

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS: KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

Johari Surif, Nor Hasniza Ibrahim dan Mohammad Yusof Arshad
Jabatan Pendidikan Sains dan Matematik
Universiti Teknologi Malaysia

ABSTRAK: Artikel ini membincangkan literatur mengenai visualisasi dalam teori pembelajaran, kepentingan, permasalahan dan strategi membangunkan kemahiran visualisasi. Visualisasi yang dibincangkan dalam teori kognitif menjadi semakin dominan dalam era konstruktivisme melalui peranannya sebagai teras dalam menceraap, memproses dan menaakul fenomena untuk memodelkannya di dalam minda. Visualisasi juga digunakan untuk memodelkan sesuatu objek, molekul dan proses yang kompleks dan abstrak kepada bentuk yang lebih mudah difahami. Kepentingan visualisasi pada aras makroskopik, mikroskopik dan persimbolan turut menjadikan ianya amat penting dalam membantu penguasaan konsep sains dan penyelesaian masalah. Walaupun kemampuan ini amat penting namun banyak kajian mendapati pelajar sukar untuk menguasainya. Sehubungan itu, model pengajaran dan pembelajaran sains yang menitikberatkan visualisasi dan proses penyiasatan turut dikemukakan untuk membantu pelajar membangunkan kemampuan visualisasi mereka.

PENGENALAN

Kefahaman yang jelas terhadap definisi visualisasi ini amat penting sebelum memahami konsep dan peranannya dalam dunia pendidikan sains. Visualisasi bermaksud membayangkan atau menggambarkan. Tufte (2001) mendefinisikan visualisasi sebagai usaha memperihalkan maklumat yang dapat diperolehi di dalam objek, gambar, jadual, rajah dan graf secara terperinci, bersistematik dan berfokus. Reisberg (1997) pula mendefinisikan visualisasi dalam konteks yang lebih luas iaitu membina dan mengulang imej sesuatu objek atau fenomena di dalam minda tanpa melihatnya. Ia membawa kepada pembinaan pengetahuan yang menghubungkan apa yang dilihat dan dicerap ke dalam minda secara aktif dan seterusnya membentuk kerangka untuk memahami imej yang terbina hasil daripada proses cerapan. Keseluruhannya menjelaskan bahawa visualisasi merupakan proses kognitif yang melibatkan pelbagai kemahiran khususnya (1) menganalisis objek dan fenomena yang berbentuk konkrit dan visual yang dicerap daripada pancaindera dan (2) membayangkan dan menggambarkan sesuatu fenomena, objek atau proses yang berlaku hasil daripada proses cerapan di dalam minda untuk memahaminya.

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

Banyak kajian yang dijalankan mendapati visualisasi amat penting dalam membantu pelajar menguasai konsep dan memahami fenomena di persekitaran mereka (Gilbert, 2007; Russel dan Kozma, 2007). Sehubungan itu, artikel ini akan menyorot literatur berkaitan perkembangan, kepentingannya dalam pendidikan sains, permasalahan dan strategi untuk menguasainya.

PERKEMBANGAN VISUALISASI DALAM TEORI PEMBELAJARAN

Visualisasi telah lama mendapat tempat dalam teori pembelajaran sejak tahun 70-an lagi. Pada era tersebut banyak kajian telah dilaksanakan dengan memberikan tumpuan terhadap proses dan struktur kognitif dalam minda manusia termasuklah visualisasi. Perkembangan kajian terhadap minda telah berjaya mewujudkan teori kognitif yang dominan dalam dunia pendidikan manakala teori behaviorisme yang telah bertapak selama 60 tahun mulai malap. Visualisasi dikaitkan dengan proses yang berlaku pada otak kanan walaupun kebanyakan aktiviti disokong oleh otak kiri. Hemisfera kanan tersebut amat menitikberatkan terhadap kemampuan seseorang membuat imaginasi yang menjadi asas kepada kreativiti. Proses pembelajaran amat memerlukan kemampuan visualisasi bagi memahami, mentafsir, menghubungkan dan membina orientasi antara pelbagai fenomena dan perwakilan seperti gambar, rajah, lakaran, perwakilan, simbol yang diperolehi melalui pemerhatian persekitaran. Kemampuan ini juga amat diperlukan bagi mempelajari sesuatu melalui melalui pembacaan buku teks serta perisian yang berasaskan gambaran maya yang lazimnya dalam paparan dua dimensi.

Disiplin matematik seperti geometri yang banyak melibatkan kemahiran visual-spatial sering dikaitkan secara langsung dengan kemampuan visualisasi ini. Antaranya termasuklah kepantasan seseorang untuk merakamkan (mengubah tumpuan terhadap sesuatu imej), memfokuskan (sama ada menjarakkan atau merapatkan terhadap sesuatu imej), memutarakan (menggerakkannya pada paksi dan sudut hingga 360°), membezakan secara terperinci, mengenalpasti pusat imej dan sebagainya (Gilbert, 2005). Keseluruhannya, teori kognitif ini menekankan terhadap proses penerimaan, penyimpanan dan pemprosesan maklumat yang diperolehi. Penerimaan maklumat menjelaskan tentang wujudnya pengasingan dalam minda manusia untuk memproses input dalam bentuk audio (yang didengar) dan visual (yang dilihat). Penyimpanan maklumat menjelaskan mengenai saiz ingatan jangka pendek yang terhad dalam minda untuk memproses dan memanipulasi input audio dan visual yang diterima. Pemprosesan maklumat pula melibatkan keupayaan pelajar memilih, mengorganisasi dan mengintegrasikan maklumat menyusun secara berperingkat dan bersistematik yang dikawal dengan penuh kesedaran. Keupayaan untuk mengingat maklumat dalam minda mempunyai pengaruh yang amat besar dalam proses pengajaran dan pembelajaran ketika ini.

