

**PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI
KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS DALAM
PERSAMAAN KIMIA**

Choo Hooi Ling

Kolej Rima

Johor Bahru, Johor

&

Mohammad Yusof Arshad

Jabatan Pendidikan Sains dan Matematik

Fakulti Pendidikan

Universiti Teknologi Malaysia

ABSTRAK: Pelajar sering menghadapi masalah dalam memahami konsep-konsep abstrak. Salah satu konsep abstrak yang sukar difahami ialah meramal hasil tindak balas kimia. Bagi mengatasi kesukaran dalam meramal hasil tindak balas kimia, artikel ini membincangkan penggunaan simulasi komputer bagi mewujudkan konflik kognitif dan memupuk perubahan pengkonsep. Ini seterusnya meningkatkan keupayaan pelajar dalam meramal hasil tindak balas. Untuk itu, satu perisian yang berasaskan simulasi komputer telah dibina dengan menggunakan Model Generatif-Inkuiri bagi membantu pelajar mempelajari apakah hasil-hasil dalam suatu tindak balas kimia. Bagi menguji keberkesanan perisian yang dibina, seramai lima belas orang pelajar tingkatan empat telah dipilih secara rawak. Interaksi mereka dengan perisian dicerap dan dianalisis melalui kaedah data logging dan temubual. Hasil kajian mendapati penggunaan simulasi komputer yang 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 pengkonsep dalam konsep yang dikaji.

PENGENALAN

Dalam proses pembelajaran, sebelum pelajar menerima pengajaran formal di sekolah, mereka telah mempunyai idea tersendiri mengenai sesuatu fenomena berdasarkan 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 sebenar, sebagaimana 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 meramal hasil kepada suatu tindak balas kimia, pelbagai idea yang tidak tepat telah dikenalpasti.

Kesukaran Dalam Meramal Hasil Tindak Balas Kimia

Persamaan kimia ialah satu pernyataan yang menggambarkan tindak balas kimia yang berlaku dengan menggunakan simbol-simbol (Malone, 1985). Kajian mendapati kebanyakan pelajar sains didapati gagal menulis persamaan kimia yang tepat bagi mewakili tindak balas yang berlaku. Hal ini wujud akibat kesukaran dalam meramal hasil kepada sesuatu tindak balas kimia. Kesukaran ini berpunca daripada kurangnya pengetahuan asas mengenai sifat zarah-zarah dan perubahan yang diwakili oleh suatu persamaan kimia (Ragsdale & Zipp, 1992; Laverty & McGarvey, 1991).

Pelajar sering menulis hasil tindak balas yang tidak mungkin wujud. Menurut kajian yang dijalankan oleh Ragsdale dan Zipp (1992), hanya 27% pelajar berjaya memberi hasil yang tepat kepada tindak balas antara logam kuprum (Cu) dan asid sulfurik (H_2SO_4). Hasil-hasil yang diberi kebanyakannya tidak wujud seperti: $Cu(SO_4)_4^{2+}$, $CuSO_4^{2+}$ dan H_3SO_4 .

Terdapat pelajar yang mencampurkan kesemua reaktan yang mengambil bahagian dalam tindak balas apabila diminta meramal hasil tindak balas kepada suatu tindak balas kimia (Laverty & McGarvey, 1991). Ini bermakna mereka beranggapan tindak balas kimia sebagai satu proses pencampuran reaktan-reaktan yang bertindak. Hal ini terbukti oleh kajian yang dilakukan oleh Laverty dan McGarvey (1991). Dalam kajian tersebut, pelajar-pelajar diminta melukis gambarajah zarah yang mewakili tindak balas antara kuprum karbonat ($CuCO_3$) dan gas oksigen. Sebanyak dua daripada tujuh kumpulan pelajar didapati menggabungkan $CuCO_3$ dan O_2 untuk membentuk hasil tindak balas.

Shollum (1982) juga telah menyatakan bahawa kebanyakan pelajar berpendapat hasil terbentuk dengan cara mencampurkan molekul-molekul reaktan. Ini bermakna molekul-molekul asal tidak hilang dalam proses tindak balas, tetapi ia telah menjadi sebahagian daripada hasil. Pembentukan molekul baru tidak berlaku. Misalnya, dalam kajian yang dijalankan, didapati pelajar-pelajar berpendapat bahawa untuk memperolehi hasil N_2O_5 , molekul N_2 mesti bertindak dengan O_5 .

Strategi Pengajaran Dan Pembelajaran Sains

Kesukaran pelajar dalam meramal hasil tindak balas kimia juga berlaku disebabkan konsep tersebut agak abstrak (Ben-Zvi et al., 1988; Arons, 1997; Osborne & Freyberg, 1985). Pelajar gagal memvisualisasi perubahan yang berlaku pada aras molekul. Keadaan ini bertambah meruncing apabila pelajar dikehendaki menerima secara bulat-bulat fakta dan konsep sains yang disampaikan melalui proses menghafalan (Gredler, 1997).

Menyedari hakikat bahawa pembelajaran konsep sains yang abstrak seringkali menimbulkan kerangka alternatif, usaha telah dilakukan bagi menghasilkan strategi pengajaran yang efektif dalam meningkatkan pembelajaran konsep. Dengan itu, 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

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

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 ini secara 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 itu, pendekatan inkuiri-penemuan terhasil akibat wujudnya keperluan untuk mengajar sains secara aktif, dengan melibatkan penyiasatan dan pengetahuan 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). 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 pengkonsepian ini, Hewson dan Hewson (1984) juga telah mencadangkan strategi perubahan pengkonsepian, iaitu satu situasi ketidakpuasan mesti wujud 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 memfokus 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 pengkonsepian dimotivasi melalui simulasi komputer.

