

# KAJIAN AWALAN TERHADAP MODEL GENERATIF-METAKOGNITIF UNTUK PEMBANGUNAN PERISIAN PENDIDIKAN BERKOMPUTER BAGI PROSES PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN MATA PELAJARAN SAINS

**Johari Surif<sup>1</sup>, Mohammad Yusof Arshad<sup>1</sup>  
Mohammad Nazir Ahmad @ Sharif<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jabatan Pendidikan Sains dan Matematik, Fakulti Pendidikan

<sup>2</sup>Jabatan Sistem Maklumat, Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat  
Universiti Teknologi Malaysia, Skudai  
81310, Negeri Johor Darul Takzim  
Malaysia

## **Abstrak:**

*Perkembangan Teknologi Maklumat dan Komunikasi (ICT) dikenalpasti berupaya meningkatkan keberkesanan proses Pengajaran dan Pembelajaran (P&P). Gabungan ICT dan teori pendidikan dalam produk perisian Pendidikan Berbantuan Komputer (CBE) dipercayai mampu meningkatkan kefahaman mengenai konsep sains pada aras mikro, meningkatkan strategi metakognitif, membantu membina pengkonsepian saintifik dan mencetus proses kognitif pelajar. Kertas kerja ini mencadangkan sebuah model hasil daripada gabungan Model Generatif dan Metakognitif yang diberi nama Model Generatif-Metakognitif dalam membangunkan produk CBE yang dijangka dapat membantu pelajar menguasai subjek sains secara efektif. Model ini mengutamakan penumpuan kepada perubahan konsep iaitu perubahan kerangka alternatif kepada kerangka saintifik di kalangan pelajar. Keberkesanan mengaplikasikan model ini sedang diuji pada peringkat kajian dalam rangka mempertingkatkan lagi penguasaan sains di kalangan pelajar. Sehingga kini, sebuah perisian prototaip telah berjaya dibangunkan untuk menguji konsep-konsep sains khususnya konsep keabadian jirim yang menjadi asas untuk menguasai konsep sains yang lebih kompleks.*

**Katakunci :** Metakognitif, Generatif, Generatif-Metakognitif, Information Communications Technology, Computer-based Education.

## **1.0 Pengenalan**

Perkembangan ICT telah memberikan impak yang besar terhadap dunia pendidikan khususnya pendidikan sains di Malaysia. Peranan ICT dalam pendidikan sains sering ditumpukan sebagai alat bantu mengajar serta perantara yang menyokong pengorganisasian, pengurusan dan mempertingkatkan proses pengajaran dan pembelajaran (Abdul Razak, 2002) dan yang paling utama untuk mempertingkatkan kefahaman mengenai konsep sains pada aras mikro. Pelbagai inisiatif telah dilaksanakan oleh kerajaan bagi memberi sokongan ke arah mempertingkatkan penggunaan ICT dalam pendidikan sains antaranya melalui pembekalan sebuah komputer kepada guru-guru sains di Malaysia, menubuhkan 90 buah sekolah bestari yang dilengkapi dengan peralatan ICT di seluruh negara dengan matlamat untuk mewujudkan budaya persekolahan berdasarkan kepada masyarakat berpengetahuan, berpemikiran, kreatif dan penyayang menerusi aplikasi teknologi terkini ( Kementerian Pendidikan Malaysia, 1997 ).

## **2.0 Kepentingan Perisian Komputer Dalam Pendidikan Sains**

Terdapat beberapa kepentingan perisian komputer dalam menyumbang perkembangan pembelajaran dan pengajaran sains di kalangan pelajar. Antara yang penting adalah seperti berikut:

### **2.1 Mengatasi Kerangka Alternatif Pelajar.**

Menurut Gunstone (1995) kerangka alternatif yang dimiliki oleh pelajar merupakan idea dan kepercayaan mereka yang berbeza dengan pandangan ahli sains, dipegang dengan kukuh dan menjadi batu penghalang dalam proses pembelajaran dan pengajaran. Pelajar seringkali telah mempunyai pra-pemahaman tersendiri

mengenai sesuatu konsep sains walaupun belum mengikuti pembelajaran formal. Impaknya ia akan menyukarkan penerimaan pengajaran semasa pembelajaran, bahkan amat sukar untuk mengubahnya secara pengajaran sains. Perisian komputer berpotensi untuk membantu pelajar memperbetulkan kerangka alternatif dan meningkatkan pencapaian akademik pelajar dalam mata pelajaran sains (Hameed, et al. 1993, Lazarowitz dan Huppert, 1983; Rogers dan Wild, 1996; Cracolice dan Abraham, 1996; Friedler, et al., 1989). Hameed, et al. (1993) menerangkan bahawa pelajar yang mengikuti kaedah generatif dalam suasana pembelajaran berkomputer berupaya mengubah kerangka alternatif mereka dan membina konsep sains yang tepat.

## **2.2 Meningkatkan Kefahaman Mengenai Konsep Sains Pada Aras Mikro**

Komputer merupakan alat penting dalam membantu menyampaikan konsep sains khususnya kimia yang abstrak, bersifat mikroskopik yang sukar dibayangkan. Sebagai contoh, pelajar lazimnya sering menghadapi kesukaran menggambarkan suatu tindak balas kimia berlaku (Lunetta dan Hofstein, 1981). Komputer dapat memperihalkan imej atom dan molekul yang sukar dibayangkan oleh pelajar (Cracolice dan Abraham, 1996). Zietsman dan Hewson (1986) turut mengesyorkan penggunaan komputer dalam membantu pelajar membina konsep sains yang tepat menerusi paparan grafik dan animasi untuk proses yang dinamik dan memakan masa yang panjang. Kejadian yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar seperti sifat dan ciri-ciri molekul, juga boleh digambarkan dengan menggunakan paparan yang menarik seperti dalam bentuk tiga dimensi. Simulasi merupakan replikasi kepada keadaan sebenar eksperimen (Kahn, 1985). Melalui simulasi di dalam perisian komputer, pelajar berpeluang mempelajari konsep daripada eksperimen komputer yang tidak dapat dilakukan dalam dunia sebenar (Sewell, 1990). Ini selaras dengan pendapat Alessi dan Trollip (1985) yang menyatakan bahawa dalam keadaan simulasi, pelajar berpeluang melakukan aktiviti pembelajaran dalam konteks yang menyerupai keadaan sebenar. Konsep yang abstrak, seperti atom, molekul, tindak balas kimia dan sebagainya, dapat divisualkan secara proses simulasi dan ini seterusnya membantu pelajar dalam memahami sesuatu konsep pada peringkat atom dan molekul (Kahn, 1985).

## **2.3 Meningkatkan Strategi Metakognitif Dalam Proses Pengajaran Dan Pembelajaran**

Perisian komputer berupaya mempertingkatkan strategi metakognitif para pelajar menerusi pembentukan suatu persekitaran masalah yang dikemukakan kepada para pelajar untuk diselesaikan, dan membantu mereka untuk memberi reaksi semula terhadap penyelesaian yang dibuat (Claudia, 2000). Collins dan Brown (1998) menyatakan bahawa proses penyelesaian masalah mengandungi strategi metakognitif seperti kemahiran untuk merancang, menguji dan menilai kembali. Perisian simulasi komputer juga dapat mengoptimumkan penggunaan masa sekaligus memberikan pelajar ruang membuat persoalan sendiri seperti, "apa akan berlaku jika" (Carlsen dan Andre, 1992; Coleman, 1997). Hal demikian, jika ia berterusan terhadap aktiviti pembelajaran mereka, ia mampu menggalakkan perubahan konsep berlaku (Hennessy et al, 1995).

