L., Linn, M.C. (1993). The Effect of Computer Simulations on Introductory Thermodynamics Understanding. *Educational Technology*, 33(1), 45-58.
- Linn, M.C., diSessa, A., Pca, R.D. & Songer, N.B. (1994). Can Research On Science Learning and Instruction Inform Standards For Science Education? *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 125-167.
- Mohd Yusof b. Arshad (1995). Students' Conceptions of Chemical Subscripts in Chemical Formulae and Equations. *Jurnal Pendidikan Universiti Teknologi Malaysia*, 1(2), 38-60.
- Niaz, M. & Lawson, A. A. (1985). Balancing Chemical Equations: The Role of Development Level and Mental Capacity. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 41-45.
- Osborne, R.J. & Bell, B.F. (1983). Science Teaching and Children's Views of The World. *European Journal of Science Education*. 15(1), 1-14.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALI DAN SUBSKRIP DALAM
FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

- Osborne, R. & Freyburg, P. (1985). *Learning in Science: The Implications of Children's Science*. Birkenhead, Auckland : Heinemann.
- Osborne, R. J. & Gilbert, J. (1980). A Technique for exploring Students' Views of The World." *Physics Education*, 15, 376-379.
- Osborne, R.J. & Wittrock, M.C.(1983). Learning Science: A Generative Process. *Science Education*, 67(4), 489-504.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1981). Accommodation of a Scientific conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Savoy, I.G. (1988). Balancing Chemical Equations. *School Science Review*, 6, 713-720.
- Schwab, J. J. (1963). *The Biology Teacher Handbook*, New York: Wiley.
- Screen, P.A. (1986). The Warwick Process Science Project. *School Science Review*. 67, 242-234.
- Siw Heng Loke (1993). Pergerakan Konsepsi Alternatif : Pengaruh Dan Implikasinya Atas Pendidikan Sains di Malaysia. dlm. Jawatankuasa Penerbitan Khas Fakulti Pendidikan *Pendidikan Di Malaysia: Arah Dan Cabaran*. Kuala Lumpur: Fakulti Pendidikan, Universiti Malaya.
- Tao, Pin-Kee & Gunstone, R. F. (1999). The Process of Conceptual Change in Force and Motion During Computer-Supported Physics Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 859-882.
- Tasker, C.R. (1981). Children's View and Classroom Experiences. *Australian Science Teaching Journal*, 27 (3). 51-57.
- Thomas, R. & Hopper, E. (1991). Simulations: An Opportunity We are Missing. *Journal of Research on Computing in Education*, 23(4). 497-512.
- Trowbridge, L. W. & Bybee, R. W. (1990). *Becoming a Secondary School Science Teacher*. Columbus: Merrill.
- West, L. H. & Pines, A. L. (1985). *Cognitive Structure And Conceptual Change*. New York: Academic Press.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MEMAHAMI KONSEP PEKALJ DAN SUBSKRIP DALAM
FORMULA DAN TINDAK BALAS KIMIA

Windschitl, M. & Andre, T. (1998). Using Computer Simulations To Enhance Conceptual Change: The Roles of Constructivist Instruction and Student Epistemological Beliefs. *Journal of Research in Science Education*, 35(2), 145-160.

Yarroch, W. L. (1985). Student Understanding of Chemical Equation Balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 449-459.

Nota:

Kajian ini merupakan sebahagian daripada penyelidikan di bawah peruntukkan IRPA: Vot 72122, Evaluating the Levels of Mathematics and Science Understanding. Penghargaan terima kasih kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar.