

PENGHUJAHAN SAINTIFIK PELAJAR MELALUI PEMBINAAN HUJAH BERTULIS DALAM PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN BERINTEGRASIKAN PENGHUJAHAN

Lee Ling Heng¹, Johari Surif², Cher Hau Seng³ dan Lee Lian Ket⁴

¹Fakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Malaysia
chua.heng@hotmail.com

²Fakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Malaysia
johari_surif@yahoo.com

³School of Electrical, Computer and Telecommunications Engineering, University Of Wollongong, Australia
aseng@uow.edu.au

⁴Jabatan Matematik, IPG Kampus Temenggong Ibrahim, Malaysia
ket_ll@hotmail.com

ABSTRAK

Penghujahan saintifik merupakan matlamat utama pendidikan sains masa kini dan diberi penekanan utama memandangkan kebolehnya dalam memupuk pembinaan pengetahuan saintifik pelajar. Kajian ini bertujuan mengkaji penguasaan dan skema penghujahan saintifik pelajar dalam pembinaan hujah saintifik selepas tamat sesi pengajaran berintegrasikan penghujahan berdasarkan kerangka Berland dan McNeil. Seramai 176 pelajar tingkatan empat aliran sains dari lima buah sekolah menengah terlibat dalam kajian ini. Data kajian dikumpul dengan menggunakan instrumen Ujian Penghujahan Saintifik Terbuka (UPSB) dan Temubual Separa Berstruktur Pelajar (TSBP). Data daripada hujah bertulis pelajar dianalisis dengan menggunakan sistem perisian SPSS Version 19.0 serta teknik analisis kandungan bagi menghuraikan secara mendalam penguasaan dan skema penghujahan pelajar. Dapatan kajian menunjukkan terdapat perbezaan signifikan antara hujah saintifik dengan hujah tidak saintifik yang dibina oleh pelajar. Pelajar aliran sains berupaya membentuk hujah saintifik dengan konsep sains yang tepat. Walaubagaimana pun, kebanyakan hujah saintifik yang dibentuk adalah hujah mudah pada aras makroskopik. Ini menunjukkan pelajar mempunyai pengetahuan terhadap fenomena yang dikaji tetapi tidak berupaya memberikan hubungan antara ketiga-tiga aras perwakilan iaitu makroskopik, sub mikroskoipk dan persymbolan bagi konsep yang terlibat. Sementara itu, skema penghujahan saintifik yang kerap dijumpai dalam kalangan pelajar adalah skema mudah yang terdiri daripada elemen dakwaan, bukti dan alasan ringkas pada aras makroskopik serta kekurangan elemen penyangkal berkaitan hujah alternatif. Justeru, guru sains seharusnya merancang pengajaran supaya berpusatkan pelajar serta menekankan aktiviti-aktiviti yang berteraskan penghujahan saintifik. Pendedahan dan pengalaman kemahiran penghujahan saintifik yang diperolehi dapat meningkatkan penguasaan penghujahan saintifik pelajar sekaligus meningkatkan pemahaman pengetahuan kandungan sains pelajar.

Kata kunci: asid dan bes, penghujahan saintifik, pelbagai aras perwakilan

1. PENGENALAN

Penghujahan saintifik merupakan matlamat utama pendidikan sains masa kini dan diberi penekanan utama memandangkan kebolehnya dalam memupuk pembinaan pengetahuan saintifik pelajar. Penekanan penghujahan saintifik dapat dilihat dalam dokumen standard pendidikan sains seperti *The Next Generation Science Standards* (NGSS, 2013) yang mengenalpasti penghujahan berasaskan bukti sebagai amalan utama dalam pendidikan sains dan *National Science Education Standards* (NRC, 1996) serta dokumen pembaharuannya yang memberi fokus terhadap penglibatan pelajar dalam membentuk penjelasan dan penghujahan saintifik dengan menggunakan bukti (McNeil & Martin, 2011). Di Malaysia, penekanannya dapat diperhatikan apabila kemahiran menaakul diterapkan dalam Kurikulum Standard Sekolah Rendah (KSSR) pada tahun 2011.

Penghujahan dilihat sebagai satu strategi penaakulan dan merupakan salah satu elemen dalam domain penaakulan umum serta pemikiran kritikal (Duschl, 2007). Menurut Voss dan Means (1991), penghujahan saintifik merupakan teras proses penaakulan, dan dilihat sebagai penghujahan formal berasaskan bukti (Schen, 2007) yang melibatkan penyelarasan data, dakwaan dan bukti bagi menjana pengetahuan saintifik (Chen, 2011). Justeru, penglibatan pelajar dalam penghujahan saintifik dapat memupuk pemahaman dan pembinaan konsep (von Aufschnaiters et al., 2008; Nussbaum, 2011; Sadler, 2004; Zohar & Nemet, 2002), perubahan konsep (Nussbaum & Sinatra, 2003; Nussbaum, 2011) dan seterusnya meningkatkan pengetahuan kandungan pelajar (Zohar & Nemet, 2002), membangunkan pemikiran aras tinggi (Eskin & Berkiroglu, 2008; Olander & Ingerman, 2011), kemahiran komunikasi (Marttunen, 1994; Nussbaum, 2011), penaakulan saintifik (McNeil & Pimentel, 2010) serta pemahaman budaya dan amalan sains (Cavagnetto, 2010; McNeil & Pimentel, 2010). Malangnya, kajian-kajian lepas menunjukkan pemupukkan penghujahan saintifik yang berkualiti dalam kelas sains adalah sukar dan mencabar (Jimenez-Aleixandre et al., 2000). Sehubungan itu, kajian ini bertujuan mengkaji penguasaan penghujahan saintifik serta skema penghujahan saintifik dalam kalangan pelajar tingkatan empat aliran sains berdasarkan hujah bertulis yang dibina dalam konteks pengajaran dan pembelajaran berintegrasikan penghujahan.

1.1 Penghujahan Saintifik Dalam Pendidikan Sains

Penghujahan saintifik memainkan peranan yang amat penting dalam pendidikan sains (Marttunen, 1994). Penekanan penghujahan saintifik telah mengalihkan pandangan umum bahawa sains sebagai pengesahan eksperimen kepada sains sebagai penghujahan dan penjelasan saintifik (Erduran et al., 2006; Kuhn, 1993, Zembal-Saul, 2009) yang mana pembelajaran sains bukan lagi tertumpu pada mengulangi konsep atau fakta sains tanpa memahami maksudnya. Menurut Mohd Fadzil (2005), penguasaan penghujahan saintifik dikatakan menjadi satu kemestian jika pelajar ingin menguasai mata pelajaran sains dengan cemerlang. Pandangan ini adalah selaras dengan Marttunen (1994) yang menyatakan situasi penghujahan diperlukan bagi memperolehi pengetahuan saintifik dan memperkukuhkan proses pembelajaran. Penghujahan saintifik melibatkan kemahiran menilai sesuatu idea dari pelbagai perspektif (Marttunen, 1994) dan meliputi proses kognitif yang memerlukan pelajar berfikir dengan mendalam dan mempersembahkan hasil pemikiran dengan perkataan yang bermakna sama ada secara bertulis atau lisan.

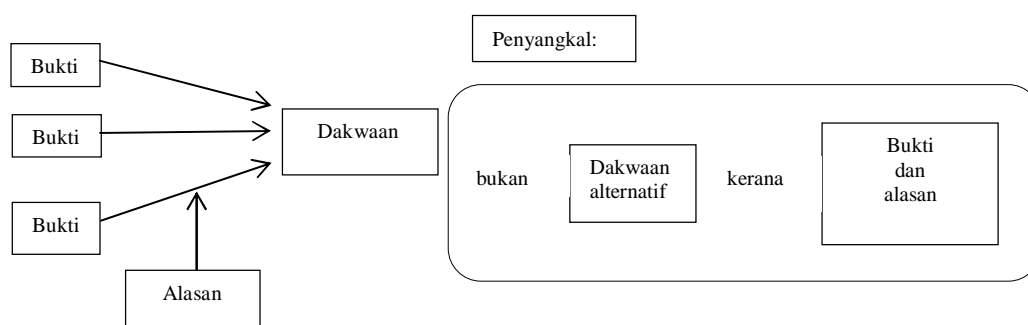
Kajian-kajian lepas berkaitan penghujahan saintifik banyak memberi tumpuan pada hasil latihan penghujahan dalam pengajaran dan pembelajaran sains dan penilaian hujah yang dibentuk oleh pelajar. Dapatan kajian-kajian ini menunjukkan pelajar menghadapi pelbagai kesukaran dalam pembentukan hujah saintifik seperti sukar memberi justifikasi terhadap dakwaan sama ada secara lisan atau bertulis (Zembal-Saul et al., 2002), tidak dapat memilih data yang sesuai atau menggunakan data ringkas bagi menyokong dakwaan (Dawson & Venville, 2009), tidak membekalkan bukti yang mencukupi dalam hujah bertulis (Zeidler, 1997) dan tidak berupaya memberikan penjelasan saintifik yang tepat terhadap jawapan yang dipilih (Mohd Ali et al., 2003). Maka, boleh dirumuskan pelajar menghadapi pelbagai masalah dalam pembentukan hujah saintifik (Dawson & Venville, 2009; Heng et al., 2012; Zohar & Nemet, 2002). Keadaan ini mungkin disebabkan aktiviti penghujahan jarang ditekankan dalam bilik sains di sekolah (Choi et al., 2010; Heng & Johari, 2013; Jimenez-Aleixandre et al., 2000). Guru-guru sains menyatakan mereka perlu menghabiskan sukatan pelajaran dan menghadapi masalah kekurangan masa untuk menjalankan aktiviti (Winnie & Mohammad Yusof, 2012). Menurut Kuhn (dalam Zohar & Nemet, 2002) kemahiran penghujahan saintifik wujud secara semula jadi dalam diri seseorang pelajar tetapi tidak

dibangunkan sepenuhnya. Justeru, pengajaran minimum sama ada secara eksplisit struktur penghujahan atau melalui aktiviti penghujahan yang diintegrasikan dalam pengajaran kelas sains berupaya meningkatkan penghujahan saintifik pelajar (Venville & Dawson, 2010) sekaligus meningkatkan penguasaan konsep saintifik pelajar. Sehubungan itu, kajian yang dijalankan telah mengaplikasikan Strategi Pengintegrasian Penghujahan Saintifik Dalam Pengajaran dan Pembelajaran Sains (SPP2S) bagi tajuk asid dan bes sebelum pentadbiran instrumen dilaksanakan.

Penglibatan pelajar dalam aktiviti penghujahan saintifik seperti memberi penjelasan, mengkritik dan mempertahankan idea sendiri dengan mengemukakan bukti yang sah kepada diri sendiri atau orang lain melibatkan pemikiran secara mendalam. Proses pemikiran yang berlaku menjurus kepada pembentukan pengetahuan, perubahan konsep serta peningkatan pemahaman konsep yang dikaji. Tambahan lagi, pemahaman yang lebih menyeluruh akan berlaku jika pelajar dapat menghubungkan ketiga-tiga aras perwakilan terhadap konsep yang dikaji (Johnstone, 1991). Menurut Bucat dan Mocerino (2009), konsep sains dapat difahami dengan baik dan menyeluruh sekiranya aras sub mikroskopik dikaitkan dengan aras makroskopik dan aras persymbolan. Dalam penghujahan saintifik, konflik dalam diri berlaku apabila pelajar memikirkan sesuatu fenomena secara mendalam dari segi ketiga-tiga aras perwakilan, penyelesaian konflik yang berlaku dengan menerima penjelasan dan membekalkan kritikan dapat menghasilkan pembelajaran (Chi et al., 1989). Maka, bagi menentukan penguasaan penghujahan saintifik serta skema penghujahan pelajar dalam pembinaan hujah saintifik, kajian ini menerapkan kepelbagaian aras perwakilan dalam menganalisis hujah bertulis pelajar.

1.2 Strategi Pengintegrasian Penghujahan Saintifik Dalam Pengajaran Dan Pembelajaran Sains (SPP2S)

Strategi SPP2S yang dilaksanakan dalam kajian ini mengintegrasikan penghujahan saintifik berdasarkan kerangka penghujahan Berland dan McNeil (2010) dalam pengajaran dan pembelajaran Kimia. Kerangka penghujahan Berland dan McNeil ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1: Kerangka Berland dan McNeil (2010)

Berland dan McNeil (2010) telah mempermudah Model Penghujahan Toulmin (TAP) (Toulmin et al., 1979) kepada kerangka yang terdiri daripada empat elemen, iaitu dakwaan, bukti, alasan dan penyangkal. Dakwaan adalah jawapan kepada soalan atau fenomena yang dikaji; bukti adalah data saintifik yang dapat menyokong dakwaan, yang mana data saintifik merujuk kepada maklumat seperti pemerhatian dan pengukuran yang sama ada dikumpul oleh pelajar sendiri atau dibekalkan kepada pelajar. Sementara itu, alasan menerangkan dengan jelas logik kenapa sesuatu jawapan dipilih dan kenapa bukti dapat menyokong dakwaan. Dalam kajian ini, aspek kepelbagaian aras perwakilan konsep kimia

ditekankan dalam elemen alasan memandangkan ketiga-tiga aras tersebut adalah saling melengkapi dan tiada satu aras yang lebih baik daripada aras yang lain (Johnstone, 2000). Menurut Beall et al. (1994), dan Bucat dan Mocerino (2009), pelajar perlu menggabungkan ketiga-tiga aras perwakilan iaitu aras makroskopik yang menjelaskan sifat-sifat bahan berdasarkan lima deria, aras sub mikroskopik yang merujuk kepada partikel (atom, molekul, ion dan ikatan) dan aras persymbolan seperti formula kimia bagi memahami dan menguasai sesuatu konsep kimia dengan sepenuhnya. Sementara itu, elemen penyangkal menjelaskan rasional kenapa dakwaan alternatif adalah tidak tepat dan disokong dengan bukti dan alasan tambahan. Menurut Osborne et al. (2004), penyangkal adalah elemen utama dalam pembelajaran melalui penghujahan kerana pelajar berpeluang membuat pertimbangan dan memberi respons kepada alternatif-alternatif yang berlainan. Selain itu, penyangkal juga sering dirujuk sebagai petunjuk hujah kompleks (Clark & Sampson, 2008; Osborne et al., 2004) dan petunjuk kualiti hujah (von Aufschnaiters et al., 2008) memandangkan pembentukan penyangkal memerlukan pemikiran kompleks. Dalam kajian ini, penyangkal dianalisis berdasarkan kandungan dalam dakwaan alternatif, bukti alternatif dan alasan alternatif dari segi kepelbagaian aras perwakilan.

Dalam kajian ini, tajuk asid dan bes diajar dengan kaedah SPP2S. Guru hanya menerapkan aktiviti penghujahan saintifik dalam mana-mana fasa pengajaran tanpa membuat perubahan kepada pengajaran yang asal. Pelajar dilibatkan dalam aktiviti-aktiviti pembentangan, soal-jawab kritikal, perbincangan kumpulan, perbincangan kelas dan penghujahan secara bertulis. Dalam aktiviti tersebut, pelajar mengemukakan dakwaan terhadap suatu fenomena yang dikemukakan dan menyokong dakwaan tersebut dengan bukti dan alasan yang kukuh bagi menyakinkan rakan sekelas. Pelajar juga diminta mengkritik serta menyangkal idea rakan. Sementara itu, pelajar yang ideanya disangkal atau dikritik digalakkan untuk mempertahankan ideanya dengan alasan yang sah.

1.3 Persoalan Kajian

Kajian ini bertujuan mengkaji penguasaan dan skema penghujahan saintifik pelajar setelah pengajaran dan pembelajaran tajuk asid dan bes dengan kaedah SPP2S. Secara spesifik, persoalan kajian adalah seperti berikut:

1. Apakah penguasaan pelajar dalam pembinaan hujah saintifik dengan konsep sains yang tepat?
2. Apakah penguasaan pelajar dalam elemen-elemen penghujahan saintifik?
3. Apakah skema penghujahan saintifik pelajar apabila terlibat dalam pembinaan hujah saintifik terhadap konsep asid dan bes?

2. METODOLOGI

Kajian yang dijalankan menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Responden kajian terdiri daripada 176 pelajar tingkatan empat aliran sains yang mengambil mata pelajaran kimia dari lima buah sekolah menengah di Daerah Pasir Gudang, Johor. Bagi mencapai matlamat kajian, dua buah instrumen, iaitu Ujian Penghujahan Saintifik Terbuka (UPSB) dan Temubual Separa Berstruktur Pelajar (TSBP) telah dibangunkan. UPSB telah dibangunkan berdasarkan sukatan pelajaran mata pelajaran kimia sekolah menengah dan diadaptasi daripada instrumen kertas dan pensel yang dibangunkan oleh Sampson dan Clark (2009) bagi mengkaji peranan kolaborasi dalam penghujahan saintifik terhadap pembelajaran individu. Instrumen ini mengandungi dua bahagian, iaitu bahagian (A) mengenai penutralan, bahagian (B) mengenai sifat-sifat asid dan bes. Maklumat berkaitan konsep yang dikaji disertakan bagi membantu pelajar dalam mengemukakan hujah saintifik bagi fenomena yang

dikemukakan. Sementara itu, item-item dalam TSBP adalah berdasarkan hujah bertulis pelajar. Selepas hujah bertulis disemak, seramai 17 pelajar telah ditemubual dengan menggunakan TSBP bagi mengenalpasti skema penghujahan saintifik pelajar.

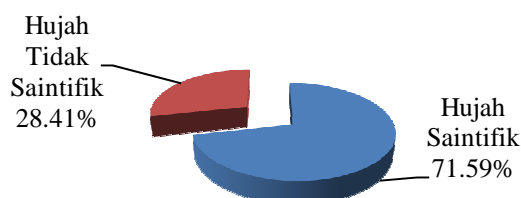
Semua pelajar diminta membina hujah bertulis dalam UPSB selepas tamat pengajaran tajuk asid dan bes dengan kaedah SPP2S. Hujah bertulis pelajar dianalisis berdasarkan ketepatan konsep, kepelbagaian aras perwakilan dan kewujudan elemen-elemen penghujahan berdasarkan Kerangka Berland dan McNeil (2010).

Analisis kuantitatif dilakukan bagi menentukan frekuensi dan peratusan hujah saintifik dan hujah tidak saintifik serta elemen-elemen penghujahan yang dikemukakan oleh pelajar dalam hujah bertulis. Sesuatu hujah dengan konsep sains yang tepat tanpa kerangka alternatif dianggap sebagai hujah saintifik manakala hujah yang mengandungi kerangka alternatif dalam mana-mana elemen penghujahan diambilkira sebagai hujah tidak saintifik. Ujian Khi-kuasa dua untuk kebagusan (*Goodness of Fit Chi-square Test*) dilakukan bagi menentukan sama ada hujah saintifik dan hujah tidak saintifik berbeza secara signifikan. Selain itu, hujah bertulis pelajar juga dianalisis secara terperinci dengan menggunakan teknik analisis kandungan bagi menjelaskan secara mendalam penguasaan penghujahan pelajar. Sementara itu skema penghujahan pelajar bagi konsep asid dan bes dikenalpasti berdasarkan analisis kandungan transkrip temubual pelajar dan disokong dengan data daripada hujah bertulis pelajar.

3. KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

3.1 Penguasaan Pelajar Dalam Pembinaan Hujah Saintifik Selepas SPP2S

Keputusan ujian Khi Kuasa Dua (*Pearson Chi-square*) menunjukkan bahawa terdapat perbezaan yang signifikan [$\chi^2(1, N=176) = 32.82, p < .05$] antara hujah yang dibentuk oleh pelajar tingkatan empat aliran sains. Kebanyakan pelajar dapat mengemukakan hujah saintifik dengan konsep sains yang tepat (nilai residual = 38) berbanding dengan hujah tidak saintifik dengan kerangka alternatif (nilai residual = -38). Keputusan ini jelas ditunjukkan dalam carta pie Rajah 2.



Rajah 2: Peratusan hujah yang dibina oleh pelajar

Berdasarkan Rajah 2, didapati 71.59% hujah yang dibina oleh pelajar adalah hujah saintifik dengan konsep sains yang tepat. Dapatan ini bertentangan dengan kajian tempatan, Heng et al. (2013) dan Heng et al. (2014) yang melaporkan tahap penguasaan penghujahan saintifik pelajar sekolah menengah harian dalam situasi sekolah masa kini adalah pada tahap lemah terutamanya dalam penghujahan individu secara bertulis. Pengkaji telah membuat kesimpulan bahawa penguasaan lemah pelajar adalah berpunca daripada kekurangan pengalaman dalam membentuk hujah saintifik akibat daripada kurang pendedahan terhadap aktiviti penghujahan dalam kelas sains di sekolah yang lebih tertumpu kepada memberi arahan, penerangan, penysoalan dan latihan berdasarkan bahan yang disampaikan (Heng & Johari, 2013). Perbezaan dapatan ini mungkin disebabkan pelajar dalam kajian ini telah didedahkan dengan aktiviti penghujahan saintifik sebelum ujian UPSB dilaksanakan. Dapatan kajian menunjukkan penguasaan penghujahan saintifik pelajar dari segi struktur dan

pengetahuan kandungan adalah baik selepas tiga pengajaran intervensi singkat dengan SPP2S tersebut. Hal ini menunjukkan pengalaman dalam aktiviti penghujahan saintifik adalah penting dan berkeupayaan meningkatkan kemahiran penghujahan saintifik pelajar walaupun dengan pendedahan yang singkat. Dapatan ini adalah selaras dengan kajian Zohar dan Nemet (2002).

3.2 Penguasaan Pelajar Dalam Elemen Penghujahan Saintifik Selepas SPP2S

3.2.1 Pembentukan Elemen Penghujahan Saintifik

Secara keseluruhan, peratusan elemen dakwaan, bukti dan alasan dalam hujah saintifik adalah lebih tinggi berbanding dengan hujah tidak saintifik. Ini menunjukkan kebanyakan pelajar dapat mengemukakan elemen-elemen penghujahan dengan konsep sains yang tepat tanpa kewujudan kerangka alternatif. Keadaan ini mengukuhkan lagi dapatan kajian bahawa pengajaran dan pembelajaran yang berintegrasikan penghujahan saintifik dapat memupuk pemahaman konsep sekaligus meningkatkan penguasaan dan mengurangkan kewujudan kerangka alternatif dalam hujah pelajar. Dapatan ini menyokong idea yang menyatakan kemahiran penghujahan saintifik berupaya meningkatkan pemahaman konsep pelajar (Osborne et al., 2013; Nussbaum, 2011). Selain itu, dapatan kajian turut selaras dengan kajian Zohar dan Nemet (2002) yang melaporkan penguasaan pengetahuan Biologi dan kemahiran penghujahan saintifik pelajar meningkat selepas satu unit pengajaran berintegrasikan penghujahan yang eksplisit dalam tajuk genetik.

Jadual 1: Penguasaan penghujahan saintifik pelajar mengikut elemen penghujahan

Elemen		Saintifik	Tak Saintifik	Tiada Jawapan	
Dakwaan		71.59	28.41	0.00	
Bukti		64.20	21.02	14.78	
Alasan	Makroskopik, mikroskopik dan persimbolan	1.14	0.00	5.69	
	Makroskopik dan persimbolan	2.27	0.00		
	Makroskopik dan mikroskopik	6.25	5.11		
	Makroskopik sahaja	58.52	21.02		
Penyangkal	Dakwaan alternatif		25.00	3.98	71.02
	Bukti alternatif		28.98	4.55	66.47
	Alasan alternatif	Makroskopik, mikroskopik dan persimbolan	0.00	0.00	68.19
		Makroskopik dan persimbolan	0.00	0.00	
		Makroskopik dan mikroskopik	1.70	0.00	
		Makroskopik sahaja	25.00	5.11	

3.2.2 Penghujahan Saintifik Terbatas Pada Aras Makroskopik

Berdasarkan Jadual 1, didapati penguasaan elemen dakwaan (71.59%) adalah paling tinggi berbanding dengan elemen bukti (64.20%) dan elemen alasan (25% pada aras makroskopik) dalam hujah saintifik pelajar. Selain itu, 58.52% alasan yang dikemukakan oleh pelajar adalah pada aras makroskopik sahaja, berbanding dengan aras sub mikroskopik dan persimbolan yang kurang daripada 10%. Ini menunjukkan pengetahuan pelajar adalah terbatas

pada peringkat sifat jirim makroskopik berdasarkan lima deria. Dapatan ini adalah menyokong pendapat Johnstone (1991) bahawa ramai pelajar menghadapi kesukaran dalam memahami hubungan antara ketiga-tiga aras makroskopik, sub mikroskopik dan persimbolan. Keadaan ini disokong dengan analisis kandungan hujah bertulis pelajar dalam Rajah 3.

Contoh 1:

Solution A will change colour when hydrochloric acid is added (Dakwaan). The colour of solution A is yellow colour show that it is alkali (Bukti). When hydrochloric acid is added, neutralization occur. So it will change to orange colour because it forms salt and water which is neutral (Alasan pada aras makroskopik).

Rajah 3: Contoh hujah saintifik yang dikemukakan oleh pelajar

Contoh hujah di atas menunjukkan pelajar berupaya mengemukakan hujah dengan konsep sains yang tepat tetapi kurang berupaya dalam memberikan justifikasi yang teliti pada ketiga-tiga aras perwakilan bagi dakwaan yang dibuat. Dapatan ini menyokong banyak kajian yang melaporkan pelajar menghadapi masalah dalam memberi penjelasan dan justifikasi terhadap dakwaan yang dibentuk (Heng et al., 2014; Mohd Ali et al., 2003; Sadler, 2004). Seperti contoh di atas, pelajar memberikan alasan bahawa tindak balas peneutralan antara asid dan bes menghasilkan garam dan air (aras makroskopik) tetapi tidak menyatakan tindak balas antara ion hidrogen (H^+) dengan ion hidroksida (OH^-) menghasilkan molekul air (H_2O) (aras mikroskopik) serta persamaan kimia bagi tindakbalas peneutralan yang menunjukkan formula bahan kimia (aras persimbolan).

3.2.3 Kewujudan Kerangka Alternatif Dalam Penghujahan Saintifik

Analisis transkrip temubual menunjukkan pelajar sama ada tidak memberi jawapan atau pun memberikan alasan pada aras mikroskopik yang mengandungi kerangka alternatif apabila digalakkan untuk memberikan penjelasan yang lebih teliti. Keadaan ini dapat ditunjukkan dalam transkrip temubual berikut:

- Pengkaji: Apa yang berlaku apabila asid ditambah ke dalam alkali?
 Pelajar 1: Tindak balas berlaku kerana warna berubah.
 Pengkaji: Boleh tak terangkan apa yang berlaku di dalam larutan itu?
 Pelajar 1: Mm...tindak balas berlaku.
 Pengkaji: Ya, jadi apa yang berlaku di dalam? Apa yang ada di dalam larutan itu?
 Pelajar 1: Mm....asid melarut dalam air hasil atom hidrogen. Hidrogen tindak balas dengan atom metil jingga. Metil jingga hanya tukar warna dengan asid.

Daripada transkrip temubual di atas, didapati pelajar kekurangan pengetahuan pada aras mikroskopik atau menghadapi kerangka alternatif pada aras mikroskopik. Sementara itu, analisis kandungan hujah bertulis mendapati persamaan kimia (aras persimbolan) yang diberikan oleh semua pelajar adalah sama, iaitu tindak balas antara asid hidroklorik dengan larutan natrium hidroksida ($HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$). Keadaan ini mungkin berpunca daripada pengalaman pelajar dalam menjalankan eksperimen peneutralan dengan menggunakan kedua-dua larutan tersebut di sekolah. Maka persamaan yang diberi mungkin berdasarkan ingatan dan bukannya pemahaman memandangkan soalan dalam UPSB tidak menyatakan nama larutan alkali yang digunakan. Penguasaan yang lemah pada kedua-dua aras tersebut telah mengakibatkan hujah yang dibina lebih tertumpu pada hujah mudah dengan justifikasi ringkas pada aras makroskopik. Keadaan ini mungkin disebabkan strategi pengajaran guru sains di sekolah tidak memberi fokus ke atas hubungan antara ketiga-tiga aras perwakilan dan diajar secara berasingan aras-aras tersebut. Justeru, bagi membantu pelajar memahami konsep kimia dengan baik, guru-guru sains perlu memberi penekanan utama

terhadap hubungkaitan antara ketiga-tiga aras perwakilan kimia dalam pengajaran dan pembelajaran.

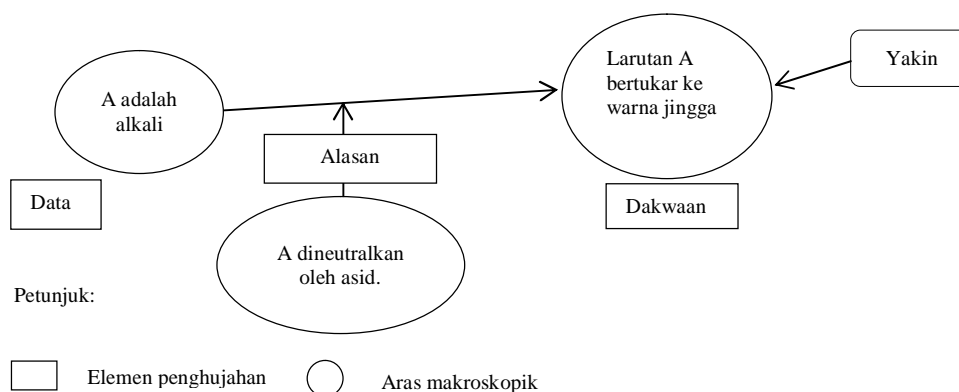
3.2.4 Kekurangan Elemen Penyangkal Dalam Penghujahan Saintifik

Satu lagi dapatan yang perlu diberi perhatian dalam kajian ini adalah dari segi elemen penyangkal, yang menjelaskan kenapa dakwaan alternatif adalah tidak tepat. Jadual 1 menunjukkan penguasaan elemen ini adalah kurang memuaskan, hanya lebih kurang 25% penyangkal dikemukakan dalam hujah saintifik. Tambahan lagi, penyangkal yang dikemukakan lebih tertumpu pada dakwaan alternatif, bukti alternatif dan alasan alternatif pada aras makroskopik. Ini menunjukkan pelajar hanya dapat membina hujah mudah (Clark & Sampson, 2008; Osborne et al., 2004) yang kurang memuaskan dari segi kualiti memandangkan elemen penyangkal diambilkira sebagai petunjuk kualiti hujah saintifik (Erduran, 2007; Osborne et al., 2004; von Aufschnaiters et al., 2008). Dapatan ini adalah sejajar dengan kajian-kajian lepas (Heng et al., 2012, Heng et al., 2013) yang melaporkan pelajar menghadapi masalah dalam membentuk hujah kompleks yang melibatkan elemen kompleks seperti penyangkal. Kekurangan elemen ini mungkin disebabkan pelajar kekurangan pengetahuan berkaitan struktur penghujahan (Acar, 2008) memandangkan pengajaran dilakukan dengan mengintegrasikan aktiviti penghujahan dalam pengajaran dan bukannya diajar secara eksplisit elemen-elemen penghujahan. Justeru, pengajaran eksplisit struktur penghujahan perlu diperkenalkan sebelum aktiviti penghujahan diterapkan, seperti yang dilaksanakan dalam kajian Zohar dan Nemet (2002).

3.3 Skema Penghujahan Saintifik Pelajar

Skema penghujahan saintifik pelajar dikenalpasti melalui temubual dan analisis kandungan hujah bertulis pelajar. Perbincangan skema penghujahan pelajar akan ditumpukan pada skema pelajar yang dapat mengemukakan hujah saintifik. Keseluruhannya, skema penghujahan pelajar didominasi oleh skema ringkas yang terdiri daripada dakwaan, bukti dan alasan pada aras makroskopik ($DBA_{(mak)}$), diikuti skema ringkas yang wujudnya kerangka alternatif pada aras mikroskopik ($DBA_{(mak)(mik-KA)}$) dan skema perubahan yang mana hujah alternatif diubah kepada hujah saintifik ($D_{(KA)}B_{(KA)} \rightarrow DB$). Sementara itu, terdapat juga sebilangan kecil pelajar yang menunjukkan skema kompleks yang melibatkan penyangkal selain daripada dakwaan, bukti dan alasan ($DBA_{(mak+mik+sim)P-[DBA_{(mak)}]$).

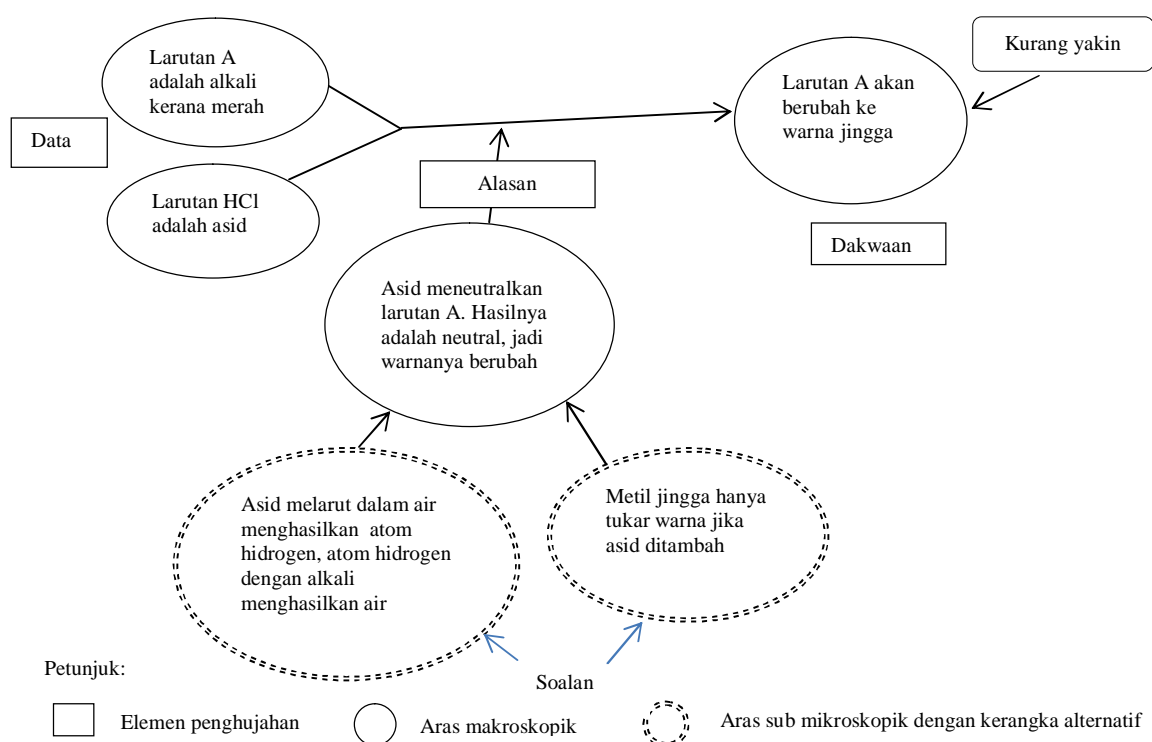
3.3.1 Skema Ringkas ($DBA_{(mak)}$)



Rajah 5: Skema ringkas ($DBA_{(mak)}$)

Skema penghujahan ringkas paling kerap dijumpai dalam kalangan pelajar yang mengemukakan hujah saintifik (Rajah 5). Skema ini menunjukkan proses pemikiran penghujahan pelajar adalah ringkas dan hujah yang dikemukakan adalah hujah mudah dengan hanya satu justifikasi yang menyokong dakwaan tanpa elemen penyangkal. Pelajar hanya boleh memberikan alasan umum dan tidak boleh menyokong alasan tersebut dengan konsep spesifik pada aras mikroskopik dan persymbolan walaupun diminta untuk memberikan penjelasan teliti. Dapatan ini menyokong kajian Sia et al. (2012) yang melaporkan pelajar kekurangan keupayaan untuk membekalkan penjelasan terhadap dakwaan yang dikemukakan terhadap konsep elektrolisis. Walaubagaimana pun, pelajar adalah yakin dengan jawapan yang diberi dan tidak mengubah dakwaan yang dikemukakan walaupun tidak dapat memberi sokongan spesifik. Keadaan ini menunjukkan hujah yang dikemukakan bukan sekadar tekaan tetapi berdasarkan pengetahuan kandungan yang terbatas. Dapatan ini menyokong kajian Sesen dan Tarhan (2010) yang melaporkan penguasaan pelajar berkaitan konsep yang dikaji adalah kurang memuaskan. Dapatan ini seterusnya menyokong kajian Sadler (2004) dan von Aufschnaiters et al. (2008) yang melaporkan keupayaan penghujahan saintifik adalah dipengaruhi oleh pengetahuan kandungan berkaitan fenomena yang dikaji.

3.3.2 Skema Ringkas Dengan Kerangka Alternatif Pada Aras Sub Mikroskopik ($DBA_{(mak)(mik-KA)}$)

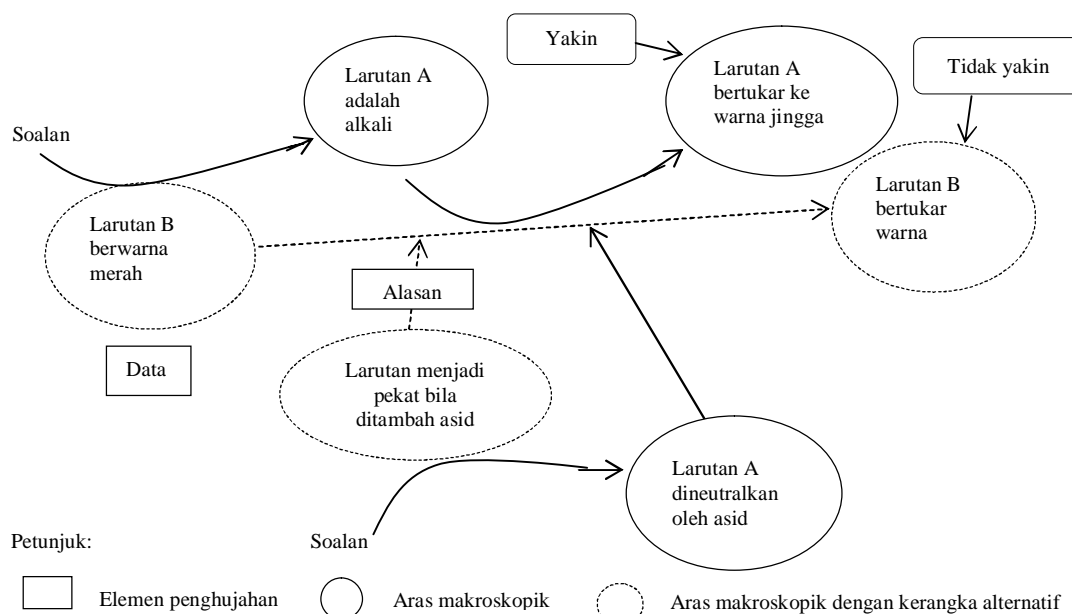


Rajah 6: Skema ringkas dengan kerangka alternatif ($DBA_{(mak)(mik-KA)}$)

Terdapat segolongan pelajar yang cuba mengemukakan penjelasan pada aras sub mikroskopik apabila diminta menjelaskan alasan yang dinyatakan. Walaubagaimana pun, alasan yang dikemukakan menunjukkan kerangka alternatif dan pelajar kurang yakin dengan penjelasan tersebut (Rajah 6). Skema ini menunjukkan proses pemikiran penghujahan pelajar pada asasnya adalah ringkas dengan konsep umum yang kelihatan tepat tetapi penelitian seterusnya memaparkan kerangka alternatif yang bercanggah dengan konsep saintifik. Tambahan lagi, pelajar dalam golongan ini adalah kurang yakin dengan hujah yang dikemukakan. Keadaan ini mungkin disebabkan pelajar tidak berkeupayaan untuk

menghubungkan konsep-konsep sains pada tiga aras perwakilan (Johnstone, 1991) dan seterusnya menjejaskan pemahaman konsep tersebut secara menyeluruh (Bucat & Mocerino, 2009; Beall et al., 1994). Justeru, pengajaran konsep sains terutamanya kimia perlu diberi fokus utama terhadap perhubungan antara tiga aras perwakilan.

3.3.3 Skema Perubahan ($D_{(KA)}B_{(KA)} \rightarrow DB$)



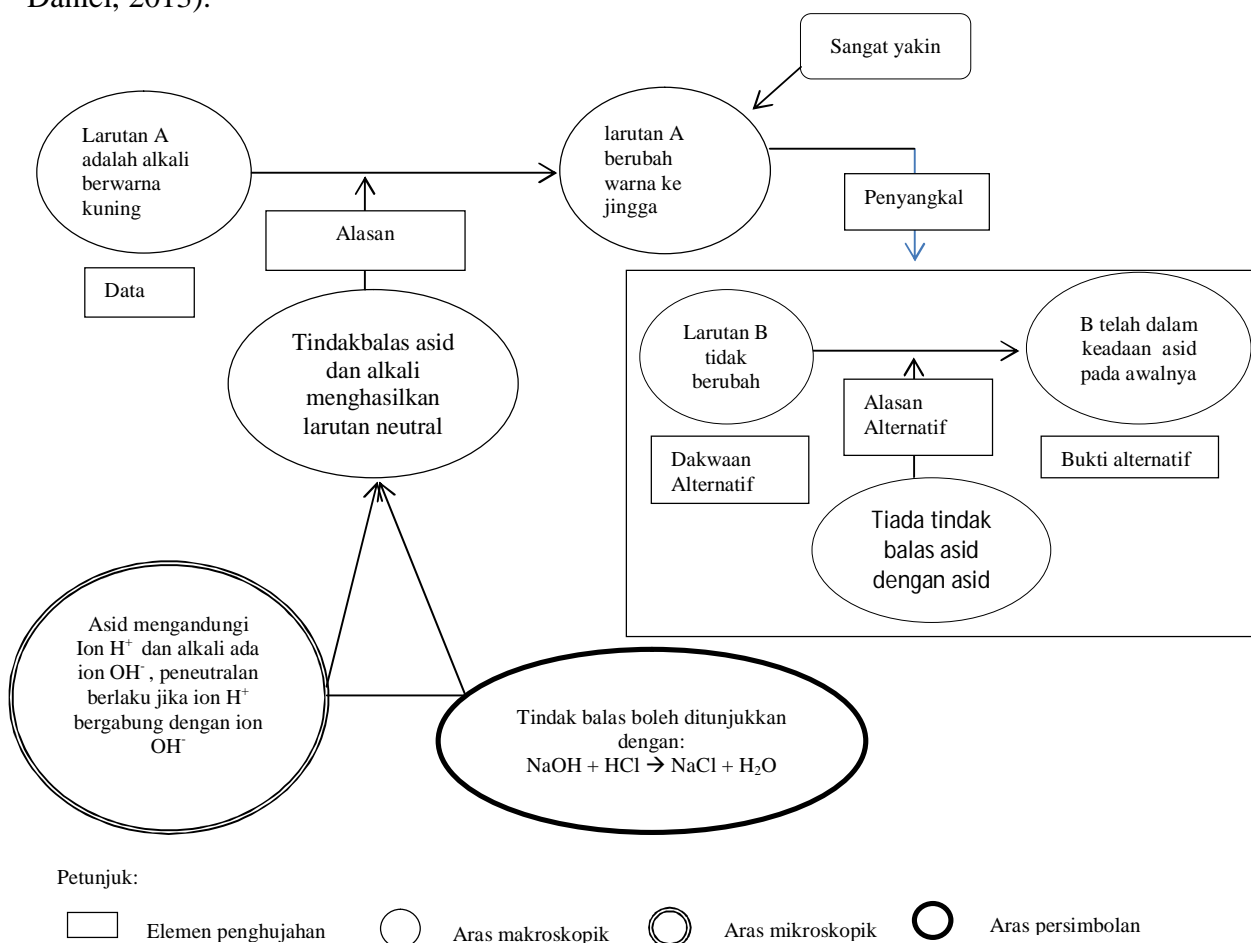
Rajah 7: Skema perubahan ($D_{(KA)}B_{(KA)} \rightarrow DB$)

Skema penghujahan pelajar yang melibatkan perubahan konsep dirumuskan dalam Rajah 7. Hujah yang dikemukakan oleh pelajar pada awalnya mengandungi kerangka alternatif tetapi telah berubah kepada hujah saintifik selepas disoal dan diminta memberikan penjelasan teliti. Ini menunjukkan pelajar cuba membuat pengubahsuaian dan menstruktur semula konsep awal yang mereka kurang yakin. Keadaan ini berlaku apabila wujud ketidakpuasan terhadap konsep awal kerana konsep tersebut tidak dapat menjelaskan fenomena yang dikaji (Posner et al., 1982), justeru konflik kognitif (Tekkaya, 2003) yang berlaku merangsang pemikiran secara mendalam dan mengakibatkan perubahan konsep sedia ada kepada konsep saintifik yang dapat menjelaskan fenomena yang dikaji (Kendeou & Broek, 2007). Penstruktur semula konsep tidak saintifik kepada konsep saintifik yang sepadan dengan ahli sains ini dikatakan sebagai perubahan konsep (Zhou, 2010). Dapatan ini menunjukkan penghujahan saintifik berpotensi menggalakkan perubahan konsep (Nussbaum dan Sinatra, 2003). Walaubagaimana pun, hujah alternatif yang dikemukakan masih terbatas pada aras makroskopik disebabkan batasan pengetahuan kandungan spesifik (Foong & Daniel, 2010; Sadler, 2004; von Aufschnaiters et al., 2008).