## **2.4 Membantu Membina Pengkonsepian Saintifik**

Perisian komputer juga berupaya membantu pembinaan konsep sains yang tepat. Melalui aktiviti penyelesaian masalah pelajar berpeluang untuk meneroka pengkonsepian sedia ada serta mengalami proses penyelesaian masalah. Proses-proses dalam penyelesaian masalah yang melibatkan keupayaan untuk mengenalpasti masalah, merancang strategi, menilai dan menghubungkan idea-idea yang berkaitan akan mengaktifkan pengetahuan sedia ada dan mengenalpasti kewujudan kerangka alternatif pelajar. Menerusi simulasi komputer, hipotesis yang dibina dapat diuji dan hasil yang diperolehi dapat digunakan untuk mengesahkan ketepatan hipotesis. Proses pengujian dan pengesahan sebegini dapat membantu pelajar memperbetulkan kerangka alternatif mereka dan seterusnya membina konsep sains dengan betul (Windschilt dan Andre, 1998). Perisian komputer juga mampu bertindak untuk menyediakan peristiwa kognitif konflik (Gunstone, 1999). Kajian yang dijalankan membuktikan simulasi komputer yang membentuk kognitif konflik serta sokongan pengajaran guru telah berjaya mempertingkatkan pembinaan konsep pelajar dalam memahami konsep arus litar berbanding pengajaran tradisional (Martinez-Jemenez et al., 1997).

## 2.5 Mencetus Proses Kognitif Pelajar

Komputer dalam keadaan sebenarnya perlu bertindak sebagai alat kognitif yang dapat membantu pelajar dalam proses pembelajaran yang melibatkan orientasi idea, pencetusan idea, penstrukturan semula idea, penggunaan idea dan renungan kembali (Jonassen, et al., 1998). Jika diprogram dan dirancang dengan teliti, alat kognitif dapat mengaktifkan proses pemikiran strategi pembelajaran metakognitif (Witrock, 1994). Ia dapat merangsang dan meningkatkan keupayaan kognitif pelajar, menyelesaikan masalah, belajar dan seterusnya membentuk pengetahuan yang bermakna (Reeves, 1997).

Jonassen (1995) telah menggariskan beberapa kepentingan penggunaan komputer sebagai alat kognitif dalam proses pengajaran dan pembelajaran, iaitu:

- i) Tanpa alat kognitif, pelajar tidak akan berupaya untuk belajar dengan berkesan kerana tiada alat yang dapat menggabungkan pengetahuan yang diperolehi kepada suatu bentuk pengetahuan yang mudah difahami dan bermakna.
- ii) Adalah mustahil untuk seseorang guru menyalurkan fakta dan konsep sains kepada pelajar dalam bentuk yang serba lengkap (Millar dan Driver, 1987). Sebaliknya dengan adanya alat kognitif, pelajar terlibat secara aktif dalam proses membina kefahaman mengenai fenomena alam berdasarkan perspektif sendiri.
- iii) Alat kognitif mengaktifkan strategi pembelajaran secara kognitif dan pemikiran secara kritis. Pelajar terlibat dalam pemrosesan maklumat secara generatif (Witrock, 1994).

Umumnya, perisian komputer mempunyai potensi bagi membantu mempertingkatkan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran sains. Namun, terdapat beberapa kekangan yang perlu di atasi bagi memastikan potensi dan manfaat perisian komputer dapat dicapai.

## 3.0 Latarbelakang Masalah Pembangunan Perisian Pendidikan Berkomputer

Kesemua potensi yang disenaraikan di atas hanya dapat dicapai sekiranya perisian yang dibina dilandaskan kepada suatu model yang mengambilkira kesemua potensi komputer tersebut. Malangnya, walaupun terdapat pelbagai jenis perisian pendidikan di pasaran namun kebanyakannya berkualiti rendah, tidak berasaskan teori pengajaran-pembelajaran (Poppen dan Poppen, 1988) dan tidak mengikut pedagogi yang betul (Schaefermeyer, 1990; Kontos, 1984). Tumpuan telah diberikan kepada merekabentuk teknologi yang lebih canggih dan faktor psikologi kognitif serta keupayaan penyelesaian masalah dan pemupukan pemikiran kritis jarang diperolehi (Ting dan Mohammad Yusof, 2000). Hakikatnya komputer yang canggih dan mahal tidak menjamin kejayaan proses pengajaran dan pembelajaran. Sebenarnya, apa yang lebih penting ialah kualiti perisian dan cara pengendalian aktiviti pengajaran dan pembelajaran yang berupaya meningkatkan kemahiran kognitif seseorang pelajar (Saffrit, et al., 1988). Selain itu, perisian komputer yang digunakan di sekolah dan rumah kebanyakannya berbentuk buku elektronik dengan persembahannya berbentuk urutan yang bersiri dan diselangseli dengan urutan berbentuk 'branching'. Kaedah demikian terikat dengan susunan perkembangan isi pelajaran yang telah ditetapkan dari awal lagi oleh pembinanya (Wan Salihin dan Mohammad Yusof, 1996). Simulasi yang ditunjukkan tidak membenarkan pelajar berinteraksi dengan komputer, tetapi mereka hanya memerhati animasi komputer yang canggih sebagai pengganti kepada gambarajah dan buku teks (Windschilt dan Andre, 1998). Kebanyakan perisian tidak membenarkan pelajar berinteraksi dengan komputer seperti melukiskan sesuatu fenomena pada aras mikroskopik. Dalam hal ini, komputer hanya bertindak sebagai penyampai maklumat yang tidak berupaya untuk mencetuskan proses kognitif pelajar. Bagi menambah daya tarikan, perisian-perisian komputer pada hari ini telah dilengkapi dengan unsur-unsur multimedia, seperti audio, grafik, video, animasi dan teks. Namun demikian, terlalu banyak elemen multimedia dalam perisian akan melambatkan proses pembelajaran. Komputer perlu mengambil masa yang lebih lama untuk memanggil dan menyimpan fail-fail multimedia yang besar. Akibatnya, motivasi pelajar untuk belajar akan berkurangan (Davis dan Crowther, 1995).

Menyedari hakikat inilah, perisian yang dibina bagi membantu proses pengajaran dan pembelajaran sains mestilah dilandaskan dengan model-model pengajaran yang berupaya mengoptimalkan manfaat dengan

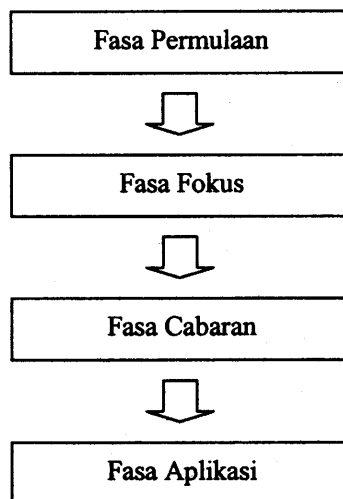
mengambil kira potensi perisian komputer untuk membantu mempertingkatkan proses pengajaran dan pembelajaran. Dalam lain perkataan, model pengajaran perlu berupaya membantu pengkonsepan pelajar, meningkatkan strategi metakognitif, menguasai konsep-konsep sains pada aras makroskopik, mikroskopik dan persimbolan sekaligus merubah pengkonsepan pelajar daripada kerangka alternatif kepada pengkonsepan yang saintifik. Persoalannya, apakah yang dimaksudkan dengan perubahan konsep serta model yang sesuai untuk memenuhi matlamat di atas? Apakah model tersebut dapat diaplikasikan dalam membina perisian komputer?

#### 4.0 Perubahan Konsep

Perubahan konsep merupakan istilah yang digunakan untuk menerangkan perubahan kerangka alternatif pelajar kepada konsep baru yang saintifik hasil daripada pembelajaran yang dialaminya (Gunstone, 1995). Posner, et al (1982) menjelaskan perubahan konsep hanya berlaku sekiranya memenuhi empat syarat iaitu; (1) wujud ketidakpuasan terhadap konsep asal. Keraguan dan rasa tidak puas hati perlu wujud dalam diri pelajar, bahawa terdapat sesuatu yang tidak kena dengan kerangka alternatif mereka. Keadaan ini akan memotivasikan pelajar untuk menilai kembali dan membuat perbandingan dengan konsep baru yang dikemukakan. Ketidakpuasan juga akan memacu pelajar menyiasat dengan lebih mendalam sama ada melalui perbincangan, persoalan atau pemikiran sendiri bagi menemukan konsep baru yang lebih wajar untuk dipegang bagi menyelesaikan permasalahan dalam situasi yang baru. Dengan lain perkataan, pelajar cuba untuk mencari keseimbangan antara struktur pemikiran dengan persekitarannya. Ketidakpuasan yang wujud seterusnya memerlukan konsep alternatif bagi mengembalikan keseimbangan atau rasa kepuasan dalam diri pelajar. Walau bagaimanapun, konsep alternatif tersebut mestilah (2) munasabah, (3) bermakna dan (4) difahami dalam pertimbangan oleh pelajar. Terdapat pelbagai model yang telah diketengahkan oleh pengkaji untuk membantu perubahan konsep di kalangan pelajar. Antaranya ialah:

#### 4.1 Model Generatif

Osborne dan Wittrock (1983); Cosgrove dan Osborne (1995) mencadangkan Model Generatif untuk membantu pelajar dalam mengubah kerangka alternatif kepada konsep saintifik seperti mana ditunjukkan dalam Rajah 1.0.



Rajah 1.0 : Model Generatif

Pelajar akan mengaitkan konsep-konsep baru yang diperolehi dan menjalinkannya dengan rangkaian pengetahuan yang disimpan dalam ingatan jangka panjang mereka. Penstrukturan pemikiran ini hanya akan berlaku sekiranya maklumat yang diperolehi itu dapat diselaraskan dengan pengetahuan sedia ada. Untuk itu, maklumat baru tersebut akan diuji dalam pelbagai situasi yang berbeza sebelum ia boleh disimpan dalam

struktur kognitif. Kegagalan menstruktur atau membina jalinan kognitif, akan menyebabkan pelajar sukar memahami pengetahuan yang disampaikan (Osborne dan Wittrock, 1983).

Osborne dan Wittrock (1983) telah mengemukakan model generatif berdasarkan empat fasa yang perlu dilalui dalam sesuatu proses pembelajaran dan pengajaran, iaitu mengenalpasti kerangka alternatif pelajar pada (1) Fasa Awal, (2) Fasa Fokus iaitu pelajar akan melakukan aktiviti-aktiviti yang tertumpu kepada sesuatu fenomena atau konsep-konsep yang tertentu untuk mengetahui pemikiran mereka menurut perspektif mereka sendiri, (3) Fasa Cabaran iaitu pelajar akan didedahkan dengan situasi kognitif konflik yang menuntut mereka mencari keharmonian dalam struktur pemikiran pelajar. Mereka akan berbincang dengan guru dan rakan-rakan mengenai pendapat atau konsep mereka yang berbeza dan (4) Fasa Aplikasi iaitu pelajar akan didedahkan kepada aplikasi konsep baru yang diterimanya. Keseluruhannya, pelajar akan mampu melaksanakan konsep yang telah dipelajarinya dalam situasi yang baru. Di samping itu, pelajar juga dapat didorong berfikir selaras dengan perspektif yang dikemukakan ahli sains terhadap sesuatu konsep (konsep saintifik yang sejajar dengan pandangan teori dan prinsip-prinsip sains yang telah dibuktikan kebenarannya).

Model Generatif telah dibina untuk memperbetulkan kerangka alternatif tetapi ianya tidak membincangkan secara terperinci cara pelaksanaan yang digunakan (Cosgrove dan Osborne, 1985). Model generatif juga tidak memfokuskan kepada proses peningkatan strategi metakognitif pelajar yang merupakan proses utama untuk membolehkan pelajar memperbetulkan kerangka alternatif mereka dan segera mencorakkannya dengan konsep yang saintifik (Gunstone, 1995). Strategi metakognitif ini merupakan usaha dan pemikiran pelajar yang sentiasa menguji dan melakukan persoalan sendiri terhadap segala tindakan yang difikir dan dilaksanakannya. Tindakan refleksi seperti ini akan membantu pelajar memperbaiki segala kelemahan dan membuka ruang yang lebih luas untuk mempertingkatkan tahap penguasaan mereka terhadap sesuatu konsep (Manning dan Payne, 1996). Selain itu, pemikiran pelbagai aras yang menjadi asas untuk menguasai konsep-konsep sains yang abstrak juga perlu diambilkira (Ben-Zvi, et al., 1987; Ben-Zvi, et al., 1988). Johnstone (1983) menerangkan setiap konsep sains perlu difahami pada tiga aras pemikiran iaitu aras makroskopik, aras mikroskopik dan persimbolan. Sebagai contoh, pelarutan garam (NaCl) di dalam air perlu diterangkan pada aras makroskopik sebagai berlakunya penceraian ikatan ionik pada ion-ion Natrium dan ion-ion klorida yang membentuk hablur garam (aras mikroskopik). Kebanyakan pelajar mampu untuk menerangkan sesuatu fenomena pada aras makroskopik, malangnya mereka sering gagal menerangkannya pada aras mikroskopik dan persimbolan sekaligus mengekang keupayaan mereka dalam menguasai dengan tepat suatu konsep yang dipelajari (Johnstone, 1983)

Oleh itu, kajian yang akan dilaksanakan ini telah mencadangkan beberapa perubahan dalam Model Generatif asal dengan mengambilkira pemikiran pelbagai aras dan strategi metakognitif pelajar dan dinamai sebagai Model Generatif-Metakognitif. Perubahan ini dilihat amat penting untuk melibatkan strategi metakognitif dalam proses pengajaran dan pembelajaran pelajar serta memberi peluang kepada pelajar untuk meningkatkan penguasaan terhadap sesuatu konsep dengan tepat dengan merangkumi aras makroskopik, mikroskopik dan persimbolan.

## 4.2 Model Generatif-Metakognitif.

Model ini dibina berdasarkan Model Generatif yang mengandungi empat fasa (Rajah 1.0). Walau bagaimanapun, Model Generatif-Metakognitif turut menyediakan mekanisme untuk mempertingkatkan strategi metakognitif pelajar di samping menyediakan medium pengajaran dan pembelajaran yang melibatkan pemikiran pelbagai aras.

### 4.2.1 Fasa Permulaan

Fasa Permulaan akan meminta pelajar untuk menyelesaikan suatu permasalahan berkaitan sesuatu konsep yang akan dipelajari. Satu soalan berbentuk objektif akan dikemukakan dengan diikuti oleh beberapa jawapan. Pelajar perlu menjawab soalan yang diberikan dengan memilih jawapan terbaik mengikut kefahaman mereka terhadap konsep tersebut. Soalan ini dibina adalah bertujuan untuk menguji pengetahuan sedia ada pelajar. Oleh itu, jawapan ini akan dijadikan asas untuk meneroka secara lebih mendalam terhadap permasalahan pelajar untuk memahami sesuatu konsep.

#### 4.2.2 Fasa Fokus

Fasa Fokus merupakan susulan terhadap Fasa Permulaan. Pada fasa ini, jawapan pelajar pada Fasa Permulaan akan dihalusi untuk mengesan dengan lebih tepat sebarang kerangka alternatif yang wujud, sama ada pada peringkat makro, mikro atau persimbolan. Pelajar akan diberikan soalan tambahan yang meminta mereka untuk memperincikan kefahaman terhadap konsep yang dikemukakan. Soalan objektif dengan pelbagai jawapan memerlukan pelajar memilih jawapan yang paling sesuai dengan kefahaman mereka. Pelajar juga akan diberikan peluang untuk mengemukakan jawapan yang lain sekiranya tiada jawapan yang seajar dengan pengetahuan sedia ada mereka. Situasi ini diwujudkan bagi memberikan kebebasan dan tidak menyekat pelajar untuk mengemukakan hipotesis mereka. Pada masa yang sama, lebih banyak kerangka alternatif akan dapat dikesan untuk memudahkan cabaran dilaksanakan.

#### 4.2.3 Fasa Cabaran

Dalam fasa ini, pelajar akan didedahkan dengan pelbagai persekitaran yang dapat mewujudkan konflik kognitif dalam peringkat makro, mikro dan persimbolan untuk mencabar kerangka alternatif pelajar. Pelajar akan dipimpin untuk berfikir pada pelbagai aras untuk menukar kerangka alternatif mereka kepada konsep saintifik. Simulasi komputer yang menggambarkan konsep tersebut pada aras makro, mikro dan simbol dipaparkan agar pelajar dapat membandingkan konsep asal dan konsep yang baru. Pada peringkat makro, pelajar akan dibenarkan untuk melakukan eksperimen dalam bentuk simulasi komputer. Pada peringkat mikro, pelajar perlu menggambarkan kewujudan atom dan molekul jirim pada pelbagai fasa yang berlainan. Pada peringkat persimbolan pula, pelajar perlu berupaya untuk membina persamaan kimia yang dapat menggambarkan sesuatu fenomena yang dikaji. Selain itu, pelbagai petunjuk dalam bentuk grafik dan pernyataan teks akan dikemukakan untuk mencabar kerangka alternatif mereka. Kesemua ini bertujuan untuk membantu pelajar membina pengkonsepian yang tepat seajar dengan gaya pembelajaran mereka. Pelajar juga akan diberikan peluang untuk merancang, melaksana dan merefleks kembali pengkonsepian asal mereka dan memperbaikinya sehingga mencapai konsep saintifik.

#### 4.2.4 Fasa Aplikasi

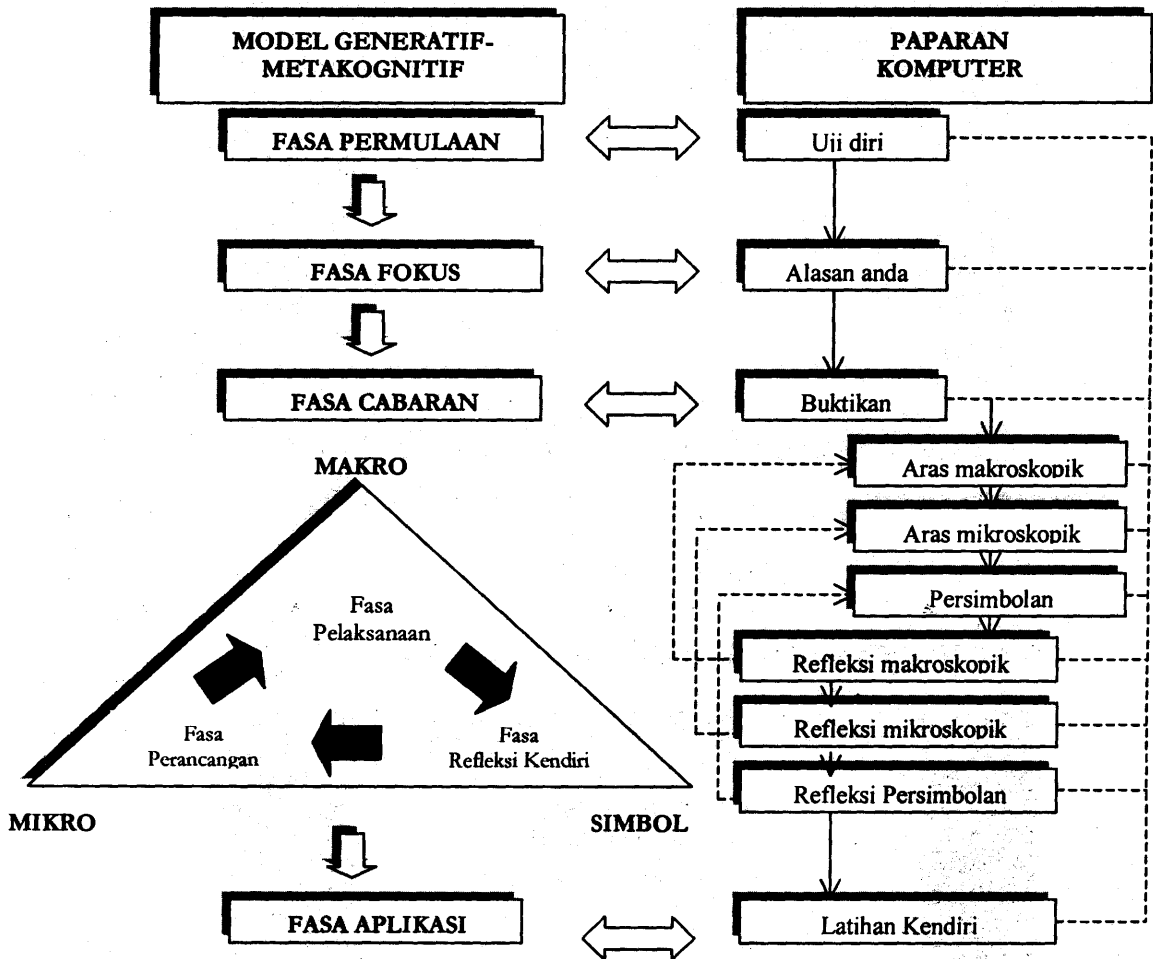
Fasa Aplikasi akan memberi peluang kepada pelajar untuk mengaplikasikan konsep saintifik yang telah dibina dalam Fasa Cabaran ke dalam situasi yang baru. Pelajar akan dikemukakan dengan soalan-soalan yang seajar dengan konsep yang dikuasai pelajar sebelum ini tetapi dalam bentuk yang berlainan. Pelajar perlu mengikuti proses yang dilalui dalam ke tiga-tiga fasa sebelum ini bagi membina pengkonsepian yang tepat. Proses pengulangan ini akan dapat mempertingkatkan pengetahuan dan pengalaman sekaligus menjana kesedaran metakognitif pelajar dan proses refleksi sendiri pelajar. Kesemua proses ini diharapkan akan mempertingkatkan strategi metakognitif pelajar dan sekaligus memperbetulkan kerangka alternatif mereka.

#### 4.2.5 Rumusan

Model Generatif-Metakognitif dijangka berupaya mengemukakan strategi pengajaran dan pembelajaran untuk membantu perubahan konsep di kalangan pelajar daripada kerangka alternatif kepada pengkonsepian saintifik dengan mengambilkira usaha mempertingkatkan strategi metakognitif, pengkonsepian pelajar pada aras makroskopik, aras mikroskopik dan persimbolan dengan sokongan komputer sebagai alat kognitif. Oleh itu, pengaplikasian model ini berupaya diaplikasikan kepada semua konsep sains, walaubagaimanapun bagi kajian awalan, pengaplikasian model ini setakat membina sebuah prototaip perisian komputer dengan ditumpukan terhadap matapelajaran kimia khususnya dalam topik "Konsep Asas Jirim" iaitu (1) konsep keabadian jirim, (2) konsep perubahan fasa, (3) konsep pepejal, cecair dan gas dan (4) konsep tindak balas kimia. Walau bagaimanapun, untuk tujuan penulisan kertas kerja ini, hanya konsep keabadian jirim akan diperbincangkan.

## 5.0 Aplikasi Model Generatif-Metakognitif Dalam Perisian Komputer

Model Generatif-Metakognitif dalam pembinaan perisian komputer didasarkan kepada kerangka kajian yang dibina berdasarkan model tersebut seperti mana dalam Rajah 2.0. Ianya melibatkan empat fasa yang terdiri daripada Fasa Permulaan, Fasa Fokus, Fasa Cabaran dan Fasa Aplikasi.



Rajah 2.0: Kerangka Kajian Berdasarkan Model Generatif-Metakognitif

Bagi setiap fasa pelajar akan berinteraksi dengan komputer sepenuhnya dan guru akan bertindak sebagai fasilitator sahaja. Perisian ini membenarkan pelajar untuk melakukan proses pembelajaran mereka dengan memasuki Fasa Permulaan dan meneruskannya kepada fasa-fasa yang lain menurut urutan yang telah ditetapkan (digambarkan mengikut aliran anak panah yang tidak putus). Walaubagaimanapun, pelajar dibenarkan untuk mengulang kembali kepada mana-mana fasa sebagai langkah untuk membenarkan pelajar melakukan refleksi kepada setiap aktiviti yang dilaksanakan sebagaimana yang digambarkan dalam garis-garis putus di dalam Rajah 2.0. Bagi tujuan tersebut, butang-butang seperti Menu Utama, butang Ke Hadapan, butang Ke Belakang, Menu Bantuan akan sentiasa dipaparkan pada setiap paparan untuk memudahkan pelajar membuat keputusan.

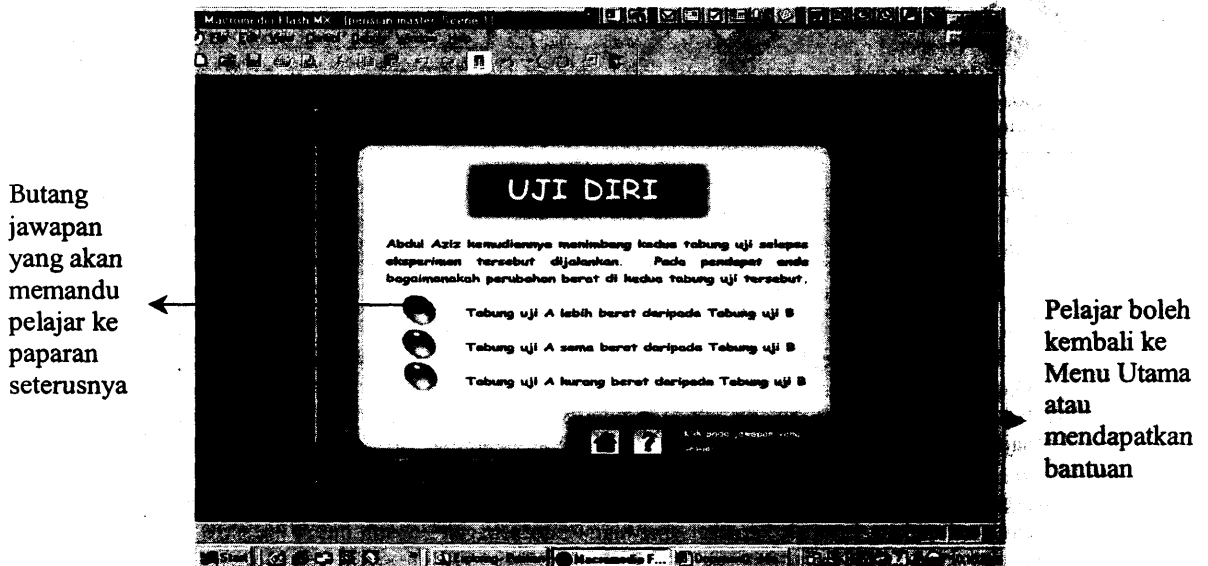
### 5.1 Fasa Permulaan

Berdasarkan Rajah 2.0, fasa ini merupakan fasa pertama dalam Model Generatif-Metakognitif. Pelajar akan dikemukakan dengan paparan Uji Diri yang mengkehendaki pelajar menjawab soalan berbentuk objektif. Soalan ini bertujuan untuk mengenalpasti kerangka alternatif pelajar. Soalan yang dikemukakan berbentuk

pernyataan permasalahan dalam aktiviti harian yang lazim dialami pelajar seperti aktiviti eksperimen di dalam makmal (Rajah 3.0). Soalan ini diikuti dengan jawapan-jawapan yang dibina berdasarkan tinjauan literatur yang mempunyai perkaitan dengan konsep keabadian jirim (Rajah 4.0).



Rajah 3.0: Paparan Uji Diri



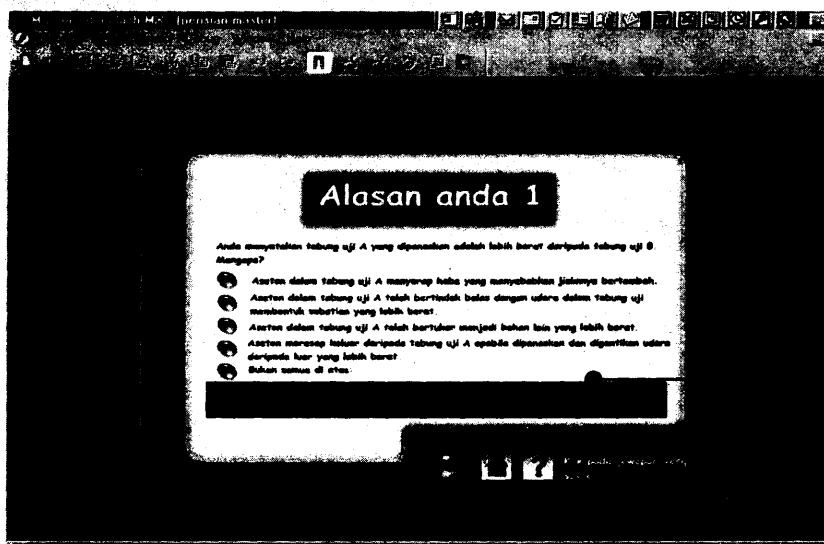
Rajah 4.0: Paparan Uji Diri

Paparan 'Uji Diri' ini memberi tiga pilihan kepada pelajar sebagai jawapan. Walau bagaimanapun, hanya satu jawapan yang tepat (konsep saintifik) disediakan untuk pilihan pelajar dengan tujuan untuk mengenalpasti kerangka alternatif mereka. Jawapan pelajar akan dijadikan asas untuk meneroka lebih lanjut pengkonsepian pelajar yang akan dilaksanakan pada Fasa Fokus.



## 5.2 Fasa Fokus

Seterusnya pelajar akan didedahkan dengan Fasa Fokus iaitu fasa kedua dalam Model Generatif-Metakognitif (Rajah 2.0). Respon pelajar pada Fasa Permulaan diikuti dengan soalan yang mempersoalkan alasan kepada jawapan yang diberi. Ianya bertujuan untuk menghalusi jawapan pelajar dan mengesan dengan tepat pengkonsepan pelajar terhadap konsep ini. Satu paparan 'Alasan anda' meminta pelajar memilih jawapan yang sejajar dengan pengkonsepan mereka terhadap konsep keabadian jirim. Selain itu, pelajar juga diberi peluang untuk memberikan alasan yang lain daripada senarai pilihan komputer pada ruang yang disediakan (Rajah 5.0).



Pelajar boleh menaipkan alasan sekiranya tiada jawapan yang sejajar dengan pengkonsepan mereka.

Rajah 5.0: Contoh Salah Satu Paparan Alasan Anda

## 5.3 Fasa Cabaran

Paparan 'Buktikan' yang merupakan fasa ketiga dalam Model Generatif-Metakognitif (Rajah 2.0) akan dikemukakan untuk mencabar kefahaman pelajar terhadap sesuatu konsep (Rajah 6.0 dan 7.0). Pelajar akan berinteraksi dengan komputer bagi tujuan ini. Suatu penyelesaian masalah berbentuk eksperimen di dalam makmal akan menguji pelajar untuk menyatakan hipotesis, mencatat dan membanding data serta membuat kesimpulan. Eksperimen menunjukkan hasil pemerhatian yang dijalankan kepada tabung uji mengandungi aseton yang dipanaskan. Gambarajah tabung uji pada masa yang berlainan akan menunjukkan isipadu cecair aseton yang semakin berkurangan. Pelajar kemudian diminta untuk melengkapkan ruangan hipotesis, jadual dan kesimpulan dengan menaipkan jawapan pada ruang yang disediakan. Kesemua jawapan pelajar ini mencerminkan pengetahuan mereka pada aras makroskopik.

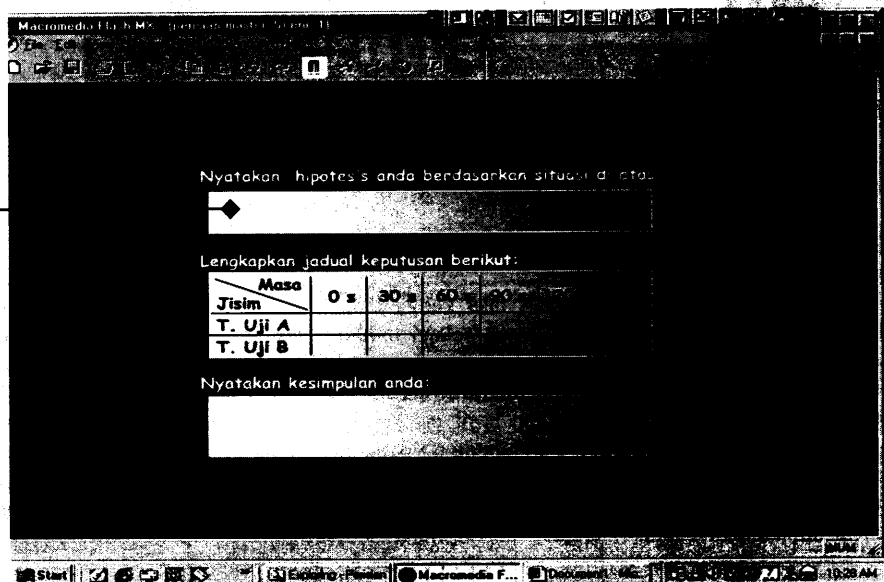
Kemudian pelajar akan diminta untuk melukiskan molekul-molekul yang terlibat semasa eksperimen untuk mewakili kefahaman pelajar pada aras mikroskopik. Senarai molekul yang dijangka menjadi jawapan pelajar akan disediakan untuk membenarkan pelajar melengkapkan jawapan mereka. Pelajar boleh menarik molekul tersebut dan meletakkannya pada 'ruangan menyusun'. Seterusnya pelajar juga diminta untuk membuktikan kefahaman mereka tentang persimbolan fenomena yang berlaku. Satu ruangan simbol-simbol yang lazimnya difikirkan pelajar bagi menerangkan tindak balas kimia yang berlaku disediakan dan pelajar dikehendaki menyusunnya pada 'ruang penyusunan'.



Gambarajah yang menerangkan eksperimen pada keadaan sebenar

Rajah 6.0: Paparan Buktikan

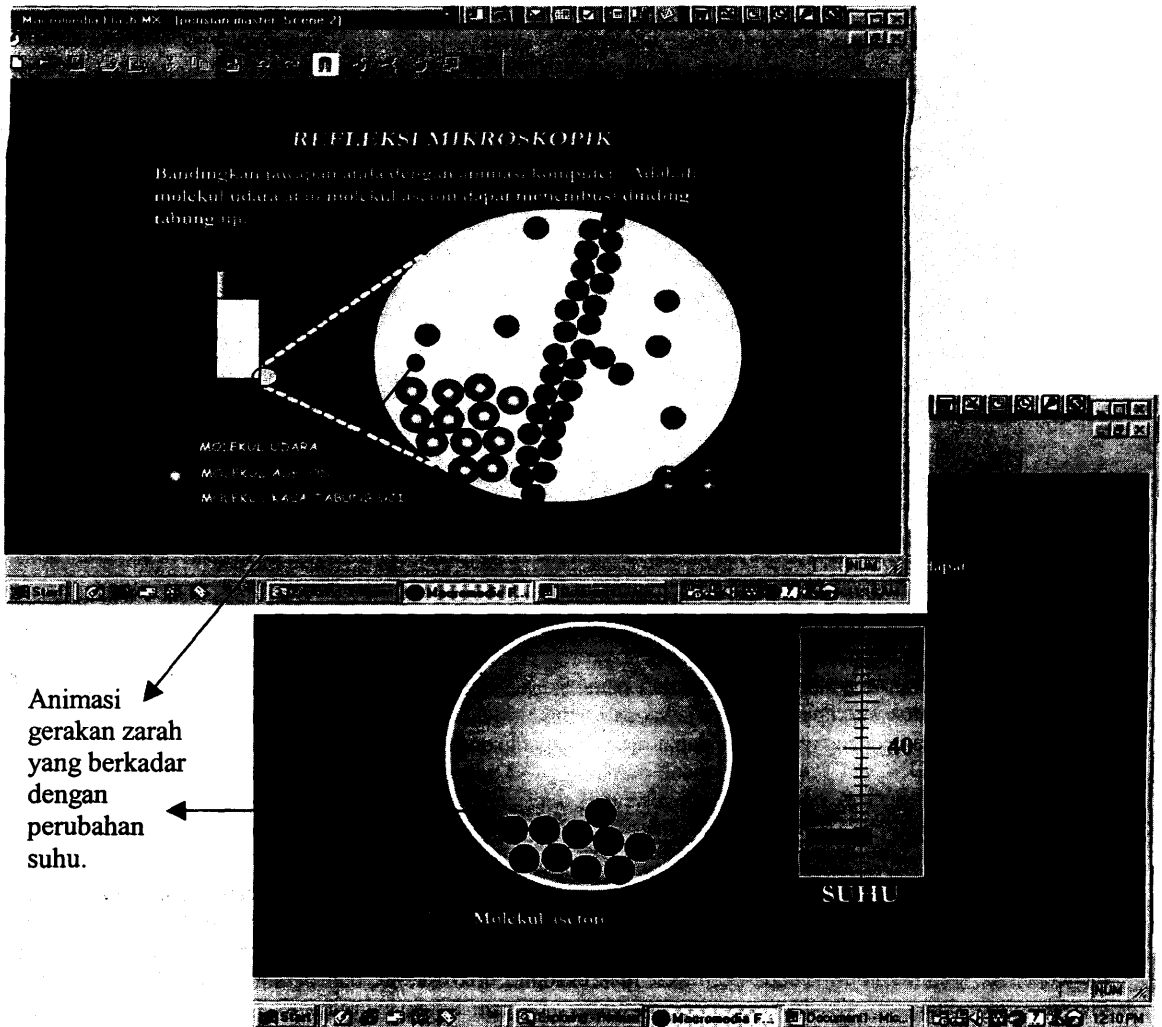
Pelajar boleh membina hipotesis mereka pada ruang yang disediakan