Penggunaan simulasi komputer di dalam bilik darjah juga penting dalam 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 konstruktif berjaya memupuk perubahan konsep (Hewson & Hewson, 1983; Posner et. al., 1982). Perisian simulasi komputer yang berupaya memupuk perubahan konsep seharusnya membenarkan pelajar menguji dan menentusahkan hipotesis melalui proses penyelesaian masalah (Windschitl & Andre, 1998).

Model Generatif mengesyorkan empat langkah yang mesti diikuti dalam proses pengajaran dan pembelajaran berkesan. Pelajar mesti menjalani segala aktiviti dalam sesuatu fasa tertentu sebelum

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS KIMIA

boleh meneruskan pembelajarannya ke fasa yang seterusnya. Walau bagaimanapun, Model Generatif tidak berbincang 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.

Dengan diberikan kebebasan kepada pelajar untuk menyiasat, membina dan menemui konsep sains, pembelajaran sains bukan sahaja dapat melibatkan lebih banyak aktiviti kognitif, malah berupaya meningkatkan kemahiran berfikir pelajar (Trowbridge & Bybee, 1990). 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 Model Generatif dan Pendekatan Inkuiri-Penemuan dan 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 kemahiran proses sains dan boleh dirujuk dalam Choo Hooi Ling & Mohammad Yusof (2001)

OBJEKTIF KAJIAN

Berdasarkan kepada kesukaran pelajar dalam meramal hasil tindak balas kimia serta kelebihan penggunaan simulasi komputer dalam mempelajari konsep-konsep sains, maka objektif kajian adalah untuk mengkaji keberkesanan simulasi komputer dalam meningkatkan keupayaan pelajar meramal hasil tindak balas kepada suatu tindak balas kimia dengan menggunakan Model Generatif-Inkuiri.

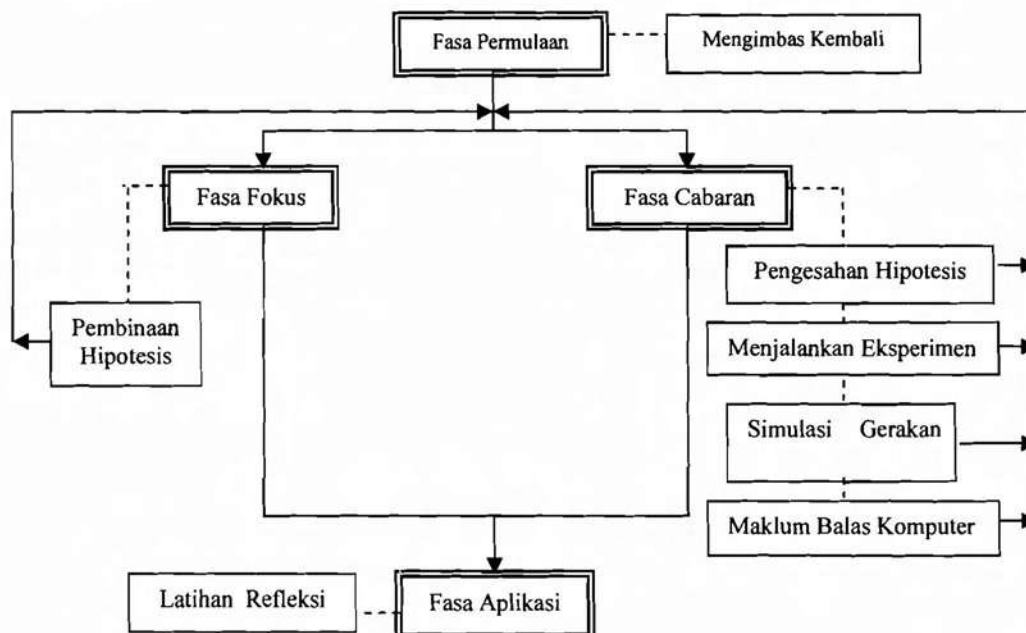
METODOLOGI KAJIAN

Model Kajian

Kajian 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 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. Seramai 15 orang pelajar tingkatan empat dipilih secara rawak di sebuah sekolah menengah di Johor Bahru telah digunakan dalam kajian ini.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS KIMIA

Rajah 1: Model Generatif-Inkuiri



Kandungan Perisian

Perisian yang dibina bermula 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 dan bebas mengulangi mana-mana langkah pada bila-bila masa (Rajah 1). Aktiviti perisian bermula dengan meramal apakah hasil kepada beberapa tindak balas kimia yang ringkas. Dalam paparan *Mengimbas Kembali*, pelajar boleh menarik hasil-hasil yang tepat ke dalam petak-petak yang disediakan. Pelajar dikehendaki memberi alasan atau penjelasan kepada setiap jawapan mereka (Rajah 2). Proses ini dapat membantu pelajar mengimbas kembali pengetahuan sedia ada mereka yang diperlukan dalam menjalankan aktiviti-aktiviti pembelajaran yang seterusnya.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS KIMIA

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

Pelajar memilih hasil yang difikirkan betul dengan menariknya ke dalam ruangan hasil dalam persamaan

Persamaan ringkas tanpa hasil

Penjelasan pelajar kepada jawapan

Peringkat yang seterusnya ialah pembentukan hipotesis. Dalam kajian ini, tindak balas antara natrium bikarbonat (NaHCO_3) dan kalsium klorida (CaCl_2) dalam keadaan berair telah digunakan. Pelajar dikehendaki meramal apakah hasil bagi tindak balas tersebut 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 tindak balas kimia adalah konsisten dengan pengetahuan sedia ada (Rajah 3).

Rajah 3. Paparan 'Pembentukan Hipotesis' membenarkan pelajar meramal hasil bagi tindak balas antara natrium bikarbonat dan kalsium klorida dalam keadaan berair

Pelajar memilih hasil yang difikirkan betul dengan menariknya ke dalam petak kosong yang terdapat dalam persamaan

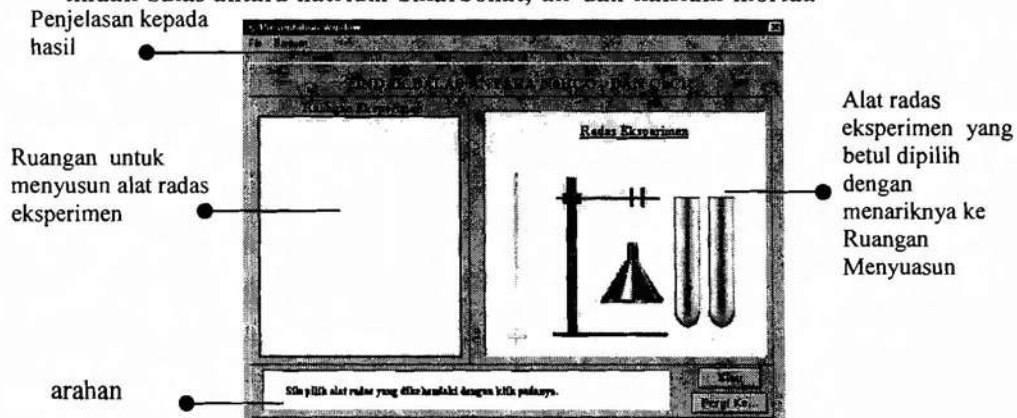
Hasil ramalan pelajar yang pertama

Petak kosong untuk diisi hasil ramalan pelajar

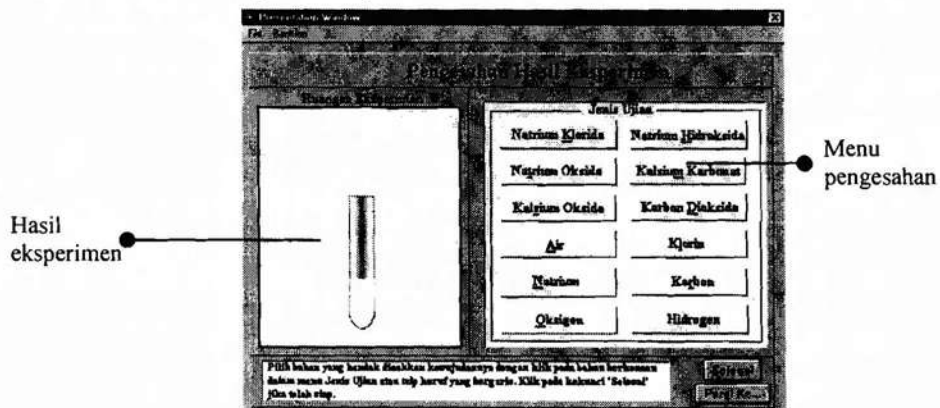
PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS KIMIA

Apabila hipotesis telah dibina, pelajar berpeluang mengesahkan hipotesis yang telah dibina dalam paparan *Menjalankan Eksperimen* (Rajah 4). Dalam paparan ini, pelbagai alat radas seperti kelalang kon, tabung uji kaki retot dan sebagainya, disediakan dalam bentuk yang tidak tersusun. Pelajar kemudian diminta untuk memilih dan menyusun alat radas tersebut, mengisinya dengan bahan kimia yang sesuai, melakukan pemerhatian, merekod data dan menguji hasil-hasil tindak balas yang diramal. Berdasarkan pengesahan yang dilakukan, pelajar dapat menentukan hipotesis mana yang betul (Rajah 5).

Rajah 4. Paparan 'Menjalankan Eksperimen' membolehkan pelajar mengkaji hasil tindak balas antara natrium bikarbonat, air dan kalsium klorida



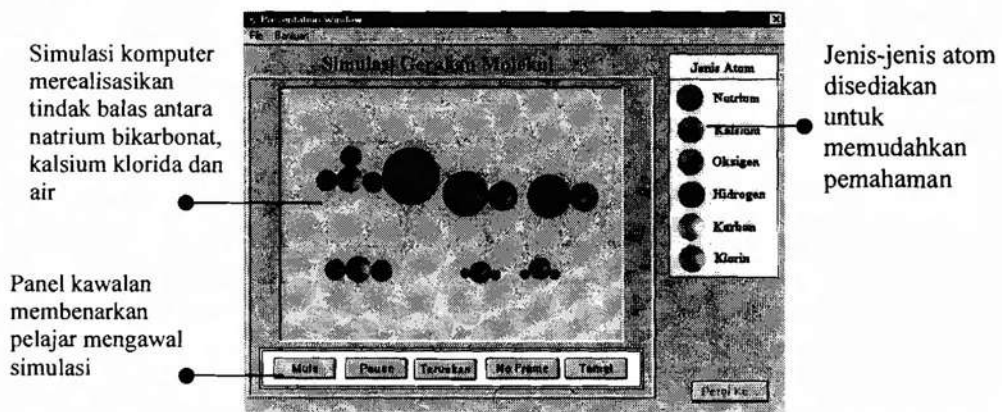
Rajah 5. Paparan 'Pengesahan' membolehkan pelajar mengesahkan kewujudan sesuatu dalam hasil eksperimennya



PENGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS KIMIA

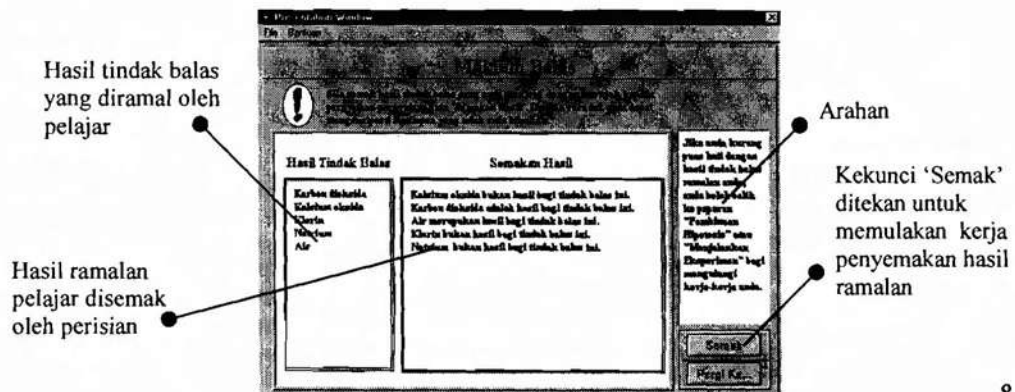
Kemudian, satu simulasi komputer yang menunjukkan tindak balas antara natrium bikarbonat, kalsium klorida dan air pada aras mikro ditunjukkan. Di sini, pelajar dapat membandingkan hipotesis yang dibina sebelum ini dengan simulasi tindak balas yang sebenar yang ditunjukkan oleh perisian (Rajah 6).

Rajah 6. Paparan 'Simulasi Gerakan Molekul'



Selain daripada itu, komputer juga menyenaraikan kesilapan-kesilapan yang telah dilakukan dalam paparan *Maklum Balas Komputer*. Dengan cara ini, pelajar dapat mengimbas kembali hipotesis yang dibina di samping mengenalpasti kesilapan mereka (Rajah 7).

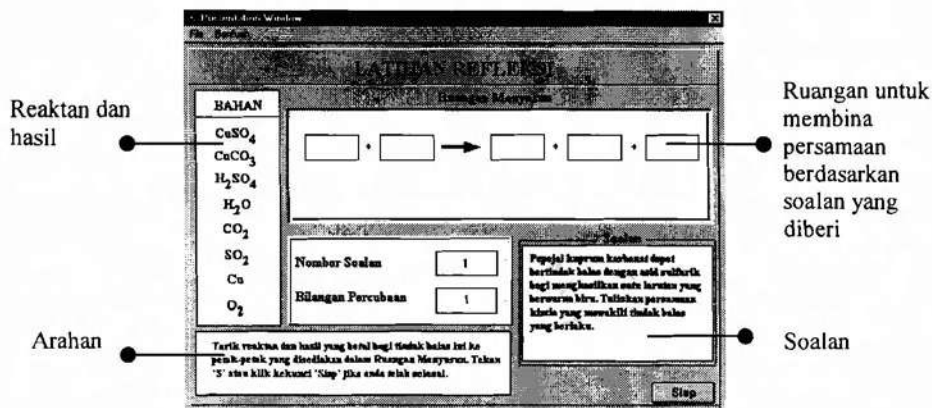
Rajah 7. Paparan 'Maklum Balas Komputer' menyemak hasil ramalan dan menyenaraikan kesilapan-kesilapan yang dilakukan.



PENGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS KIMIA

Di peringkat akhir pula, pelajar diberi latihan pengukuhan dengan mengaplikasi konsep yang dipelajari dalam situasi baru. Bagi tujuan ini, pelajar diberi pelbagai situasi yang berlainan dan mereka diminta meramal hasil yang terbentuk dalam paparan *Latihan Refleksi* (Rajah 7). Petunjuk akan diberi sedikit demi sedikit jika pelajar gagal melakukannya.

Rajah 7. Paparan ‘Latihan Refleksi’ memerlukan pelajar menulis persamaan kimia berdasarkan tindak balas yang diberi.



Bagi mengkaji kesesuaian model yang dicadangkan, 15 orang pelajar tingkatan empat daripada salah sebuah sekolah menengah di daerah Johor Bahru telah dipilih. Data dikutip secara *data logging* apabila mereka berinteraksi dengan komputer dan dibantu dengan kaedah temubual bagi melihat perubahan pengkonsepkan bagi konsep yang dikaji.

KEPUTUSAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Penggunaan Simulasi Komputer Dalam Membantu Meramal Hasil Tindak Balas

Bagi mengkaji corak pemahaman pelajar dalam meramal hasil tindak balas kimia, pelajar diminta meramal hasil bagi tindak balas antara natrium bikarbonat (NaHCO_3), kalsium klorida (CaCl_2) dan air (H_2O). Hasil yang terbentuk ialah kalsium karbonat (CaCO_3), natrium klorida (NaCl), karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Aktiviti perisian bermula dengan meramal apakah hasil kepada beberapa tindak balas kimia yang ringkas dalam paparan *Mengimbas Kembali*, iaitu tindak balas antara natrium (Na) dan oksigen (O_2), kalium (K) dan klorin (Cl_2) serta natrium (Na) dan air (H_2O). Hasil yang terbentuk masing-masing ialah natrium oksida (Na_2O), kalium klorida (KCl)

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

dan natrium hidroksida (NaOH) serta gas hidrogen (H_2). Daripada kajian, didapati hampir semua pelajar telah memberi hasil yang tidak mungkin wujud, iaitu NaO_2 , KCl_2 dan NaH_2O .