Era Konstruktivisme Dalam Dunia Penyelidikan

Bermula pada akhir 80-an, pandangan konstruktivisme mula mendapat tempat dalam dunia penyelidikan dan psikologi pendidikan khususnya pendidikan sains. Teori pembelajaran mula memberikan tumpuan terhadap bagaimana pelajar berinteraksi dengan sumber-sumber fizikal dan sosial dalam persekitaran mereka dan bagaimana mereka mengintegrasikannya ke dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Pelajar tidak lagi dianggap seperti cawan kosong yang bersedia menerima segala ilmu yang dicurahkan guru. Sebaliknya pelajar terlibat secara aktif membina pengetahuan mereka sendiri melalui proses interaksi yang wujud antara pengetahuan sedia ada dengan pengetahuan baru yang diperoleh. Pengetahuan sedia ada yang diterima mereka melalui proses interaksi dengan fenomena persekitaran dan proses sosialisasi bersama masyarakat mempunyai pengaruh yang amat kukuh dalam proses pengajaran dan pembelajaran (Vygotsky, 1986). Adakalanya pengetahuan sedia ada tersebut bertentangan dengan konsep saintifik yang difahami ahli sains dikenali sebagai kerangka alternatif (Johari dan Mohammad Yusof, 2005). Banyak kajian mendapati kewujudan kerangka alternatif ini menyukarkan proses pengajaran dan pembelajaran kerana pelajar seringkali menganggap kerangka alternatif mereka adalah benar. Pendidikan juga memberikan tumpuan terhadap proses penyelesaian masalah serta kemahiran yang diperlukannya.

Teori ini memberikan implikasi yang signifikan bagi merekabentuk kurikulum dan pengajaran. Proses pengajaran dan pembelajaran telah memberikan tumpuan ke arah membangunkan pengkonsepkan pelajar. Ini bermakna pelajar perlu benar-benar memahami sesuatu konsep yang bebas daripada segala kerangka alternatif dan bukannya sekadar menghafal dan mengingat semata-mata. Sehubungan itu, kemampuan visualisasi amat diperlukan untuk menguasai konsep secara mendalam khususnya dalam pendidikan sains.

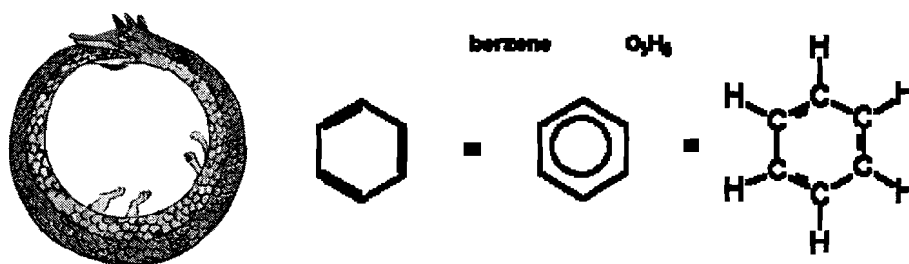
VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS

Sains bertujuan untuk memberikan penerangan mengenai terhadap fenomena yang berlaku di persekitaran manusia. Ia bertindak menghuraikan punca-punca berlakunya sesuatu kejadian secara sistematik dan boleh diuji semula sekaligus menjadi tarikan yang kuat di kalangan saintis untuk mengkajinya (Shaharir, 1987). Walau bagaimanapun, fenomena di persekitaran bersifat terlalu kompleks dan kemampuan saintis amat terbatas untuk memahaminya. Keadaan ini mendorong saintis mengenalpasti fenomena yang mustahak kepada mereka untuk mendalaminya. Mereka bertindak untuk mengemukakan gagasan (idea) tertentu serta mengkajinya dalam persekitaran yang terkawal (eksperimen). Idea ini lazimnya terpisah dengan sifat fenomena yang kompleks dan menjadi lebih ringkas untuk difahami.

Memodelkan Sebagai Teras Visualisasi

Ahli sains khususnya ahli kimia menumpukan penyiasatan bahan-bahan tulen tanpa melibatkan campuran dan sebatian yang membentuk persekitaran, ahli fizik menumpukan penyiasatan terhadap gerakan yang melibatkan sedikit kesan geseran dan ahli biologi menumpukan kajian terhadap genetik merupakan sebahagian contoh kajian awalan yang diasaskan daripada pencerakinan fenomena persekitaran yang kompleks kepada idea yang lebih mudah untuk difahami. Kesemua ini mempunyai satu persamaan: visualisasi terhadap apa yang berlaku pada aras makro. Memperihalkan atau memudahkan suatu fenomena yang kompleks ini juga dikenali sebagai 'memodelkan' atau memberi makna terhadap persekitaran (Gilbert, 2005). Apabila proses penyiasatan ini menjadi lebih maju, saintis mula mengorak langkah menerangkan persekitaran dengan lebih mendalam pada aras mikro.

Memodelkan merupakan jambatan yang menghubungkan antara teori saintifik dengan dunia sebenar. Ia bertindak sebagai garis panduan untuk meringkaskan persekitaran yang kompleks untuk dikaji dan difahami (Gilbert, Boutler dan Ruherford, 2000). Selain itu, 'model' juga bertindak sebagai gambaran realiti untuk dibayangkan secara abstrak (Francoeur, 1997). Sebagai contoh Rajah 1 menunjukkan struktur molekul benzena dibayangkan seperti seekor ular yang menggigit ekornya sendiri dalam mimpi Fredrich Kekule (Rotthernberg, 1995), rangkaian heliks ganda dua untuk membayangkan DNA (Giere, 1988) merupakan sebahagian contoh peranan visualisasi yang amat penting dalam membayangkan secara abstrak pada aras mikro untuk membangunkan kefahaman terhadap fenomena persekitaran yang kompleks.



Rajah 1 Struktur Benzena Yang Dibina Berdasarkan Visual Ular Menggigit Ekornya Sendiri.

Kemampuan saintis memodelkan memberikan impak yang amat penting dalam memahami persekitaran. Lazimnya model berupaya memberikan tafsiran yang luas pada aras makro dan mikro. Model membina hubungan penting dalam kehidupan apabila visualisasi menerangkan entiti, perhubungan, punca dan kesan sesuatu fenomena. Ia boleh membentuk sebahagian sistem (contoh: melukiskan atom dalam molekul) atau wujud bersendirian (contoh: melukiskan atom). Model boleh menjadi lebih kecil daripada yang digambarkan (contoh: ikan paus) atau lebih besar

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

(contoh: atom atau virus). Model boleh menggambarkan sesuatu yang konkrit (contoh: glob, arca gunung berapi) atau abstrak (contoh: daya, aliran tenaga, gelombang). Model juga boleh menggambarkan objek (contoh: atom karbon dalam struktur intan), fenomena (contoh: pergerakan ion merentasi membran separa telap), atau proses (contoh: proses perubahan cecair kepada gas).

Kebanyakan contoh yang dikemukakan mengambil contoh yang dikemukakan dalam dunia kimia. Ianya sejajar dengan perkembangan kajian kimia yang amat menekankan terhadap memahami dunia bahan dan entitinya yang bersifat mikro dan telah dikaji sejak pertengahan abad ke-18 (Bailer-Jones, 1999; Francoeur, 1997). Ianya telah berakar umbi sehingga membentuk 'cara pemikiran yang dominan' di kalangan ahli kimia. Walau bagaimanapun, ia mula diterima secara meluas kepada semua bidang sains seperti fizik, biologi dan sains bumi mutakhir ini (Martz dan Francoeur, 2004).

Kepentingan model dalam sains turut menjelaskan kepentingannya dalam pendidikan sains. Pelajar yang bercita-cita menjadi saintis mesti memahami hakikat dan kepentingan model sebagai kunci utama untuk memahami sains. Mereka perlu membangunkan kemampuan untuk membina, menguji dan menilai model bagi memperihalkan fenomena kepada suatu tahap tertentu untuk membentuk masyarakat saintifik (Laugksch, 2000). Pelajar kimia mesti mempunyai model tentang atom sebagaimana pelajar biologi mesti mempunyai model genetik atau model daya di kalangan pelajar fizik. Model ini boleh dibina oleh individu atau satu kumpulan dan lazimnya ia berbeza antara satu sama lain dalam usaha untuk memahami persekitaran mereka. Walau bagaimanapun, bagi memudahkan komunikasi dan berkongsi dapatan dan maklumat, suatu model yang boleh diterima oleh semua amat diperlukan – model saintifik. Sebagai contoh, model atom Schrodinger atau model DNA Watson-Crick merupakan model saintifik yang diterima secara konsensus. Model-model seperti model atom Bohr, model lukisan elektron 'dot-and-cross' Lewis lazimnya digunakan sebagai langkah awal (peringkat rendah dan menengah rendah) untuk memahami model saintifik seringkali dilaksanakan dalam dunia pendidikan sains.

KEPENTINGAN VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS

Menurut Kosslyn, Pinker, Smith dan Shwartz (1982) visualisasi memerlukan usaha seseorang bagi menghasilkan, memilih dan membina imej dalam diri mereka bagi membantu memahami sesuatu konsep sekaligus menjadi asas yang membawa kepada proses pemikiran aktif, penaakulan, penciptaan dan penyelesaian masalah yang berkait rapat dengan pendidikan sains. Kepentingan visualisasi dalam pendidikan sains dapat difahami melalui kepentingannya untuk mencapai matlamat pendidikan sains khususnya untuk membangunkan konsep dan kemahiran saintifik pelajar.

Pembangunan Konsep

Satu daripada matlamat penting pembelajaran sains ialah penguasaan pelajar terhadap konsep dan prinsip utama dalam sains seperti ikatan, struktur, kereaktifan, keseimbangan, keasidan dan sebagainya. Walau bagaimanapun, ianya amat sukar dikuasai di kalangan pelajar (Gable, 1998; Krajcik, 1991; Nakhleh, 1992) kerana ianya melibatkan penyiasatan terhadap fenomena yang kompleks, abstrak dan tidak boleh dikaji secara langsung. Sehubungan itu, pelajar perlu berupaya menerima dan membayangkan sesuatu konsep yang dipelajari dalam minda mereka sekaligus memerlukan kemahiran visualisasi (Mayer, 2003). Dalam memahami konsep ini ia melibatkan kemampuan untuk bergerak secara lancar pada tiga aras yang saling berkaitan tersebut (Johnstone, 1993; Gabel, 1999; Treagust dan Chittleborough, 2001) (Rajah 2).



Rajah 2 Tiga Aras Konsep Sains

Aras tersebut ialah:

- Aras makroskopik. Ia merujuk kepada pengalaman terhadap pemerhatian persekitaran sama ada di makmal atau kehidupan seharian seperti perubahan warna atau mendapan dalam tindak balas kimia.
- Aras mikroskopik. Ia merujuk kepada dunia zarah yang seni (atom, ion, molekul) yang menjadi asas memahami kimia untuk memperihalkan aras makroskopik seperti pergerakan dan tindak balas zarah-zarah dalam tindak balas kimia.
- Aras persimbolan. Ia menggambarkan identiti zarah (atom, ion atau molekul). Sebagai contoh persamaan kimia atau persamaan matematik bagi menerangkan keseimbangan.

Banyak kajian telah dilaksanakan untuk menjelaskan peranan tiga aras tersebut dalam pembinaan konsep sains di kalangan pelajar (Johari, 2002; Mohammad Yusof Arshad, et al., 2002; Johari dan Mohammad Yusof, 2003; 2004, 2005). Ketiga aras tersebut membantu pelajar untuk menerangkan sesuatu objek atau peristiwa pada konsep yang tepat sebagaimana yang difahami oleh saintis. Sebagai contoh, meja yang merupakan suatu jirim pepejal (aras makroskopik) dapat dibezakan, dikelaskan, dan dijelaskan secara saintifik apabila seseorang pelajar memahami konsep susunan zarah-zarah karbon dalam keadaan yang tersusun rapat dan bergetar dalam kedudukannya (aras mikroskopik). Ianya boleh diwakili oleh persimbolan seperti rangkaian ikatan kovalen yang menghubungkan antara atom-atom karbon (C) tersebut.

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

Melalui pemikiran sedemikian seseorang pelajar juga dapat menerangkan fenomena di persekitaran mereka (Johari dan Mohammad Yusof, 2005). Sebagai contoh, proses pelarutan gula di dalam air menerangkan gula tersebut larut di dalam air (aras makroskopik) yang disebabkan oleh berlakunya proses resapan molekul-molekul gula (sukrosa) daripada kawasan yang berkepekatan tinggi ke kawasan yang berkepekatan rendah sehingga membentuk keadaan keseimbangan (homogen). Ianya boleh diwakili oleh persimbolan yang melibatkan molekul sukrosa tersebut dikelilingi oleh molekul-molekul air (aras pesimbolan). Johari dan Mohammad Yusof (2003, 2005) mendapati pelajar yang berupaya berfikir pada ketiga aras tersebut bukannya sahaja dapat membina pengkonsepkan mereka dengan tepat bahkan berupaya mempertingkatkan keupayaan metakognitif mereka dan membantu mereka memahami sesuatu fenomena dengan tepat. Robinson (2004) turut menjelaskan bahawa kewujudan input visual seperti graf, rajah dan carta turut menyokong pengajaran secara verbal dan membantu proses aktif dalam minda pelajar. Oleh itu, pelajar akan lebih mudah berinteraksi dengan maklumat yang dipersembahkan melalui visual, mempelajari konsep dan prinsip, mengekalkan apa yang dikuasai, dan menggunakannya untuk menyelesaikan masalah.

Penguasaan Kemahiran Saintifik

Pendidikan sains amat menitikberatkan keupayaan pelajar dalam mengeksperimen dan menjalankan ujikaji. Ia dilaksanakan secara terkawal di dalam makmal yang memerlukan kemampuan visualisasi pelajar seperti memerhatikan fenomena di dalam makmal, ruang, susun atur reagen kimia mengikut ciri-ciri fizikal - warna, bau, bahan organik atau tidak, sebatian, abjad, saiz dan sebagainya. Namun apa yang lebih penting ialah ciri-ciri kimia bahan seperti ikatan, sebatian, bentuk molekul, kreaktifan kerana ia memberikan kefahaman terhadap tindak balas yang boleh berlaku dan kesannya terhadap nyawa dan keselamatan yang memerlukan kemampuan visualisasi pada keadaan zarah. Sehubungan itu, visualiasasi ini dikaitkan secara langsung terhadap kefahaman terhadap perwakilan dalam bentuk simbol yang menjadi teras menguasai penyiasatan saintifik seperti lakaran, lukisan simbol, rajah atau perwakilan, jadual, carta dan sebagainya. Ia membolehkan ahli sains memahami molekul dan proses kimia, memvisualkan, berbincang dan melakukan penyiasatan. Sekali lagi, kemampuan visualisasi untuk membayangkan, memahami dan mentafsir simbol menjadi semakin dominan untuk dikuasai pelajar dalam proses inkuiri. Kozma et al (2000) menyimpulkan bahawa segala aktiviti penyiasatan bermula daripada peringkat membina perancangan, memformula, membina contoh, mengaplikasi, membina hipotesis, membuktikan, membina kesimpulan dan mempertahankan hujah adalah dilandaskan kepada kemampuan visualisasi ini.

KESUKARAN MENGUASAI VISUALISASI DI KALANGAN PELAJAR SAINS

Walaupun, visualisasi merupakan aspek yang amat penting dalam mempelajari sains – khususnya untuk memahami fenomena persekitaran yang amat berkait rapat dengan pemerhatian, visualisasi, tiga aras pengkonsepkan, kecerdasan ruang dan sebagainya – tanpanya pastilah pelajar tidak

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

mampu membangunkan pengkonsepian sains dan menyelesaikan permasalahannya. Malangnya banyak kajian yang dijalankan mendapati pelajar seringkali menghadapi kesukaran untuk menghubungkan aras-aras ini. Hilton dan Nakhleh (1999) mendapati pelajar berupaya menguasai aras makroskopik dan persimbolan tetapi gagal untuk membayangkan aras mikroskopik. Akibatnya mereka tidak berupaya untuk memahami fenomena yang berlaku atau membentuk mental model yang difahami oleh saintis (Kozma, 2003; Kozma dan Russel, 1997, Johari dan Mohammad Yusof, 2004, 2005, 2006). Ben-Zvi, Eylon dan Silberstein (1988) mendapati pelajar sukar untuk menggambarkan fenomena kimia pada aras makroskopik, aras mikroskopik dan persimbolan. Pelajar menghadapi kesukaran dalam memahami konsep kimia khususnya pada aras mikroskopik seperti menginterpretasikan tindak balas kimia pada dunia zarah (Krajcik, 1991). Pelajar juga menghadapi kesukaran untuk mempersembahkan kefahaman mereka pada aras persimbolan (Kozma dan Russel, 1997). Kesukaran juga seringkali dialami pelajar untuk menerangkan atom dan molekul sebagaimana menjelaskan sesuatu fenomena secara mendalam (Seigel, 1995; Johari dan Mohammad Yusof, 2005).

Akibatnya pelajar menghadapi kesukaran untuk menguasai konsep sains dan menganggapnya sebagai suatu yang sukar, kompleks dan abstrak. Kekaburan ini menyebabkan pelajar kehilangan sikap saintifik dan melunturkan motivasi untuk memahami persekitaran mereka secara saintifik. Kekangan ini tambah menyukarkan proses pengajaran dan pembelajaran di dalam makmal dan kelas sains. Ketiadaan asas yang kukuh dalam sains seterusnya menyebabkan pelajar gagal untuk mengaplikasikan pandangan saintifik dalam kehidupan mereka seperti dalam membuat keputusan dan menyelesaikan masalah. Banyak kajian mendapati pandangan saintifik seringkali diabaikan dalam membina penyelesaian dalam kehidupan akibat kelemahan mereka menguasai konsep saintifik. Walaupun tiada korelasi yang signifikan antara kemampuan menyelesaikan masalah dengan kemampuan visualisasi ini sebagaimana yang dibuktikan Bordner dan McMillen (1986) tetapi Wu dan Shah (2004) mendapati kemampuan tersebut sangat membantu pelajar untuk menemui penyelesaian secara cepat dan berkesan. Ia turut disokong Arda dan Akaygun (2004) yang mendapati pencapaian sains dapat dipertingkatkan dengan sokongan kemampuan visualisasi ini. Kesemua ini menjelaskan peranan kepentingan visualisasi dan kesukaran yang dihadapi pelajar untuk diberikan fokus yang mendalam. Kemampuan visualisasi perlu dipertingkatkan di kalangan pelajar sains.

MEMBANGUNKAN KEMAMPUAN VISUALISASI PELAJAR SAINS

Kemampuan visualisasi yang menjadi asas dalam membina pemikiran, berkomunikasi, dan bertindak secara saintifik perlu dipertingkatkan di kalangan pelajar (Kozma, 2000). Bertindak menggunakan kemampuan visualisasi untuk membina kefahaman sains, mengenalpasti fenomena, menyiasat dan memberikan tafsiran yang bermakna, menyokong hujah, menyelesaikan masalah atau membuat sesuatu ramalan mengenai sesuatu tindakan, objek, peristiwa dan persekitarannya merupakan teras pembangunan masyarakat saintifik (Kajcik, 1991; Kozma dan Russel, 1997; diSessa et al., 1991; Kozma, 2000). Sehubungan itu beberapa kemahiran yang berkaitan dengan visualisasi ini perlu dibangunkan:

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

- Kemampuan menggunakan visualisasi untuk menerangkan fenomena persekitaran yang dicerap dan diperhatikan dalam keadaan molekul dan proses-prosesnya.
- Kemampuan untuk membina atau memilih visual dan menerangkan mengapa ianya penting bagi sesuatu konteks.
- Kemampuan menggunakan perkataan untuk mengenalpasti dan menganalisis ciri-ciri visual (seperti titik-titik pada graf pemanasan naftalena daripada pepejal kepada gas) dan polanya (seperti sifat molekul pada graf).
- Kemampuan menerangkan bagaimana visual yang berlainan mempunyai persamaan dalam cara yang berbeza dan menerangkan bagaimana sesuatu visual mungkin berbeza sama sekali.
- Kemampuan untuk membuat perhubungan antara pelbagai visual, memetakan ciri-ciri setiap jenis visual dalam bentuk yang berlainan (contoh daripada bentuk 2D kepada 3D, graf kepada carta, jadual kepada histogram) dan menerangkan perhubungan antara keduanya.
- Kemampuan untuk memindahkan kedudukan epistemologi visual yang sama dengan fenomena yang dicerap.
- Kemampuan untuk menggunakan visual dan ciri-cirinya dalam persekitaran sosial seperti membuktikan untuk menyokong hujah, membina inferens dan membuat sesuatu ramalan terhadap fenomena yang diperhatikan.

Pembangunan kemampuan visualisasi di kalangan pelajar ini akhirnya akan membentuk seorang pelajar yang berupaya menerangkan fenomena fizikal dipersekitarannya secara mendalam dan memenuhi ciri-ciri seorang saintis. Kozma dan Russel (2005) menjelaskan bahawa Kemampuan visualisasi tertinggi bagi seorang pelajar ialah apabila diminta untuk menerangkan sesuatu fenomena fizikal, mereka menggunakan satu atau lebih visual untuk menerangkan perhubungan antara ciri-ciri fizikal dan keadaan mikro (molekul dan prosesnya). Mereka boleh menggunakan ciri-ciri spesifik visual untuk membina hujah dalam komunitinya yang bersifat kontekstual. Mereka boleh memilih atau membina visual yang lebih sesuai bagi sesuatu situasi khusus dan menerangkan mengapa visual itu lebih sesuai jika dibandingkan dengan yang lain. Mereka juga mampu untuk memindahkan kedudukan epistemologi fenomena persekitaran dalam visual mereka hingga dapat difahami oleh orang lain. Seterusnya, kefahaman ini dikongsi untuk diinterpretasi bagi mempertingkatkan keyakinan untuk membangunkan visual tersebut bersama komuniti, berkongsi persamaan dengan yang lain dan memperkayakannya

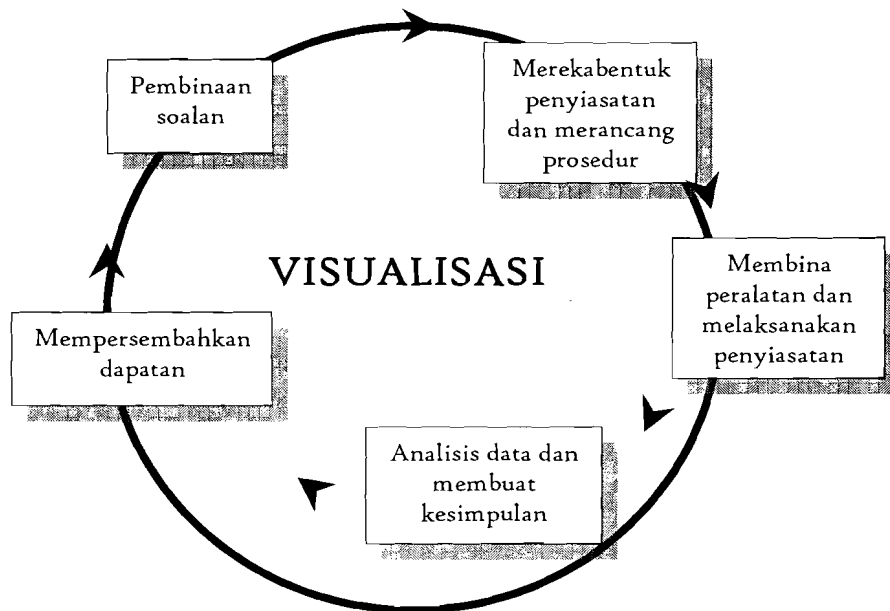
IMPLIKASINYA KEPADA PROSES PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN SAINS

Roth dan McGinn (1998) telah mengemukakan suatu strategi pengajaran sains yang berupaya membangun dan mengaplikasikan kemampuan visualisasi di kalangan pelajar melalui perbincangan dan penyiasatan saintifik. Matlamat strategi pengajaran ini ialah ke arah penguasaan konsep sains yang mendalam melalui penggunaan bahasa dan visual. Krajcik et al. (1998) telah mencadangkan lima fasa untuk menstrukturkan penyiasatan dan kolaborasi pelajar (Rajah 3) melalui pengaplikasian kemampuan visualisasi pelajar.

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

Kelima fasa tersebut merupakan suatu kitaran yang berteraskan visualisasi dan membuat ramalan. Ia bermula dengan pembinaan soalan, merekabentuk penyiasatan dan merancang prosedur, membina peralatan dan melaksanakan penyiasatan, analisis data dan membina kesimpulan dan mempersembahkan dapatan sebagaimana huraian berikut:

Pembinaan soalan: Dalam fasa ini pelajar diminta untuk membina soalan, membuat ramalan dan menentukan kemungkinan dan manfaat ujikaji berdasarkan pengetahuan dan pengalaman mereka. Penyoalan dan ramalan boleh dilakukan dalam bentuk perkataan atau visual yang lain (contoh: apabila tindak balas mencapai tahap keseimbangan, garisan graf adalah mendatar). Kozma et al (2000) mendapati kebanyakan saintis menggunakan rajah molekul untuk memikirkan hipotesis dalam eksperimen mereka.



Rajah 3 Model Penyiasatan Saintifik Berteraskan Visualisasi.

Merekabentuk penyiasatan dan merancang prosedur: Pelajar merekabentuk penyiasatan mereka, menentukan pembolehubah yang perlu digunakan, merekabentuk pengukuran dan bagaimana untuk menguruskan data yang dikumpulkan. Bahasa dan visual lazimnya digunakan untuk membantu pelajar memikirkan bagaimana eksperimen yang mereka rekabentuk boleh membantu mereka memahami proses sains yang terkandung dalam sesuatu fenomena yang dikaji.

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

Membina peralatan dan melaksanakan penyiasatan: pada fasa ini pelajar memilih atau membina peralatan membuat pemerhatian, mengambil ukuran, dan merekod data. Persoalan utama pada fasa ini ialah bagaimana data perlu dipersembahkan (contoh: nombor, graf, rajah) dan apakah kebaikan serta kelemahan setiap visual yang digunakan

Analisis data dan membina kesimpulan: Pelajar menukarkan, menganalisis dan menginterpretasi data dan menggunakannya untuk membina penerangan, hujah dan kesimpulan. Ia boleh melibatkan huraian yang bermakna terhadap ciri-ciri khusus visual (contoh: puncak graf) dan koordinasi huraian merentas visual (contoh: puncak graf berkaitan dengan sesuatu peristiwa yang dicerap seperti perubahan warna) untuk membantu mereka memahami konsep yang dikaji.

Mempersiapkan dapatan: Akhirnya, pelajar mengemukakan maklumat, berkongsi dan menjelaskan idea, memberi dan menerima maklumbalas, mencipta dan mempersiapkan dapatan. Visual menjadi teras dalam fasa ini iaitu bagaimana pelajar mempersiapkan dapatan mereka dalam cara yang terbaik untuk meyakinkan khalayak dan membantu mereka memahami konsep yang dikaji.

Keseluruhannya, model pengajaran dan pembelajaran ini amat menekankan terhadap kemampuan visualisasi pelajar dalam merancang dan melaksanakan penyiasatan saintifik ke arah membina konsep dan menyelesaikan masalah secara inkuiri. Kemampuan visualisasi dimanfaatkan pada setiap aktiviti penyiasatan untuk mempertingkatkan kefahaman serta membentuk pelajar yang berfikir dan bertindak secara aktif dan bertanggungjawab dalam proses pembelajaran mereka sendiri.

KESIMPULAN

Kemampuan visualisasi sememangnya menjadi landasan utama di kalangan ahli saintis untuk membangunkan permodelan dalam minda mereka. Melalui kemampuan ini mereka berupaya mencerap dan melakukan pemerhatian terhadap fenomena persekitaran serta memberikan penerangan secara saintifik dan dapat dikongsi secara konsensus di kalangan ahli masyarakat. Seterusnya pemindahan pengetahuan dan perkemangan keilmuan dapat dipertingkatkan ke arah pembangunan masyarakat saintifik. Masyarakat inilah yang seterusnya menggerakkan kemajuan peradaban dan ketamadunan sesebuah negara. Keistimewaan visualisasi inilah juga yang turut diperkembangkan di kalangan pelajar terutamanya pelajar sains yang bercita-cita menjadi saintis. Penerokaan dan penyiasatan yang didasari dengan kemampuan visualisasi akan membantu mereka berfikir dan bertindak sebagaimana ciri-ciri dan sifat-sifat saintis. Walaupun kemampuan ini begitu penting dan amat dititikberatkan namun kesukaran di kalangan pelajar perlu dibantu untuk kemajuan dan perkembangan pendidikan sains. Justeru kajian dan penyelidikan dalam mempertingkatkan kemampuan visualisasi pelajar perlu dipergiatkan dan didalami pada masa yang akan datang.

RUJUKAN

- Ardac, D. dan Akaygun, S. (2004). Effectiveness of Multimedia Instruction that Emphasises Molecular Representations on Students' Understanding of Chemical Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.
- Bailer-Jones, D.M. (1999). Tracing the Development of Models in the Philosophy of Science. Dlm. L. Magman, N.J. Nersessian dan P. Thagard (Eds.). *Model-based reasoning in scientific discovery*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Barnea, N. (2000). Teaching and Learning about Chemistry and Modelling with a Computer Managed Modelling System. Dlm. J.K. Gilbert dan C. Boulters (Eds.). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. dan Silberstein, J. (1988). Theories, Principles and Laws. *Education in Chemistry* (May), 89-92.
- Bordner, G.M. dan McMillen, T.L.B. (1986). Cognitive Restructuring as an Early Stage in Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 727-737.
- diSessa, A., Hammer, D., Sherin, B. Dan Kolpakowski, T. (1991). Inventing Graphing: Metarepresentational Expertise in Children. *Journal of Mathematical Behaviour*, 10(2), 117-160.
- Francoeur, E. (1997). The Forgotten Tool: The Design and Use of Molecular Models. *Social Studies of Science*, 27, 7-40.
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemical Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76, 548-554.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind*. New York: Basic Books.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gilbert, J.K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. Dlm. J.K. Gilbert (Ed.). *Visualization in Science Education*. Netherlands: Springer.
- Gilbert, J.K., Boutler, C.J. dan Rutherford, M. (2000). Explanations with Models in Science Education. Dlm. J.K. Gilbert dan C.J. Boutler (Eds.). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

- Haber, R.N. (1970). How Do We Remember What We See? *Scientific American*, 222(5), 104-112.
- Hilton, M.E. dan Nakhleh, M.B. (1999). Students' Macroscopic, Microscopic and Symbolic Representations of Chemical reactions. *The Chemical Educator*, 4(4), 1-29.
- Mohammad Yusof Arshad, Johari Surif, Tan Soo Yin, Dalina Daud dan Uthayakumari a/p Ibrahim@Sellakutty. (2002). Kefahaman Pelajar Mengenai Konsep Zarah: Perbandingan Respon Pelajar di Malaysia dan Pelajar di United Kingdom. *Jurnal Pendidikan Universiti Teknologi Malaysia*, 8, 21-38.
- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2003). Aplikasi Model Generatif-Metakognitif dalam Perisian Komputer untuk Mengubah Pengkonsepan Pelajar dalam Proses Pengajaran dan Pembelajaran sains. *Kertas kerja dibentangkan di Konvensyen Teknologi Pendidikan ke-16. ICT dalam Pendidikan dan Latihan: Trend dan Isu*. 13 hingga 16 Jun 2003, City Bayview Hotel, Melaka.
- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2003). Kajian Awalan terhadap Model Generatif-Metakognitif untuk Pembangunan Perisian Pendidikan Berkomputer bagi Proses Pengajaran dan Pembelajaran sains. *Jurnal Teknologi Maklumat*, 15(1), 117-131.
- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2003). Kesukaran Pelajar untuk Memahami Konsep Pendidihan: Peranan Simulasi Komputer untuk Mengatasinya. *Buletin Persatuan Pendidikan Sains dan Matematik Johor*, 12(1), 1-13.
- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2003). Konsep Pelarutan Garam: Apakah Kefahaman Pelajar Anda?. *Jurnal Pendidikan Universiti Teknologi Malaysia*, 9, 39-52.
- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2004). Keberkesanan Pengaplikasian Model Generatif-Metakognitif dalam Perisian bagi Membantu Pembinaan Konsep Keabadian Jisim. *Kertas Kerja dibentangkan di Persidangan e-Pembelajaran Kebangsaan*. 7 hingga 9 Jun 2004 di Hotel Evergreen Laurel Beach, Pulau Pinang.
- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2004). Keberkesanan Pengaplikasian Model Generatif-Metakognitif dalam Perisian bagi Membantu Pembinaan Konsep Perubahan Fasa. *Kertas Kerja dibentangkan di National Conference on Graduate Research in Education*. 11 September 2004 di Hotel Residence, UNITEN, Bangi, Selangor.
- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2004). Strategi Metakognitif dalam Pembinaan Konsep Sains: Apakah Implikasinya dalam Proses Pengajaran dan Pembelajaran sains?. *Buletin Persatuan Pendidikan Sains dan Matematik Negeri Johor*, 13(1), 53-63.

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2004). Keberkesanan Pengaplikasian Model Generatif-Metakognitif dalam Perisian bagi Membantu Pembinaan Konsep Keabadian Jisim. *Jurnal Teknologi Maklumat*, 16(2), 74-93.
- Johari Surif dan Mohammad Yusof Arshad. (2005). Strategi Metakognitif dalam Proses Pembelajaran Sepanjang Hayat. *Kertas Kerja dibentangkan dalam Seminar Kebangsaan Sumber Manusia 2005*. 2 dan 3 Februari, di Hotel Sofitel, Senai.
- Johnstone, A.H. (1993). The Development of Chemistry Teaching: a Changing Response to a Changing Demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Kosslyn, M.S., Pinker, S., Smith, G.E. dan Shwartz, S.P. (1982). On the Demystification of Mental Imagery. Dlm. N. Block (Ed.). *Imagery*. Cambridge: MIT Press.
- Kozma, R. dan Russel, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968.
- Kozma, R. dan Russel, J. (2005). Students Becoming Chemist. Dlm. J.K. Gilbert (Ed.). *Visualization in Science Education*. Netherlands: Springer.
- Kozma, R., Chin, E., Russel, J. dan Marx, N. (2000). The Role of Representations and Tools in the Chemistry Laboratory and Their Implications for Chemistry Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105-143.
- Kozma, R. (2000). The Use of Multiple Representations and Social Construction of Understanding in Chemistry. Dlm. *Innovations in Science and Mathematics Education: Advanced Designs for Technologies of Learning*. M. Jacobsn dan R. Kozma (Eds.). Mahwah, N.J: Erlbraum.
- Kozma, R. (2003). Material and Social Affordances of Multiple Representations for Science Understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.
- Krajcik, J., Blumfeld, P., Marx, R., Bass, K., Frdricks, J. dan Soloway, E. (1998). Inquiry in Project Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3), 313-351.
- Krajcik, J.S. (1991). Developing Students' Understanding of Chemical Concept. Dlm. Y.S.M. Glynn, R.H. Yanny dan B.K. Britton. (Eds.). *The Psychology of Learning Science: International Perspective on the Psychological Foundations of Technology Based Learning Environment*. Hillsdale, N.J: Erlbraum.

VISUALISASI DALAM PENDIDIKAN SAINS:
KE ARAH PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN YANG BERKESAN

- Laugksch, R.C. (2000). Scientific Literacy: a Conceptual Overview. *Science Education*, 84(1), 71-94.
- Martz, E. dan Francoeur, E. (2004). History of Biological Macromoleculer. <http://www.umass.edu/microbio/rasmol/history.htm>
- Mayer, R. (2003). The Promise of Multimedia Learning: Using the Same Instructional Design Methods across Different Media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.
- Nakhleh, M.B. (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.
- Peterson, M.P. (1994) Cognitive issues in cartographic visualization. Dlm. A.M.Maceachren dan D.F. Taylor. (Eds.). *Visualization in Modern Cartography*. Oxford: Pergamon.
- Reisberg, D. (1997). *Cognition*. New York: Norton.
- Robinson, W. (2004). Cognitive Theory and the Design of Multimedia Instruction. *Journal of Chemical Education*, 81(1), 10-13.
- Roth, W-M. dan McGinn, M. (1998). Inscriptions: a Social Practice Approach to Representations. *Review of Educational Research*, 68, 35-39.
- Seigel, M. (1995). More Than Words: The Generative Power of Transmediation for Learning. *Canadian Journal of Education*, 20(4), 455-475.
- Shaharir Mohd Zain. (1987). *Pengenalan Sejarah dan Falsafah Sains*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Treagust, D.F. dan Chittleborough, G. (2001). Chemistry: A matter of Understanding Representaions. Dlm. *Subject-specific Instructional Methods and Activities*. New York: Elsevier.
- Tufte, E.R. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information* (Ed. 2). Cheshire, C.T: Graphics Press.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language*. Bolton: MIT Press.
- Wu, H.K. dan Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Science Education*, 88(3), 465-495.