Rajah 7.0: Paparan Buktikan

Selain itu, pelajar juga boleh membandingkan jawapan mereka dengan paparan refleksi oleh komputer dalam bentuk animasi yang memperlihatkan keadaan sebenar semasa eksperimen dan fenomena yang berlaku kepada molekul-molekul semasa tindak balas. Paparan refleksi ini akan mencabar konsep-konsep pelajar, sekaligus membantu mereka untuk mengubah pengkonsepkan kepada konsep saintifik (Rajah 8.0). Pada masa yang sama pelajar juga akan diberikan panduan-panduan dalam bentuk pernyataan-pernyataan yang dapat menolong mereka membuat pengkonsepkan yang tepat. Sekiranya berlaku percanggahan antara jawapan mereka serta panduan-panduan yang dikemukakan pelajar dibenarkan untuk memperbetulkan pengkonsepkan mereka dan menukar jawapan yang dikemukakan. Berdasarkan semua aktiviti dalam Fasa

Cabaran ini pelajar akan dapat membentuk suatu kefahaman yang menyeluruh terhadap konsep keabadian jirim pada peringkat makroskopik, mikroskopik dan persimbolan.



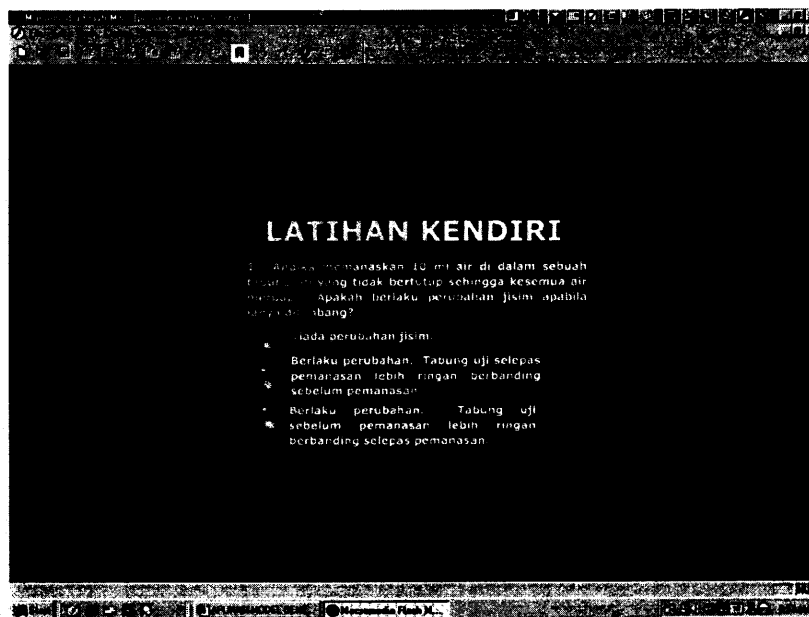
Rajah 8.0: Paparan Refleksi Mikroskopik.

Fasa Cabaran juga memberikan ruang kepada pelajar untuk merancang, melaksanakan dan merefleksikan kembali setiap tindakan yang telah dibuat. Perisian komputer akan membantu pelajar untuk membuat refleksi pada peringkat makroskopik, mikroskopik dan persimbolan amat berguna bagi mempertingkatkan kemahiran strategi metakognitif pelajar. Menurut Hennessy, et al. (1995) aktiviti komputer seperti ini akan memacu pemikiran pelajar pada tahap tinggi yang berkait secara langsung dengan pemikiran metakognitif mereka. Kesemua aktiviti yang dijalankan ini sememangnya dapat mengaplikasikan Model Generatif-Metakognitif yang dipilih dalam pembinaan perisian ini.

#### 5.4 Fasa Aplikasi

Fasa aplikasi merupakan fasa terakhir dalam Model Generatif-Metakognitif (Rajah 2.0). Pada fasa ini, pelajar akan diberikan peluang untuk mengaplikasikan konsep baru yang dipelajarinya dalam fasa-fasa sebelum ini. Soalan-soalan yang berlainan dikemukakan dengan tujuan untuk membenarkan pelajar menguasai konsep tersebut dengan tepat walaupun pada situasi yang berlainan (Rajah 9.0). Penguasaan yang

tepat pada kesemua soalan akan memberikan penguasaan yang menyeluruh terhadap konsep tersebut, seterusnya membolehkan pelajar mengaplikasikannya dalam kehidupan seharian mereka.



Pelajar diminta menjawab soalan yang menguji konsep yang telah dipelajari.

**Rajah 9.0: Contoh Salah Satu Paparan Latihan Kendiri.**

Jawapan pelajar akan dianalisa komputer dan pada masa yang sama, komputer akan memberikan peluang kepada pelajar untuk memperbetulkan jawapan mereka. Sekiranya pelajar masih gagal, komputer akan memberikan penरणan supaya pelajar dapat membina pengkonsepian yang tepat.

## 6.0 Kesimpulan

Model Generatif-Metakognitif telah dicadangkan untuk mengatasi permasalahan pelajar untuk menguasai sesuatu konsep sains khususnya berhubung dengan kewujudan kerangka alternatif pelajar dengan menumpukan kepada peningkatan strategi metakognitif pelajar dan menyediakan situasi yang dapat mencetuskan kognitif konflik pada peringkat makroskopik, mikroskopik dan persimbolan. Model ini telah diaplikasikan dalam pembinaan perisian komputer dengan tujuan untuk membantu pelajar merubah pengkonsepian mereka kepada pengkonsepian saintifik sekaligus mempertingkatkan proses pengajaran dan pembelajaran yang berkesan. Perisian ini akan diuji serta dinilai melalui kajian yang sedang dijalankan dan diharapkan dapat mencapai tujuan mewujudkan model alternatif yang sesuai digunakan untuk mempertingkatkan penguasaan sains di kalangan pelajar. Penguasaan ini tentunya akan membuka lembaran baru ke arah mewujudkan masyarakat saintifik sejajar dengan matlamat negara menjadi sebuah negara maju menjelang tahun 2020.

## 7.0 Rujukan

- Abdul Razak Yaakub (2002). ICT pemangkin pendidikan berkualiti ke arah K-ekonomi. *Prosiding seminar penyelidikan pendidikan Institut Perguruan Darulaman 2002*.
- Abimbola, I.O. (1996) The problems of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*. 72 (3): 175-184.

- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1987) Students' visualisation of a chemical reaction. *Educational in Chemistry*. 24 : 117-120.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1988) Theories, principles and laws. *Education in Chemistry*. 5 : 89-92.
- Champagne, A.B., Gunstone, R.F. dan Klopfer, L.E. (1985) Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*. 17(5): 31-53.
- Claudia, G. (2000). The Role of Metacognition in Interactive Learning Environments. ITS'2000 Conference - Young Researchers' Track, Montreal, CA, June 2000
- Coleman, M.R. (1997) Problem-Based Learning: A New Approach for Teaching Gifted Students. *Gifted Child Today Magazine*, 18 (3) :18-19
- Cosgrove, M. dan Osborne, R. (1995) Physical change. *LISP Working paper No. 26*. New Zealand : University of Waikato.
- Cracolice, M.S. & Abraham, M.R. (1996) Computer-Asisted, semi-programmed and teaching assistant-led instruction in general chemistry. *School Science and Mathematics*. 96(4): 215-231.
- Davis, M dan Crowther, D. (1995) The benefits of using multimedia in higher education : myths and realities. *Active Learning*. 3(12) : 3-6.
- Fensham, P.J, Gunstone, R.F. & White, R.T. (1985). *The content of science : a constructivist approach to its teaching and learning*. London: The Falmer Press.
- Friedler, Y., Nachmias, R. & Songer, N.B. (1989). Teaching scientific reasoning skills: a case study of a microcomputer based curriculum. *School Science and Mathematics*. 89(1): 65-78.
- Gunstone, R. dan Northfield, J. (1992 ) Labour Law and State School Teachers: The VICTorian Experience Australian Schools & the Law. Dlm. Jane Edwards, Andrew Knott & Dan (Ed). *Teaching in School*. Law Book Company Limited
- Gunstone, R.F. (1995) The importance of specific science content in the enhancemen of metacognition. Dlm. Fensham, P.J, Gunstone, R.F. & White, R.T. *The content of science : a constructivist approach to its teaching and learning*. London: The Falmer Press.
- Hameed, H., Hackling, M.W. & Garnett, P.J. (1993) The Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI Approach. *International Journal of Science Education*. 15: 221-230.
- Hennessy, J., Garner, R & Eldredge, J.L. (1995) *Metacognition and reading comprehension*. Norwood: Ablex.
- Hewson, P.W. (1981) A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*. 3 : 383-396.
- Johnstone (1991). The nature of chemistry. *Education in Chemistry*, 36: 45-47.
- Johnstone, A.H.(1983) Why is science difficult to learn ? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*. (7): 75-83
- Jonassen, D.H. (1998) *Mindtools for schools*. Mac Millan Press.
- Kahn, B. (1985) *Computers in science*. New York: WW Norton.

- Kementerian Pendidikan Malaysia (1997). " Sekolah Bestari Di Malaysia: Suatu Lonjakan Saujana ". Kertas yang dibentangkan dalam *Seminar Sekolah Bestari*. Kuala Lumpur: KPM
- Kontos, G. (1984) Instructional computing: in search of better methods for the production of CAL lessons. *Journal of Educational Technology Systems*. 13: 3-14.
- Kwon, J. (1989). A cognitive model of conceptual change in science learning. *Physics Teaching (written in Korean)* 7: 1-9.
- Lazarowitz, R. dan Huppert, J. (1983) Science process skills of 10th grade biology students in a computer assisted learning setting. *Journal of Research on Computing in Education*. 25 (3): 367-381.
- Lunetta, V. & Hofstein, A. (1981) Simulations in science education. *Science Education*. 65(3): 243-252.
- Manning, B.H dan Payne, B.D. (1996) Self-Talk for teachers and students. Metacognitive strategies for personal and classroom use. Allyn and Bacon: Boston
- Martinez-Jemenez, Zimmerman, B & Martinez-Pons, M (1997). Student differences in self regulated learning: relating grade, sex and giftedness to self-efficacy and strategy use. *Journal of Educational Psychology*. 82: 51-59
- Mestre, J. dan Touger, J. (1989) Cognitive research – what is in it for physics teachers?. *The Physics Teacher*. 27(6) : 447-456
- Metcalfe, J & Shimamura, A.P. (1994). *Metacognition. Knowing about knowing*. London: The MIT Press.
- Millar, R. & Driver, R. (1987) Beyond processes. *Studies in Science Education*. 14: 33-62
- Osborne, R. dan Freyberg, P. (1985) *Learning in science : the implications of children's science*. Birkenhead, Auckland : Heinemann.
- Osborne, R. dan Wittrock, M.C. (1983) Learning science : a generative process. *Science Education*. 67(4) : 489-504
- Osborne, R. dan Wittrock, M.C. (1985) The generative learning model and it's implications for science education. *Studies in Science Education*. 12: 59-87.
- Piaget, J. (1985). *The equilibrium of cognitive structure: the central problem of intellectual development*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Poppen, L dan Poppen, R. (1988) The use of behavioral principles educational software. *Educational Technology*. 28(2): 37-41
- Posner, G.J., Strike, K.A, Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66: 221-227.
- Reeves, T.C. (1997) Using the WWW as a cognitive tools in higher education. *Proceedings international conference on computers in education 1997*. Charlottesville, VA: AACE. 1-8.
- Rogers, L. & Wild, P. (1996) Data logging: Effects on practical science. *Journal of Computer Assisted Learning*. 12: 130-145.
- Saffrit, M.J., Ennis, C.D. & Nagle, F.J. (1988) The use of problem solving skills in computer-aided instruction: an evaluation. *Journal of Computer Assisted Learning*.
- Schaefermeyer, S. (1990) Standards for instructional computing software dsign and development. *Educational Technology*. 30(6): 9-15.

~~Sowell, D.F.~~ (1990) *New tools for new minds: A cognitive perspective on the use of computer with young children*. New York: Harvester Wheatsheaf.

Tengku Zawawi Tengku Zainal. Peranan komputer dalam pendidikan matematik. <http://members.tripod.com/~MUJAHID/komputer1.html>. Diakses pada 11 Mac 2003.

Ting, C.Y. dan Mohammad Yusof Arshad. (2000) Penggunaan simulasi komputer bagi merealisasikan fenomena tidak sah: alternatif mewujudkan kognitif konflik dalam pembelajaran sains. *Jurnal Teknologi Pendidikan Universiti Teknologi Malaysia*. 6(10) : 1-21.

Wan Salihin Abdullah dan Mohammad Yusof Arshad. (1996) Penggunaan teknologi maklumat sebagai alat kognitif dalam pendidikan sains. *Jurnal Pendidikan Universiti Teknologi Malaysia*. 2(1) : 59-70.

Windschilt, 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.

Wittrock, M.C. (1994) Generative science teaching. dlm. Fensham, P.J, Gunstone, R.F. & White, R.T. *The content of science : a constructivist approach to its teaching and learning*. London: The Falmer Press.

Zietsman, A.I. & Hewson, P.W (1986) Effects of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*. 23: 27-39.

Zimmerman, B.J. dan Campilo, M. (2000) Motivating self-regulated problem solvers. In. J.E. Davidson & R. Sternberg (Ed). *The nature of problem solving*. New York: Cambridge University Press.

Zimmerman, B.J. (2002) Becoming a self regulated learner: an overview. *Theory into Practice*. 41(2): 1-8