

Noor Fadiawati dan Liliasari/Konsepsi Mahasiswa Pendidikan

KONSEPSI MAHASISWA PENDIDIKAN KIMIA TAHUN PERTAMA TENTANG STRUKTUR ATOM

Noor Fadiawati¹, Liliasari²¹ Jurusan PMIPA FKIP Universitas Lampung, ² Sekolah Pascasarjana
Universitas Pendidikan Indonesia

ABSTRAK

Struktur atom merupakan topik yang penting sebagai dasar untuk memahami berbagai konsep kimia yang lain, seperti sifat-sifat periodik unsur dan ikatan kimia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi konsepsi mahasiswa pendidikan kimia tahun pertama tentang struktur atom. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, dan pengumpulan datanya menggunakan instrumen tes respon terbatas. Subyek dalam penelitian ini adalah mahasiswa pendidikan kimia tahun pertama yang telah mengikuti perkuliahan kimia dasar, yang berjumlah 94 orang. Sebanyak 23 item instrumen diagnostik pilihan ganda dua tahap telah diteskan untuk mengungkap konsepsi mahasiswa tentang struktur atom. Berdasarkan analisis terhadap jawaban mahasiswa, teridentifikasi 447 konsepsi alternatif mahasiswa, 40 diantaranya adalah konsepsi alternatif mayor, dan rata-rata persentase mahasiswa yang memiliki konsepsi ilmiah hanya 16,37 %. Persentase konsepsi ilmiah paling tinggi adalah pada konsepsi tentang hubungan antar bilangan kuantum (45,74 %), persentase konsepsi ilmiah paling rendah adalah pada konsepsi tentang makna bilangan kuantum utama (0 %), sedangkan persentase konsepsi alternatif paling tinggi adalah pada konsepsi tentang jenis-jenis bilangan kuantum yang menentukan identitas/keberadaan suatu orbital (60,64%). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa pemahaman mahasiswa tentang struktur atom sangat rendah, sehingga perlu diperbaiki agar konsepsinya menjadi lebih ilmiah.

Kata kunci: konsepsi alternatif, struktur atom, mahasiswa pendidikan kimia, instrumen diagnostik pilihan ganda dua tahap

PENDAHULUAN

Miskonsepsi siswa dalam sains merupakan masalah utama yang menjadi perhatian para pendidik. Skelly dan Hall (dalam Nakiboglu dan Tekin, 2006) mendefinisikan miskonsepsi sebagai suatu penyajian mental suatu konsep yang tidak berhubungan dengan teori ilmiah yang diterima saat ini. Mereka membagi miskonsepsi ke dalam dua kategori: pengalaman (*experiential*) dan pengajaran (*instructional*). Miskonsepsi *Experiential* juga dikenal sebagai konsepsi alternatif, konsepsi intuitif, atau konsepsi asli. Menurut Calik dan Ayas (2005), pada umumnya konsepsi alternatif bukan merupakan ide-ide yang spontan, konsepsi alternatif mungkin dihasilkan dari pengajaran, atau berasal dari analogi yang digunakan oleh guru, atau dari buku teks. Jika guru-guru memiliki konsepsi alternatif, maka mereka akan sulit mengidentifikasi dan mengoreksi konsepsi alternatif siswa mereka.

Miskonsepsi mengenai beberapa gejala kimia, pada dasarnya berbeda karena keberadaan dari atom-atom dan molekul-molekul tidak secara langsung ditemui dalam realita pengalaman sehari-hari. Miskonsepsi mengenai ini merupakan fenomena yang lebih abstrak yang dihasilkan dari beberapa pengalaman pengajaran.

Berbagai konsepsi sains yang dibangun dalam pikiran siswa disebut "misconceptions", "alternative frameworks", "children's science" dan "preconceived notions" (Nakhleh, 1992). Calik dan Ayas (2005),

menggunakan istilah “konsepsi alternatif” untuk menjelaskan kesulitan konseptual, sehingga definisi konsepnya berbeda atau tidak konsisten dengan definisi ilmiah yang diterima. Schmidt, Baumgartner, dan Eybe (2003) menggunakan istilah “konsepsi alternatif” hanya jika siswa mempunyai penjelasan yang masuk akal untuk asumsinya.

Banyak peneliti sependapat bahwa para siswa membawa konsepsi mereka ketika memasuki sekolah (Ausubel, 1968, 2000; Driver et al., 1986; dalam Tan et al., 2005). Duit dan Treagust dalam Tan 2005, mendefinisikan konsepsi sebagai “representasi mental idiosyncratic individu. Konsepsi yang dikembangkan siswa adalah hasil dari beberapa faktor, seperti pengalaman indera mereka, dan dipengaruhi oleh pengalaman bahasa, latar belakang budaya, peer groups, media massa, dan pengajaran formal (Duit dkk, dalam Tan 2005).

Hasil-hasil penelitian pendidikan sains dalam tiga puluh tahun terakhir menunjukkan bahwa para siswa SMA dan mahasiswa kimia memiliki konsepsi alter-natif dalam berbagai materi kimia, antara lain seperti: konsep-konsep kimia inti (Nakiboglu dan Tekin, 2006); sifat partikel materi (Gabel, Samuel, Hunn, dalam Yeziarski dan Birk, 2006); isotop dan alotropi (Schmidt, Baumgartner, Eybe; 2003); kesetimbangan fase dan sifat koligatif larutan, (Azizoglu, Alkan, dan Geban; 2006); reaksi kesetimbangan (Locaylocay, Van Den Berg, dan Magno; 2005); pelarutan, gas, dan perubahan kimia (Calik dan Ayas, 2005); menguap, mendidih, dan mengembun (Osborne dan Cosgrove, dalam Azizoglu, Alkan, dan Geban; 2006); penguapan dan te-kanan uap (Canpolat, Pinarbasi, Sozbilir, 2006) dan komponen-komponennya (Çalik M. dan Ayas A., 2005); atom dan molekul (Cokelez A. dan Dumon A., 2005); asam dan basa (Demircioğlu, Ayas, dan Demircioğlu, 2005); dan sebagainya. Timbulnya berba-gai konsepsi alternatif tersebut disebabkan karena sebagian besar materi kimia bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung sehingga sulit dipahami oleh siswa (Harrison, Grayson, dan Treagust, 1999; dalam Baser, 2006), dan kemampuan visuali-sasi yang lemah (Gabel, Samuel, Hunn, 1987; dalam Yeziarski dan Birk, 2006).

Metode yang telah digunakan untuk mengidentifikasi pemahaman siswa tentang konsep meliputi pemetaan konsep (Novak, 1996), wawancara (Carr, 1996), dan instru-ment diagnostik pilihan ganda (Treagust, 1995 dalam Tan 2005 dan Chandrasegaran 2007). Dalam penelitian ini digunakan instrumen pilihan ganda dua tahap dan untuk mengidentifikasi konsepsi pebelajar tentang struktur atom (berdasarkan teori atom me-kanika gelombang). Metodologi ini telah digunakan untuk mengembangkan tes diag-nostik dalam ilmu kimia, sebagai contoh pada ikatan kovalen (Peterson dkk, 1999), ikatan kimia (Tan dkk, 1999), kesetimbangan kimia (Tyson dkk, 1999), analisis kualita-tif (Tan dkk, 2002), energi ionisasi (Tan dkk, 2005), reaksi kimia (Chandrasegaran dkk, 2007).

Sifat dari ilmu kimia yang kompleks dan abstrak membuat pelajaran kimia menjadi sulit bagi siswa (Ben-Zvi et al.; Johnstone; Nakhleh; Gabel; Treagust and Chittleborough; dalam Chandrasegaran, 2007), sehingga siswa cenderung memegang pandangan-pandangan idiosyncratic tertentu tentang fenomena dan konsep-konsep, yang mereka bawa ke dalam kelas. Seringkali, konsepsi yang dikembangkan oleh siswa cenderung berbeda dari pandangan masyarakat ilmiah (Osborne dkk, 1983). Konsepsi yang unik tentang fenomena alam yang dipegang oleh siswa seringkali resisten terhadap pengajaran, terutama jika konsepsi tersebut mengakar dalam pengalaman hidup mereka sehari-hari (Treagust dkk, dalam Chandrasegaran, 2007). Oleh karena itu perlu untuk mengidentifikasi konsepsi siswa, untuk membantu mereka

mengembangkan konsepsi yang lebih diterima secara ilmiah tentang konsep-konsep sains.

Struktur atom merupakan konsep yang bersifat abstrak dan sulit divisualisasikan, sehingga sangat dimungkinkan timbulnya konsepsi siswa yang beragam ketika mereka mencoba membangun konsep tersebut. Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana konsepsi mahasiswa pendidikan kimia tahun pertama tentang struktur atom? Sejalan dengan permasalahan tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk: (1) mengidentifikasi konsepsi mahasiswa pendidikan kimia tahun pertama tentang struktur atom; dan (2) mendeskripsikan konsepsi mahasiswa pendidikan kimia tahun pertama tentang struktur atom. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam merumuskan pembelajaran tentang struktur atom;

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Subyek dalam penelitian ini adalah mahasiswa tahun pertama Program Studi Pendidikan Kimia yang telah mengikuti perkuliahan Kimia Dasar di salah satu perguruan tinggi di Lampung dan seorang dosen. Subyek penelitian terdiri dari 2 kelas, yaitu kelas reguler (diterima melalui SPMB) dan kelas reguler mandiri (diterima melalui jalur SPMB lokal), yang seluruhnya berjumlah 94 mahasiswa.

Data tentang konsepsi mahasiswa dijarah melalui tes. Instrumen yang digunakan untuk menjarah konsepsi alternatif siswa adalah instrumen diagnostik struktur atom (IDSA) yang berupa tes pilihan ganda dua tahap (Fadiawati dkk. 2009), yang dikembangkan dengan memodifikasi prosedur yang dibuat oleh Treagust (dalam Tan dkk, 2005; Chandrasegaran dkk, 2007). Instrumen tes terdiri dari 23 item, masing-masing item terdiri dari tiga bagian, yaitu pernyataan/pertanyaan, pilihan jawaban, dan pilihan alasan. Data tentang konsepsi dosen dijarah melalui observasi dan perekaman (audio) dosen mengajar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menampilkan persentase siswa yang memilih masing-masing jawaban pada setiap item pada IDSA. Dari tabel tersebut tampak bahwa total persentase jawaban ada yang tidak mencapai 100% atau bahkan melebihi 100%, hal ini disebabkan karena beberapa siswa tidak memilih, atau memilih lebih dari satu pilihan jawaban pada setiap item. Berdasarkan pilihan kombinasi jawaban mahasiswa, teridentifikasi 447 konsepsi alternatif mahasiswa tentang struktur atom, 40 diantaranya adalah konsepsi alternatif mayor, yaitu jika terdapat paling sedikit 10% dari jumlah sampel (Petersen, dalam Tan, 2005). Dari data pada Tabel 1, tampak bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki konsepsi yang tidak ilmiah pada sebagian besar konsep-konsep yang berhubungan dengan struktur atom, yaitu rata-rata 83,63%, sedangkan rata-rata mahasiswa yang memiliki konsepsi ilmiah untuk setiap item (dicetak lebih tebal) hanya sebesar 16,37%. Persentase konsepsi ilmiah paling tinggi (45,74 %) adalah pada konsepsi tentang hubungan antar bilangan kuantum. Pada poin ini 45,74% mahasiswa memilih dan memberikan alasan yang ilmiah pada pertanyaan:

“jika dijumlah, orbital yang memiliki bilangan kuantum $n=1$ sampai $n=4$ adalah sebanyak 30 orbital, karena $n=1$ memiliki 1 orbital s ; $n=2$ mempunyai 1 orbital s dan 3 orbital p ; $n=3$ mempunyai 1 orbital s , 3 orbital p , dan 5 orbital d ;

$n=4$ mempunyai 1 orbital s , 3 orbital p , dan 5 orbital d , dan 7 orbital f sehingga jumlahnya 30 orbital”

Persentase konsepsi ilmiah paling rendah adalah pada konsepsi tentang makna bilangan kuantum utama (0 %). Pada item ini (item 6), disediakan kombinasi pilihan jawaban yang ilmiah tetapi tidak satupun mahasiswa memilihnya, yaitu: “bilangan kuantum utama menggambarkan tingkat energi dan ukuran orbital, karena jika $n=1$ maka tingkat energi orbitalnya adalah 1, jika $n=2$ maka tingkat energi orbitalnya adalah 2, dan seterusnya”; semakin besar harga n maka ukuran orbitalnya juga semakin besar”

Persentase kombinasi jawaban terbesar (konsepsi alternatif) pada item ini (18,09) adalah pada:

“makna bilangan kuantum utama adalah menggambarkan tingkat energi (kulit) dimana orbital berada, karena menyatakan tingkat energi utama (kulit) tempat elektron itu berada”