Analisis kajian mendapati kegagalan pelajar ini disebabkan mereka mempunyai idea bahawa pembentukan hasil sebagai proses penambahan dan bukan interaktif seperti dalam Jadual 1. Atom-atom hidrogen (H), oksigen (O) dan klorin (Cl) tidak boleh hadir dalam bentuk bebas atau bergabung dengan atom yang berlainan jenis. Ia mesti wujud dalam bentuk molekul dwiatom yang tidak boleh dipisahkan. Misalnya, apabila Na bertindak balas dengan O_2 , hasil yang terbentuk ialah NaO_2 kerana gas oksigen tidak boleh dipisahkan menjadi atom-atom O. Hasil daripada tanggapan sebegini, mereka cenderung untuk menggabungkan semua reaktan yang bertindak balas, terutamanya yang berada dalam keadaan gas.

JADUAL 1. HASIL PAPARAN MENGIMBAS KEMBALI BAGI PELAJAR 4 YANG MELIHAT PEMBENTUKAN HASIL SEBAGAI PROSES PENAMBAHAN

Hasil Dari Paparan Mengimbas Kembali		Rumusan Konsep
i. $Na + O_2 \rightarrow NaO_2$	O tidak boleh wujud sebagai atom. Oleh itu, hasil mesti NaO_2 . Jika tidak, satu O tiada pasangan.	Atom yang membentuk gas dwiatom tidak boleh wujud secara bersendirian dalam suatu formula atau persamaan.
ii. $K + Cl_2 \rightarrow KCl_2$	Gas Cl_2 tidak boleh wujud sebagai atom Cl dalam udara.	
iii. $Na + H_2O \rightarrow Na_2O + H_2$	H_2 dalam air berpisah dari O dan membentuk gas H_2 . O yang tinggal bergabung dengan Na membentuk Na_2O . Ini salah. Sepatutnya ialah NaO_2 .	

Selain itu, pelajar juga didapati berpendapat hasil tindak balasnya sedemikian kerana bilangan atom bagi setiap jenis unsur mesti sama di kiri dan kanan persamaan kimia. Justeru itu, mereka menggunakan subskrip untuk mencapai keadaan ini. Sebagai contoh, apabila K bertindak balas dengan gas Cl_2 , molekul KCl terbentuk seperti $K + Cl_2 \rightarrow KCl$. Walau bagaimanapun, persamaan ini tidak seimbang akibat bilangan atom Cl tidak sama di kiri dan kanan persamaan.

PENGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

Oleh itu, angka dua kecil ditambah pada atom Cl sebelah kanan bagi membentuk molekul KCl_2 . Hal yang sama juga berlaku pada persamaan-persamaan yang lain (Jadual 2).

JADUAL 2. HASIL DARI PAPARAN *MENGIMBAS KEMBALI* BAGI PELAJAR 11 YANG MENYEIMBANG PERSAMAAN DENGAN SUBSKRIP

Hasil Paparan <i>Mengimbas Kembali</i>		Rumusan Konsep
i. $Na + O_2 \rightarrow NaO_2$	Perlu ada 2 O dalam hasil sebab kiri ada 2.	Bilangan atom setiap jenis unsur di kiri dan kanan persamaan disamakan dengan menggunakan subskrip.
ii. $K + Cl_2 \rightarrow KCl_2$	KCl_2 terbentuk sebab perlu ada Cl_2 di kiri dan kanan.	
iii. $Na + H_2O \rightarrow NaH_2O$	Hasil tak boleh Na_2O atau NaO_2 sebab bilangan atom akan berbeza di kiri dan kanan.	

Dalam proses pembentukan hipotesis, persoalan yang sering timbul pada minda pelajar adalah "Apakah hasil tindak balas yang terbentuk bagi tindak balas antara natrium bikarbonat dan kalsium klorida dalam keadaan berair?" 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 ditunjukkan dengan paparan *Simulasi Gerakan Molekul*. Ini menunjukkan bahawa simulasi komputer penting dalam membantu pelajar merealisasikan fenomena yang abstrak. Hal ini selari dengan pendapat ramai penyeldidik seperti de Jong et.al. (1998), Jonassen et. al. (1998), Thomas dan Hooper (1991), Windschitl dan Andre (1998), Hudson (1994), Lewis et. al. (1993), Tao dan Gunstone (1999).

Dapatan kajian juga menunjukkan kebanyakan pelajar gagal memberi hipotesis yang tepat melalui penerangan dalam *Maklum 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 faktor yang menyebabkan kesukaran pelajar meramal hasil tindak balas kimia, iaitu mereka

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

beranggapan bahawa pembentukan hasil sebagai proses penambahan dan penggunaan subskrip untuk menyeimbangkan persamaan.

1) Pembentukan Hasil Sebagai Proses Penambahan

Seramai lima orang pelajar melihat pembentukan hasil sebagai proses penambahan pada awal pembelajaran, iaitu sesuatu sebatian itu akan mengekalkan sifat unsur-unsur yang membinanya. Walau bagaimanapun, hanya pelajar 4 sahaja yang diambil sebagai contoh untuk dibincangkan dalam artikel ini (Jadual 3). Pelajar 4 memerlukan hanya 1 kali percubaan sebelum memperolehi jawapan yang tepat. Hasil ramalan dalam cubaan pertama terdiri daripada CaO, CO₂, Na, Cl₂, H₂ dan O₂. Ia berpendapat bahawa reaktan-reaktan akan terurai menjadi bahagian Na, HCO₃, Ca dan Cl₂ semasa tindak balas berlaku. Bahagian HCO₃ akan menderma satu atom oksigen kepada H₂O untuk menghasilkan gas hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂). Bahagian HCO₃ yang kehilangan satu atom oksigen akan membebaskan gas karbon dioksida (CO₂). Namun demikian, didapati pelajar ini tidak menerangkan mengenai kehilangan satu atom H dari bahagian ini. Gas klorin pula, tidak diikat dengan atom natrium untuk membentuk NaCl kerana klorin tidak boleh wujud dalam bentuk atom atau berikat dengan atom yang berlainan jenis dengannya.

CaO adalah salah satu hasil yang diberi walaupun pada pendapatnya, unsur oksigen perlu wujud sebagai molekul dwiatom. Daripada penerangan yang diberi, didapati pelajar tidak bersetuju dengan pembentukan CaO kerana baginya, hasil yang tepat sepatutnya ialah CaO₂. Kesilapan ini berlaku adalah disebabkan oleh kecuaiian pembangun perisian itu sendiri. Transkrip temubual berikut jelas menunjukkan bahawa pelajar 4 masih kekal dengan kerangka alternatifnya.

Penyelidik : Anda berpendapat bahawa unsur-unsur oksigen, hidrogen dan klorin hanya boleh wujud sebagai molekul gas dwiatom dan tidak boleh wujud dalam bentuk atom. Bagaimana anda menjelaskan tentang pembentukan CaO? Mengapa oksigen dalamnya wujud sebagai atom?

Pelajar 4 : Ini mungkin kerana...kerana programmer silap tulis. Saya rasa... hasilnya ialah CaO₂. CaO tak mungkin wujud. Oksigen tak boleh wujud sebagai atom dalam udara.

Daripada penerangan yang diberi, jelas bahawa pelajar membina hipotesis berdasarkan kerangka alternatifnya. Dalam suatu tindak balas kimia, reaktan akan terurai kepada atom atau molekul dan bukan ion. Oleh yang demikian, kita dapati pelajar menyatakan bahawa "...logam Ca terpisah daripada gas Cl₂", "...H₂O yang kehilangan O akan membentuk gas hidrogen", "Atom Na wujud sendiri kerana ia adalah logam..." dan sebagainya.

Selepas membentuk hipotesis yang pertama, pelajar kemudian beralih ke paparan yang lain untuk mengesahkan hipotesis yang dibentuk dari segi logik dan kesesuaiannya dengan tindak balas yang diberi. Paparan yang dilalui ialah *Menjalankan Eksperimen, Pengesahan, Maklum Balas*

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS KIMIA

JADUAL 3. PROSES PERUBAHAN PENGKONSEPAN PELAJAR 4 YANG MELIHAT PEMBENTUKAN HASIL SEBAGAI PROSES PENAMBAHAN

Tajuk	Hipotesis Cubaan Pertama	Konsep Tepat
<p>Respon Pelajar</p>	<p>Hasil Na, CaO, CO₂, Cl₂, H₂ dan O₂</p> <p>Penerangan Semua reaktan akan terurai kepada bahagian-bahagian kecil. Na terpisah dari HCO₃ dan logam Ca terpisah dari gas Cl₂. 1 O dari HCO₃ akan bergabung dengan O dalam air untuk membentuk gas O₂. Air yang hilang O akan membentuk gas H₂. Na wujud sendiri sebab ia adalah logam. Cl₂ tidak berikat dengan atom lain sebab ia adalah molekul dwiatom dan boleh wujud secara semula jadi. Logam Ca berikat dengan gas O₂ membentuk CaO kerana atom oksigen tidak boleh wujud bersendirian.</p>	<p>Hasil NaCl, CaCO₃, H₂O dan CO₂</p> <p>Penerangan Dalam tindak balas ini, NaHCO₃ dan CaCO₃ mengalami penguraian kepada ion-ion Na, Cl₂, Ca dan HCO₃. Air tidak mengalami penguraian. Ion Cl berikat dengan Na kerana dua atom ini berlainan cas. Hanya 1 atom Cl sahaja yang berikat dengan Na sebab Na bercas 1 positif dan Cl bercas 1 negatif. Cl₂ adalah molekul, bukan ion. Ion Ca berikat dengan ion karbonat. Gas CO₂ terbebas kerana ada ion HCO₃ dalam bahan yang bertindak balas.</p>
<p>Rumusan Konsep</p>	<p>Atom yang membentuk gas dwiatom tidak boleh wujud sebagai monoatom.</p>	<p>Atom bagi gas dwiatom boleh wujud sebagai monoatom. Ia mesti hadir dalam bentuk molekul dwiatom atau berikat dengan atom lain.</p>
<p>Aktiviti Perisian</p>	<pre> graph LR A[P'btkan Hipo] --> B[Jlnkan Eksp] B --> C[P'sahan] C --> D[M/B Komp] D --> E[Sim Gerak Mole] </pre>	<pre> graph LR A[P'btkan Hipo] --> B[Latihan Refleksi] </pre>
<p>Gerakan Fasa</p>	<p>Fasa Fokus</p> <p>Fasa Cabaran</p>	<p>Fasa Fokus</p> <p>Fasa Aplikasi</p>

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

Komputer dan Simulasi Gerakan Molekul. Ini diikuti pula dengan paparan *Pembentukan Hipotesis* untuk membina hipotesis yang baru, yang selari dengan konsep sains. Didapati pelajar berjaya membetulkan kerangka alternatif dengan memberi hasil tindak balas serta penerangan yang tepat dalam cubaan kali ini.

Pelajar 4 didapati telah mengaitkan tindak balas kimia dengan proses penguraian reaktan kepada ion-ion dan bukan molekul atau atom. Hasil terbentuk dengan penggabungan ion-ion yang berlawanan cas dari reaktan yang berbeza. Misalnya, NaCl terbentuk kerana ion Na yang bercas 1 positif bergabung dengan ion Cl yang bercas 1 negatif. Cl₂ ialah molekul gas klorin yang boleh wujud bebas dalam udara dan ia tidak boleh digabungkan dengan ion-ion yang lain. Atom-atom O, H dan Cl tidak boleh wujud sebagai gas monoatom dalam udara, tetapi ion-ionnya mesti bergabung dengan ion-ion yang sama atau berlainan jenis dengannya.

Paparan *Simulasi Gerakan Molekul* yang berupaya merealisasikan konsep abstrak dan menyedarkan pelajar tentang kewujudan ion-ion akibat proses pemutusan ikatan dalam reaktan dan penggabungan ion-ion tersebut untuk membentuk hasil. Oleh sebab pelajar berupaya memberi jawapan tepat selepas melalui paparan ini, boleh dikatakan bahawa simulasi komputer berupaya mengatasi masalah kesukaran meramal hasil tindak balas kimia. Transkrip temubual berikut jelas menunjukkan perkara ini.

Penyelidik : Paparan mana yang paling banyak membantu anda dalam memperolehi jawapan yang tepat?

Pelajar 4 : Eh...saya rasa simulasi komputer...sebab ia dapat menunjukkan molekul-molekul bahan dan hasil. Paparan lain tak boleh...lebih susah untuk saya faham. Mula-mula saya tak tahu apa yang berlaku semasa tindak balas ni berlaku. Tapi dengan simulasi ini, saya dapat lihat sendiri... So, saya tahu molekul-molekul akan pecah kepada ion-ion dan kemudian ion-ion itu akan bergabung dengan ion-ion yang lain.

2) Penggunaan Subskrip Untuk Menyeimbangkan Persamaan

Daripada paparan *Mengimbas Kembali*, pelajar 3, 7, 9 dan 11 merupakan kumpulan pelajar yang memegang kerangka alternatif yang menyatakan bahawa subskrip boleh digunakan untuk menyeimbangkan persamaan. Jadual 4 menunjukkan pola pemahaman bagi pelajar 11. Hasil ramalannya pelajar ini dalam paparan *Pembentukan Hipotesis* terdiri daripada Na, Cl₂, CaHCO₃ dan H₂O. Daripada penerangan yang diberi, didapati pelajar tidak bercerita mengenai penggunaan subskrip dalam menyeimbangkan persamaan. Ini kerana dengan hasil-hasil tersebut, bilangan atom bagi setiap jenis unsur adalah sama di kiri dan kanan persamaan. Sebaliknya, pelajar ini telah membincangkan hasil-hasilnya dari segi pembentukan dan penggabungan ion,

*
PENGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

atom atau molekul. Baginya, tindak balas kimia merupakan satu proses penguraian reaktan kepada ion, atom atau molekul dan penggabungan zarah-zarah tersebut untuk membentuk hasil.

Menurut pelajar 11, semasa tindak balas berlaku, reaktan-reaktan terurai kepada ion HCO_3 , atom Na dan Ca serta gas Cl_2 . Didapati pelajar ini hanya menganggap HCO_3 sebagai ion. Ini kerana Na, Ca dan Cl_2 adalah logam dan gas yang masing-masing boleh wujud bebas dalam udara tetapi HCO_3 tidak boleh. Oleh itu, ia terpaksa bergabung dengan logam kalsium untuk membentuk CaHCO_3 . Ion HCO_3 tidak boleh terurai untuk membentuk gas hidrogen, karbon dioksida atau oksigen kerana menurutnya, ini akan menjadikan bilangan atom bagi setiap jenis unsur di kiri dan kanan persamaan berbeza. Jika dikaji dengan teliti, didapati penjelasan yang diberi mengandungi banyak kesilapan. Misalnya, "Na terpisah daripada ion HCO_3 untuk membentuk logam Na", " Cl_2 memutuskan ikatan dengan Ca dan membentuk gas Cl_2 ", "Ion HCO_3 berikat dengan logam Ca untuk membentuk CaHCO_3 " dan sebagainya.

Setelah selesai, pelajar akan beralih ke paparan penyemakan dan pengesahan hipotesis, iaitu *Menjalankan Eksperimen, Pengesahan dan Simulasi Gerakan Molekul*. Paparan *Simulasi Gerakan Molekul* menyediakan simulasi komputer yang dapat mevisualisasikan proses yang telah berlaku pada aras molekul. Dengan bantuan paparan ini, pelajar berkemungkinan besar dapat mengesan kesilapannya. Oleh sebab hipotesis yang dibina masih kurang tepat, ia kemudian balik ke paparan *Pembentukan Hipotesis* untuk membina hipotesis yang baru. Didapati pelajar telah berjaya membina konsep tepat.

Daripada penerangan yang diberikan dalam Jadual 4, didapati pelajar 11 telah mengetahui bahawa Ca, Na, HCO_3 dan Cl_2 yang terbentuk akibat proses penguraian adalah ion-ion. Ion-ion dari reaktan berlainan ini kemudian akan bergabung untuk membentuk hasil. Ion Na berikat dengan ion Cl untuk membentuk NaCl. Ion HCO_3 terurai untuk membebaskan gas CO_2 dan berikat dengan Ca untuk menghasilkan CaCO_3 . Oleh itu, hasil yang terbentuk ialah NaCl, CaCO_3 , CO_2 dan H_2O .