3.3.4 Skema Kompleks ($DBA_{(mak+mik+sim)}P-[DBA_{(mak)}]$)

Hanya segelintir pelajar yang dapat menguasai konsep saintifik dan berupaya mengemukakan hujah saintifik yang melibatkan ketiga-tiga aras perwakilan menunjukkan skema penghujahan saintifik yang kompleks. Berdasarkan Rajah 8, didapati pelajar dapat mengemukakan dakwaan saintifik yang disokong dengan bukti serta alasan yang meliputi ketiga-tiga aras perwakilan, dan pelajar sangat yakin dengan hujah yang dikemukakan. Ini menunjukkan pelajar berjaya menggabungkan ketiga-tiga aras perwakilan dan menguasai

sepenuhnya konsep yang dikaji (Johnstone, 2000), sekaligus meningkatkan keyakinan terhadap hujah yang dikemukakan. Dapatan ini sejajar dengan kajian Bowen dan Roth (1999) yang mencadangkan tahap keyakinan pelajar adalah bergantung kepada pengetahuan yang dikuasai. Selain itu, pelajar dapat mengukuhkan lagi hujah yang dibina dengan mengemukakan penyangkal yang melibatkan dakwaan alternatif, bukti alternatif dan alasan alternatif pada aras makroskopik bagi menerangkan kenapa dakwaan alternatif bukanlah dakwaan yang tepat bagi fenomena yang dikaji. Keadaan ini menunjukkan pelajar berupaya menganalisis dan membuat penilaian dari perspektif yang berlainan (Osborne et al., 2004) dengan pemikiran aras tinggi (von Aufschnaiters et al., 2008). Justeru, hujah yang dikemukakan boleh dikatakan sebagai hujah kompleks yang berkualiti memandangkan elemen penyangkal diambilkira sebagai petunjuk kualiti sesuatu hujah (Erduran, 2007; Foong & Daniel, 2013).



Rajah 8: Skema kompleks (DBA_(mak+mik+sim)P-[DBA_(mak)])

4.0 Kesimpulan dan Implikasi Terhadap Pendidikan Kimia

Keseluruhannya, dapatan kajian menunjukkan pelajar tingkatan empat aliran sains berkebolehan mengemukakan hujah bertulis saintifik dengan konsep sains yang tepat. Keadaan ini menunjukkan pengintegrasian aktiviti penghujahan saintifik dalam pengajaran dan pembelajaran dapat meningkatkan penguasaan penghujahan saintifik pelajar. Walaubagaimana pun, hujah yang dikemukakan lebih tertumpu pada hujah mudah yang terdiri daripada elemen dakwaan, bukti dan alasan pada aras makroskopik. Alasan yang menggabungkan ketiga-tiga aras perwakilan tidak dijumpai dalam hujah bertulis pelajar tetapi apabila disoal dan diminta menjelaskan dengan teliti, segelintir pelajar berupaya

mengemukakan hujah dengan gabungan ketiga-tiga aras tersebut. Keadaan ini menunjukkan pelajar kekurangan pengalaman mengabungkan ketiga-tiga aras perwakilan disebabkan pengajaran dan pembelajaran kimia disekolah jarang melibatkan gabungan aras perwakilan tersebut. Guru-guru sains biasanya mengajar konsep kimia dengan mengasingkan ketiga-tiga aras perwakilan. Sebagai contoh, sifat-sifat larutan (makroskopik) diajar berasingan dengan pengionan asid menghasilkan ion-ion hidrogen (sub mikroskopik) dan persamaan kimia (persymbolan) biasanya ditekankan dalam pengiraan kemolaran larutan. Di samping itu, soalan yang dikemukakan oleh guru juga terhad pada aras persymbolan dan makroskopik (Winnie & Mohammad Yusof, 2012). Justeru, pelajar tidak dapat menggabungkan ketiga-tiga aras perwakilan bagi konsep yang dipelajari dan tidak dapat memahami konsep yang dipelajari secara menyeluruh (Johnstone, 1991). Keadaan ini telah mengakibatkan pelajar sering menganggap mata pelajaran kimia sebagai subjek yang sukar dan membosankan (Tsaparlis et al., 2010). Maka, guru-guru sepatutnya mengabungkan ketiga-tiga aras perwakilan apabila memperkenalkan sesuatu konsep kimia dan membantu pelajar supaya memahami konsep yang dipelajari secara menyeluruh.

Dari segi elemen penghujahan pula, didapati hujah pelajar kekurangan elemen penyangkal yang merupakan petunjuk kualiti hujah saintifik. Keadaan ini menunjukkan pelajar kekurangan pengetahuan berkaitan struktur dan elemen-elemen dalam penghujahan berkualiti. Justeru, pengajaran struktur penghujahan secara eksplisit sepatutnya disampaikan sebelum pengintegrasian aktiviti penghujahan saintifik dalam pengajaran dan pembelajaran dilaksanakan. Selain itu, guru-guru boleh memperkenalkan kriteria-kriteria bagi membezakan antara hujah berkualiti dengan hujah tidak berkualiti seperti kaedah yang dilaksanakan oleh Zohar dan Nemet (2002) yang menunjukkan peningkatan pencapaian pelajar yang signifikan. Tambahan lagi, strategi pengajaran sepatutnya berpusatkan pelajar dengan mengalakkan penglibatan pelajar dalam mengemukakan idea, memberi penjelasan, menyoal dan mengkritik serta mengemukakan idea alternatif. Walaubagaimana pun, terdapat kajian yang melaporkan guru-guru menyatakan mereka menghadapi masalah kesuntukan masa (Winnie & Mohammad Yusof, 2012) dan sukar untuk menjalankan aktiviti berpusatkan pelajar. Bagi mengatasi masalah ini, guru-guru perlu membuat perancangan yang teliti dengan mengintegrasikan aktiviti penghujahan saintifik dalam pengajaran yang sedia ada selepas pengenalan ringkas berkaitan struktur penghujahan saintifik. Dengan penguabahsuaian yang minimum, kemahiran penghujahan saintifik pelajar dapat dipupuk sekaligus meningkatkan penguasaan konsep dan kemahiran pemikiran aras tinggi serta pencapaian akademik pelajar. Cadangan ini adalah menyokong idea Kuhn yang menyatakan kemahiran penghujahan saintifik adalah wujud semulajadi secara implisit dalam diri pelajar, dan cabaran pendidikan khususnya guru kimia adalah untuk mengukuhkannya.

Kesimpulannya, bagi meningkatkan pengetahuan kandungan pelajar, pendekatan pengajaran dan pembelajaran sains khasnya kimia di sekolah perlu berubah dari pendekatan yang berpusatkan guru dan peperiksaan kepada pendekatan yang berpusatkan pelajar. Aktiviti penghujahan saintifik yang mementingkan interaksi pelajar-guru dan pelajar-pelajar perlu diberi fokus dan penggabungan tiga aras perwakilan perlu diutamakan dalam pengajaran konsep kimia.

Rujukan

- Acar, O. (2008). *Argumentation skills and conceptual knowledge of undergraduate students in a physic by inquiry class*. Tesis Doktor Falsafah yang tidak diterbitkan. The Ohio State University.
- Beall, H., Trimbur, J., & Weininger, S.J. (1994). Mastery insight and the teaching of chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 3(2), 99-105.

- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793.
- Bowen, G. M., & Roth, W. M. (1999). Confidence in performance on science tests and student preparation strategies. *Research in Science Education*, 29 (2), 209-226.
- Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the sub-micro level: Structural representations. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp.11-29). Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument interventions in K–12 science contexts. *Review of Educational Research*, 80 (3), 336-371.
- Chen, Y. C. (2011). *Examining the integration of talk and writing for student knowledge construction through argumentation*. Tesis Doktor Falsafah yang tidak diterbitkan. The University of Iowa.
- Choi, A., Notebaert, A., Diaz, J., & Hand, B. (2010). Examining arguments generated by year 5, 7, and 10 students in science classrooms. *Research in Science Education*, 40 (2), 149-169.
- Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Teaching*. 45 (3), 293-321.
- Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school student's informal reasoning and argumentation about biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31(11), 1421-1445.
- Duschl, R. A. (2007). Quality argumentation and epistemic criteria. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp.159-178). Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Erduran, S. (2007). Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 47-70). Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Erduran, S., Ardac, D., & Guzel, B. Y. (2006). Learning to teach argumentation: case studies of pre-service secondary science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), July 2006.
- Eskin, H., & Berkiroglu, F. O. (2008). Investigation of a pattern between students' engagement in argumentation and their science content knowledge: A case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(1), 63-70.
- Foong, C. C., & Daniel, E. G. S. (2013). Students' argumentation skills across two socio-scientific issues in a Confucian classroom: Is transfer possible? *International Journal of Science Education*, 35(14), 2331-2355.
- Foong, C. C., & Daniel, E. G. S. (2010). Incompetent grounds in science students' arguments: What is amiss in the argumentation process? *Procedia Social and Behavioral Science* 9 (2010), 1198-1207.
- Heng, L. L., Johari Bin Surif & Yazid Abd Manap (2012). Penguasaan penaakulan saintifik pelajar pendidikan opsyen sains terhadap konsep asid dan bes. Kertas kerja dibentang dalam *International Seminar in Science and Mathematics Education* di Universiti Teknologi Malaysia, Skudai pada 5 – 8 September, 2012.
- Heng, L. L., & Johari Bin Surif (2013). Penghujahan saintifik: Memahami perlaksanaannya dalam proses pengajaran dan pembelajaran kimia. *Jurnal Teknologi (Social Sciences)*, 65 (1), 1–8.
- Heng, L. L., Johari Surif & Seng, C. H. (2013). Students' performance in scientific argumentation: individual versus group. Kertas kerja dibentang dalam *International*

Conference on Education, Psychology and Society (ICEPAS), Bangkok, Thailand pada 26 - 28 Julai, 2013.

Heng, L. L., Johari Surif & Seng, C. H. (2014). Individual Versus Group Argumentation: Student's Performance in a Malaysian Context. *International Education Studies*, 7 (7), 109-124.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry—logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9-15.

Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.

Kendeou, P., & Broeck, P.V. (2007). The effects of prior knowledge and text structure on comprehension processes during reading of scientific texts. *Memory & Cognition*. 35(7): 1567. Diakses pada 20, Oktober, 2012.

<http://search.proquest.com/docview/217436665?accountid=4175>

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*. 77(3), 319-337.

Marttunen, M. (1994). Assessing argumentation skills among Finnish University students. *Learning and Instruction*, 4, 175-191.

McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229.

McNeill, K. L., & Martin, D. M. (2011). Claims, evidence, and reasoning: Demystifying data during a unit on simple machines. *Science and Children*, April/May 2011.

Mohd Ali Samsudin, Salmiza Saleh, Zurida Haji Ismail & Ahmad Nurulazam Mohd Zain (2003). Kefahaman dan kerangka alternatif konsep haba di kalangan pelajar-pelajar tingkatan empat. *The Classroom Teacher*, 8 (1). March 2003.

Mohd Fadzil B. Che Amat (2005). Kesan kaedah pengajaran dan pembelajaran menggunakan paradigma behaviorisme ke atas pencapaian sains sekolah-sekolah kebangsaan di Malaysia: Satu analisis prestasi UPSR separa dekad. *Prosiding Seminar Penyelidikan dan Penilaian MPTAR*, 2005.

National Science Education Standards (NRC). (1996). Diakses pada 19 Jun 2012. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962&page=209

Next Generation Science Standards (NGSS). (2013). Diakses pada 10 Jun 2013.

http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=18290&page=R20

Nussbaum, E. M. (2011). Argumentation, dialogue theory, and probability modeling: Alternative frameworks for argumentation research in education. *Educational Psychologist*. 46(2), 84-106.

Nussbaum, E. M., & Sinatra, G. M. (2003). Argument and conceptual engagement. *Contemporary Educational Psychology*, 28(3), 384-395.

Olander, C., & Ingerman, A. (2011). Towards an inter-language of talking science: Exploring students' argumentation in relation to authentic language. *Journal of Biological Education*, 45(3), September 2011.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.

Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell-Richardson, C., & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), 315-347.

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.

- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socio scientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Schen, M. S. (2007). *Scientific reasoning skills development in the introductory biology courses for undergraduates*. Tesis Doktor Falsafah tidak diterbitkan. The Ohio State University.
- Sia, D. T., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, L. (2012). High school students' proficiency and confidence levels in displaying their understanding of basic electrolysis concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 1325-1345.
- Sesen, B. A., & Tarhan, L. (2010). Promoting active learning in high school chemistry: Learning achievement and attitude. *Procedia Social and Behavioral Science*, 2 (2010), 2625-2630.
- Tekkaya, C. (2003). Remediating high school students' misconceptions concerning diffusion and osmosis through concept mapping and conceptual change text. *Research in Science and Technological Education*, 21(1), 5-16.
- Toulmin, S., Rieke, R. & Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Tsaparlis, G., Kolioulis, D., & Pappa, E. (2010). Lower-secondary introductory chemistry course: A novel approach based on science-education theories with emphasis on the macroscopic approach, and the delayed meaningful teaching of the concepts of molecule and atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 107-117.
- Venville, G. J., & Dawson, V. M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.
- von Aufschnaiters, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (1), 101-131.
- Voss, J. F., & Means, M. L. (1991). Learning to reason via instruction in argumentation. *Learning and Instruction*, 1, 337-350.
- Winnie, S. S. L., & Mohammad Yusof Arshad (2012). A preliminary study of chemistry teachers' question in inquiry teaching. Kertas kerja dibentangkan dalam Seminar Kebangsaan Majlis Dekan Pendidikan IPTA 2012.
- Zeidler, D. L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education*, 81(4), 483-496.
- Zemal-Saul, C., Munford, D., Crawford, B., Friedrichsen, P., & Land, S. (2002). Scaffolding pre-service science teachers' evidence-based arguments during an investigation of natural selection. *Research in Science Education*, 32, 437-463.
- Zemal-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93(4), 687-719.
- Zhou, G. (2010). Conceptual change in science: A process of argumentation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(2), 101-110.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (1), 35-62.