Dari 40 konsepsi alternatif mahasiswa, persentase konsepsi alternatif terbesar adalah pada jenis-jenis/perangkat bilangan kuantum yang menentukan identitas/keberadaan suatu orbital (60,64%). Pada item ini (item 5) 60,64% mahasiswa memilih bahwa:

“ bilangan kuantum yang menentukan identitas orbital adalah bilangan kuantum utama, bilangan kuantum azimut, bilangan kuantum magnetik, dan bilangan kuantum spin; dan hanya 14, 89% yang memiliki konsepsi yang ilmiah, yaitu yang memilih bahwa bilangan kuantum yang menentukan identitas orbital adalah bilangan kuantum utama, bilangan kuantum azimut, dan bilangan kuantum magnetik”

Deskripsi konsepsi alternatif mayor yang teridentifikasi dari penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Persentase mahasiswa pendidikan kimia semester I (n=94) yang memilih kombinasi jawaban masing-masing item pada IDSA

No	Pilihan Jawaban	Pilihan Alasan															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	A	5,32	9,57	1,06	0		0	1,06	0	-	-	-	-	-	-	-	17,01
	B	0	0	1,06	0	0	1,06	0	0	-	-	-	-	-	-	-	2,12
	C	0	34,04	0	2,13	2,13	0	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	39,36
	D	0	8,51	0	2,13	0	0	10,64*	1,06	-	-	-	-	-	-	-	22,34
	E	2,13	3,19	0	1,06	1,06	0	1,06	0	-	-	-	-	-	-	-	8,5
	F	0	3,19	3,19	2,13	0	0	7,45	0	-	-	-	-	-	-	-	15,96
2	A	24,47*	2,13	0	0	0	1,06	1,06	1,06	1,06	3,19	-	-	-	-	-	34,03
	B	0	0	6,38	0	3,19	1,06	0	0	0	0	-	-	-	-	-	10,63
	C	0	0	0	0	0	0	0	1,06	2,13	0	-	-	-	-	-	3,19
	D	0	0	0	0	0	39,36	8,51	2,13	0	0	-	-	-	-	-	50
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0
3	A	6,38	4,26	2,13	5,32	2,13	6,38		6,38	-	-	-	-	-	-	-	32,98
	B	5,32	0	0	0	0	0	1,06	0	-	-	-	-	-	-	-	6,38
	C	7,45	4,26	0	0	2,13	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	13,84
	D	11,70*	0	0	0	3,19	0	0	6,38	-	-	-	-	-	-	-	21,27
	E	0	0	0	0	3,19	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	3,19
	F	3,19	0	1,06	0	1,06	0	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	6,37
	G	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0
	H	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0
	I	4,26	0	0	0	1,06	8,51	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	14,89
4	A	0	3,19	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	3,19
	B	9,57	15,96	2,13		1,06	9,57	4,26	1,06	3,19	2,13	-	-	-	-	-	48,93
	C	0	0	0	17,02	0	0	2,13	0	0	0	-	-	-	-	-	19,15
	D	0	3,19	0	1,06	0	2,13	10,64*	1,06	0	0	-	-	-	-	-	18,08
	E	1,06	0	0	0	2,13	0	2,13	1,06	0	0	-	-	-	-	-	6,38
5	A	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	B	0	0	0	14,89	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	14,89
	C	0	0	3,19	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,19
	D	3,19	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,19
	E	12,77*	0	60,64*	1,06	1,06	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	75,53
6	A	8,51	6,38	2,13	4,26	1,06	2,13	0	-	-	-	-	-	-	-	-	24,47
	B	0	0	1,06	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,06
	C	14,89*	2,13	5,32	3,19	0	18,09*	0	-	-	-	-	-	-	-	-	43,62
	D	8,51	2,13	7,45	1,06	1,06	4,26	0	-	-	-	-	-	-	-	-	24,47

Tabel 1. Persentase mahasiswa pendidikan kimia semester I (n=94) yang memilih kombinasi jawaban masing-masing item pada IDSA (lanjutan)

No	Pilihan Jawaban	Pilihan Alasan															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
7	A	2,13	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,13
	B	2,13	10,64*	2,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,9
	C	4,26	50,00*	4,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58,52
	D	1,06	3,19	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,25
	E	1,06	4,26	8,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,83
8	A	2,13	2,13	3,19	0	0	7,45	0	0	2,13	-	-	-	-	-	-	17,03
	B	1,06	3,19	4,26	0	13,83	1,06	1,06	0	0	-	-	-	-	-	-	24,46
	C	0	9,57	1,06	0	9,57	2,13	0	0	0	-	-	-	-	-	-	22,33
	D	0	0	0	1,06	0	1,06	0	0	0	-	-	-	-	-	-	2,12
	E	0	0	1,06	0	1,06	2,13	0	0	0	-	-	-	-	-	-	4,25
	F	0	0	1,06	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	1,06
	G	0	2,13	1,06	0	7,45	3,19	0	1,06	0	-	-	-	-	-	-	14,89
	H	0	1,06	0	0	0	0	0	0	1,06	-	-	-	-	-	-	2,12
	I	1,06	0	4,26	0	0	0	0	0	2,13	-	-	-	-	-	-	7,45
	J	0	0	1,06	0	1,06	0	0	0	2,13	-	-	-	-	-	-	4,25
	9	A	4,26	0	2,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
B		0	0	0	0	0	0	2,13	0	0	0	0	0	-	-	-	2,13
C		0	0	2,13	0	0	0	2,13	0	0	0	0	1,06	-	-	-	5,32
D		0	0	4,26	0	0	0	3,19	0	0	0	4,255	0	-	-	-	11,705
E		0	0	13,83*	0	0	1,06	21,28*	4,26	0	2,13	20,21	1,06	-	-	-	63,83
F		0	0	0	1,06	0	0	1,06	1,06	0	0	0	0	-	-	-	3,18
10	A	2,13	1,06	1,06	1,06	1,06	0	8,51	0	3,19	8,51	0	0	-	-	-	26,58
	B	10,64*	1,06	2,13	0	0	0	3,19	0	5,32	1,06	0	0	-	-	-	23,4
	C	4,26	1,06		0	0	0	0	4,26	2,13	8,51	0	0	-	-	-	20,22
	D	2,13	0	10,64	1,06	0	0	0	0	0	2,13	0	0	-	-	-	15,96
	E	2,13	1,06	0	0	0	0	6,38	2,13	0	0	0	0	-	-	-	11,7
11	A	11,70*	0	0	12,77*	2,13	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	27,66
	B	1,06	1,06	0	9,57	1,06	2,13	0	-	-	-	-	-	-	-	-	14,88
	C	1,06	6,38	1,06	2,13	4,26	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	14,89
	D	8,51	0	1,06	13,83	0	0	2,13	-	-	-	-	-	-	-	-	25,53
	E	1,06	10,64*	2,13	2,13	0	1,06	5,32	-	-	-	-	-	-	-	-	22,34

Tabel 1. Persentase mahasiswa pendidikan kimia semester I (n=94) yang memilih kombinasi jawaban masing-masing item pada IDSA(lanjut)

No	Pilihan Jawaban	Pilihan Alasan															Total	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
12	A	6,38	3,19	3,19	0	0	5,32	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	19,14	
	B	1,06	2,13	13,83	0	0	9,57	0	-	-	-	-	-	-	-	-	26,59	
	C	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	D	9,57	0	28,72	0	3,19	7,45	0	-	-	-	-	-	-	-	-	48,93	
	E	1,06	0	2,13	0	0	1,06	0	-	-	-	-	-	-	-	-	4,25	
13	A	0	0	0	1,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,96*	17,02	
	B	0	0	0	1,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,06	
	C	0	0	0	1,06	0	0	0	0	0	0	0	0	5,32	0	0	6,38	
	D	0	0	4,26	4,26	0	1,06	1,06	0	0	0	0	0	2,13	1,06	0	13,83	
	E	1,06	1,06	3,19	20,21*	0	15,96	0	1,06	4,26	1,06	2,13	1,06	0	0	0	51,05	
14	A	22,34*	1,06	1,06	0	3,19	13,83*	8,51	0	-	-	-	-	-	-	-	49,99	
	B	2,13	7,45	0	0	2,13	1,06	0	0	-	-	-	-	-	-	-	12,77	
	C	0	0	0	0	2,13	2,13	2,13	0	-	-	-	-	-	-	-	6,39	
	D	1,06	0	1,06	0	5,32	1,06	2,13	0	-	-	-	-	-	-	-	10,63	
	E	0	0	0	0	0	0	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	1,06	
	F	0	0	11,70*	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	11,7	
15	A	0	0	0	0	0	0	1,06	0	0	0	2,13	-	-	-	-	3,19	
	B	0	5,32	0	0	0	0	0	0	3,19	0	13,83*	-	-	-	-	22,34	
	C	0	2,13	0	0	0	0	0	2,13	1,06	13,83*	2,13	-	-	-	-	21,28	
	D	0	0	1,06	0	23,40*	1,06	3,19	9,57	0	2,13	9,57	-	-	-	-	49,98	
16	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	
	B	0	1,06	2,13	0	0	1,06	0	0	0	0	0	0	-	-	-	4,25	
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	2,13	0	0	0	-	-	-	2,13	
	E	0	0	1,06	20,21	0	0	0	0	0	0	0	0	1,06	-	-	-	22,33
	F	0	0	45,74	0	0	0	14,89*	2,13	0	0	0	0	2,13	-	-	-	64,89
	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	A	12,77*	3,19	0	0	1,06	6,38	6,38	-	-	-	-	-	-	-	-	29,78	
	B	0	0	0	0	0	3,19	0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,19	
	C	11,70*	0	1,06	2,13	3,19	12,77	0	-	-	-	-	-	-	-	-	30,85	
	D	8,51	1,06	2,13	1,06	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	12,76	
	E	0	0	0	1,06	1,06	1,06	0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,18	
	F	0	2,13	0	3,19	1,06	1,06	0	-	-	-	-	-	-	-	-	7,44	
	G	3,19	0	1,06	0	1,06	2,13	3,19	-	-	-	-	-	-	-	-	10,63	

Tabel 1. Persentase mahasiswa pendidikan kimia semester I (n=94) yang memilih kombinasi jawaban masing-masing item pada IDSA (lanjutan)

No	Pilihan Jawaban	Pilihan Alasan															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
18	A	1,06	0	0	4,26	0	0	0	1,06	0	0	-	-	-	-	-	6,38
	B	2,13	0	0	0	4,26	1,06	0	0	0	2,13	-	-	-	-	-	9,58
	C	0	4,26	0	1,06	0	1,06	0	1,06	1,06	0	-	-	-	-	-	8,5
	D	1,06	4,26	4,26	1,06	11,70*	28,72	1,06	0	0	1,06	-	-	-	-	-	53,18
	E	0	0	0	1,06	1,06	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	2,12
19	F	6,38	2,13	1,06	1,06	5,32	1,06	0	1,06	0	0	-	-	-	-	-	18,07
	A	1,06	2,13	23,40	1,06	0	3,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,84
	B	7,45	0	0	3,19	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,64
	C	1,06	0	21,28*	1,06	0	3,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,59
	D	1,06	0	8,51	1,06	2,13	7,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,21
20	A	1,06	2,13	6,38	0	0	1,06	1,06	1,06	-	-	-	-	-	-	-	12,75
	B	0	5,32	1,06	9,57	1,06	0	15,96*	19,15*	-	-	-	-	-	-	-	52,12
	C	0	0	1,06	0	0	0	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	2,12
	D	1,06	13,83*	1,06	2,13	0	0	1,06	19,15*	-	-	-	-	-	-	-	38,29
	E	0	0	0	0	1,06	1,06	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	3,18
21	A	3,19	3,19	22,34*	1,06	1,06	0	2,13	0	0	0	1,06	0	0	2,13	2,13	38,29
	B	0	0	13,83	2,13	0	1,06	0	0	2,13	0	0	0	2,13	5,32	1,06	27,66
	C	0	0	1,06	1,06	0	1,06	2,13	12,77*	1,06	0	0	0	0	2,13	0	21,27
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	1,06	0	0	2,13	0	1,06	0	4,25
	E	0	0	0	0	0	0	0	1,06	0	0	0	4,26	0	0	0	5,32
22	A	9,57	0	2,13	3,19	0	4,26	0	9,57	-	-	-	-	-	-	-	28,72
	B	6,38	1,06	2,13	4,26	0	2,13	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	17,02
	C	17,02*	0	10,64*	5,32	0	3,19	9,57	6,38	-	-	-	-	-	-	-	52,12
23	A	0	0	3,19	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,19
	B	0	1,06	1,06	0	2,13	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,25
	C	4,26	0	1,06	0	0	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,38
	D	2,13	3,19	7,45	8,51	10,64*	12,77*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,69
	E	0	1,06	5,32	6,38	19,15*	5,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,23