Namun, hasil-hasil ini akan menjadikan persamaan tindak balas tidak seimbang. Subskrip tidak boleh digunakan lagi kerana menurutnya, ia adalah milik suatu molekul tertentu. Hal ini jelas ditunjukkan oleh simulasi komputer. Oleh yang demikian, pelajar ini telah mencadangkan penggunaan pekali untuk menyeimbangkan persamaan ini. Pelajar berpendapat bahawa bilangan atom bagi setiap jenis unsur dalam persamaan dapat disamakan dengan menambah angka di hadapan suatu formula.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL HASIL TINDAK BALAS KIMIA

JADUAL 4. PROSES PERUBAHAN PENGKONSEPAN PELAJAR 11 YANG MENYEIMBANG PERSAMAAN TINDAK BALAS KIMIA DENGAN SUBSKRIP

Tajuk	Hipotesis Cubaan Pertama	Konsep Tepat
Respon Pelajar	<p>Hasil Na, CaHCO₃, Cl₂ dan H₂O</p> <p>Penerangan Semasa tindak balas, semua reaktan terurai kecuali air. Na terpisah dari ion HCO₃ untuk membentuk logam Na. Cl₂ pula, memutuskan ikatan dengan Ca membentuk gas klorin. Ion HCO₃ tak boleh bersendirian sebab ia adalah ion dan bukan molekul. Oleh itu, ia ikat dengan logam Ca membentuk CaHCO₃. HCO₃ tak boleh terurai untuk membentuk gas CO₂, O₂ atau H₂ kerana bilangan atom akan menjadi berbeza di kiri dan kanan persamaan.</p>	<p>Hasil NaCl, CaCO₃, H₂O dan CO₂</p> <p>Penerangan Dalam simulasi, kita tahu HCO₃ juga akan terurai dan berikat dengan ion Ca. Na bergabung dengan ion Cl sebab ia bukan atom tetapi ion. Dalam tindak balas yang melibatkan HCO₃, gas CO₂ akan terbebas. Atom dapat disamakan dengan menambah angka di depan sesuatu bahan. Angka kecil bukan digunakan untuk menyeimbangkan persamaan, tetapi ia milik sesuatu molekul itu.</p>
Rumusan Konsep	<p>Tindak balas kimia adalah proses penguraian reaktan kepada ion-ion dan penggabungan ion-ion tersebut untuk membentuk bahan baru.</p>	<p>Subskrip tidak boleh digunakan untuk menyeimbangkan persamaan sebab ia milik suatu molekul tertentu. Persamaan diseimbangkan dengan pekali.</p>
Aktiviti Perisian	<pre> graph LR A[P'btan Hipo] --> B[Jlnkan Eksp] B --> C[Pengesahan] C --> D[Sim Gerak Mole] </pre>	<pre> graph LR E[P'btan Hipo] --> F[Latihan Refleksi] </pre>
Gerakan Fasa	<p>Fasa Fokus</p> <p>Fasa Cabaran</p>	<p>Fasa Fokus</p> <p>Fasa Aplikasi</p>

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

PENUTUP

Tindak balas kimia melibatkan banyak konsep yang abstrak dan fenomena ini menyebabkan ramai pelajar menghadapi masalah dalam meramal apakah hasil kepada suatu tindak balas kimia. Menyedari hakikat ini, satu perisian prototaip dibina berasaskan Model Generatif-Inkuiri bagi mengatasi kesukaran ini. Dapatan kajian mendapati hasil ramalan dan penerangan pelajar akan diubahsuai setiap kali mereka melihat pada paparan *Simulasi Gerakan Molekul*. Hasil yang diberi dalam paparan *Mengimbas Kembali*, yang berupa idea asas pelajar seringkali bercanggah dengan konsep sains yang sebenar. Melalui paparan *Simulasi Gerakan Molekul*, satu situasi ketidakpuasan antara konsep baru dengan pengetahuan sedia ada pelajar diwujudkan. Percanggahan idea berlaku dan ini seterusnya membawa kepada berlakunya konflik kognitif pada pelajar. Dengan konflik kognitif yang terhasil ini, pengakomodasian minda berlaku dan ini seterusnya membawa kepada pembinaan konsep baru yang tepat. Oleh itu, jelas bahawa simulasi komputer sesuai digunakan dalam mengatasi masalah kesukaran meramal hasil tindak balas kimia.

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 diingini 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.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

- Choo Hooi Ling & Mohammad Yusof Arshad (2001). Penggunaan Simulasi Komputer bagi Memahami Konsep Pekali dan Subskrip dalam Formula dan Tindak Balas Kimia. *Jurnal Pendidikan Universiti Teknologi Malaysia*, 7, 40-61.
- de Jong, T., van Joolingen, W., Swaak, J., Veermans, K., Limbach, R., King, S. dan Gureghian, D. (1998). Self-Directed Learning in Simulation-Based Discovery Environments. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 14, 235-246.
- 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.
- George, C. (1991). School Science and Ethnoscience. *Journal of Science and Mathematics Education in South East Asia*, 14(2), 27-36.
- 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: 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 (eds) *Teaching 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.
- Laverty, D.T. & McGarvey, J.E.B. (1991). A Constructivist Approach to Learning. *Education in Chemistry*, 28(6), 9-102.
- Lewis, E.L., Stern, J.L. & Linn, M.C. (1993). The Effect of Computer Simulations on Introductory Thermodynamics Understanding. *Educational Technology*, 33(1), 45-58.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

- 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.
- Malone, L. J. (1985). *Basic Concepts of Chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
- 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.
- Osborne, R. & Freyburg, P. (1985). *Learning in Science: The Implications of Children's Science*. Birkenhead: 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.
- Ragsdale, R. O. & Zipp, A. P. (1992). Helping Students to Improve Their Approach to Predicting the Products of Chemical Reactions. *Journal of Chemical Education*, 69, 390-392.
- Schwab, J. J. (1963). *The Biology Teacher Handbook*. New York : Wiley.
- Shollum, B. (1982). *Toward Changing Children's Ideas: Selected Working Papers from the Action-Reaction Phase.* dlm. Osborne, R., Freyberg, P. & Tasker, R. Learning In Science Project. Hamilton, New Zealand: University of Waikato.
- Siow Heng Loke (1993). *Pergerakan Konsepsi Alternatif: Pengaruh dan Implikasinya ke 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.

PENGGUNAAN SIMULASI KOMPUTER BAGI MENGATASI KESUKARAN PELAJAR DALAM MERAMAL
HASIL TINDAK BALAS KIMIA

- 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.
- 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.