Keterangan: Angka dicetak tebal adalah persentase jawaban yang benar
: Angka bertanda bintang (*) adalah konsepsi alternatif utama/mayor (>10%)

Dari banyaknya variasi konsepsi dan besarnya persentase mahasiswa yang memiliki konsepsi yang tidak ilmiah, mengindikasikan bahwa pemahaman mahasiswa tentang struktur atom sangat rendah. Konsepsi yang dimiliki mahasiswa tampaknya bukan diperoleh dari konsepsi dosennya, karena berdasarkan observasi yang telah dilakukan, teridentifikasi bahwa konsepsi dosen tentang struktur atom adalah ilmiah. Hal ini sangat berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya (Fadiawati dan Liliasari, 2009), teridentifikasi bahwa konsepsi siswa SMA tentang struktur atom dipengaruhi oleh konsepsi gurunya. Besarnya persentase mahasiswa yang memiliki konsepsi yang tidak ilmiah kemungkinan disebabkan karena mahasiswa masih membawa konsepsi yang diperoleh di SMA, dengan kata lain konsepsi yang diperoleh sebelumnya melekat sangat kuat dan pembelajaran di perguruan tinggi belum cukup efektif untuk memperbaiki konsepsi mahasiswa tentang struktur atom. Fakta ini semakin memperkuat pernyataan yang dikemukakan oleh peneliti sebelumnya bahwa konsepsi yang diperoleh siswa seringkali resisten terhadap pengajaran (Treagust dkk, dalam Chandrasegaran, 2007); dan sifat miskonsepsi yang sangat stabil, sehingga pengajaran tradisional tidak cukup untuk memperbaikinya (Driver et al., dalam Tan, 2005; Hestenes 1987; Dykstra et al. 1992; McDermot and Shaffer 1992; White 1992 dalam Baser, 2006).

Tabel 2. Konsepsi alternatif mayor mahasiswa yang diperoleh dari pelaksanaan tes IDSA

No	Konsepsi Alternatif	Kombinasi pilihan*	Persentase
1	Atom terdiri atas inti atom yang bermuatan positif dan elektron yang bergerak mengelilingi inti atom dengan lintasan yang sesuai dengan bentuk orbital yang ditempati elektron <u>karena</u> di dalam atom, inti atom memiliki proton dan neutron yang dikelilingi oleh elektron dan berada pada orbital tertentu dan yang membentuk kulit atom	1. D (7)	10,64
2	Menurut teori atom mekanika gelombang, kebolehjadian terbesar menemukan elektron adalah dalam lintasan/kulit atom, <u>karena</u> elektron terdapat dalam kulit atom yang mengelilingi inti atom	2. A (1)	24,47
3	Menurut model atom mekanika gelombang, pernyataan yang paling tepat untuk orbital adalah kotak-kotak atau ruang tempat pengisian elektron dimana di dalamnya maksimal terisi dua elektron yang berlawanan arah dan cara pengisiannya harus berurutan, <u>karena</u> orbital terdapat dalam subkulit (s, p, d, f) dan subkulit berasal dari kulit atom (K,L,M...)	3. D (1)	11,70
4	Di dalam suatu atom, orbital terdapat di di luar inti atom dan mengelilingi inti atom tersebut Karena orbital yang di dalamnya terdapat elektron berputar mengitari inti atom dan bergerak di sekitar inti atom	4. D (7)	10,64
5	Keberadaan/identitas orbital suatu atom ditentukan oleh bilangan kuantum utama, azimut, magnetik, dan spin <u>karena</u> untuk mengetahui keberadaan orbital tidak berdasarkan bilangan kuantum utama, yang diperlukan adalah bilangan kuantum azimut, yang menentukan nilai tiap-tiap subkulit. Bilangan kuantum magnetik berdasarkan pada nilai bilangan kuantum azimutnya dan bilangan kuantum spin menentukan $+1/2$ atau $-1/2$	5. D (1)	12,77
6	Keberadaan/identitas orbital suatu atom ditentukan oleh bilangan kuantum utama, azimut, magnetik, dan spin <u>karena</u> bilangan kuantum utama menunjukkan tingkat energi, bilangan kuantum azimut menunjukkan bentuk orbital, dan bilangan kuantum magnetik menunjukkan jumlah orientasi ruang orbital	5. D (3)	60,64

Tabel 2. Konsepsi alternatif mayor mahasiswa yang diperoleh dari pelaksanaan tes IDSA(lanjutan)

No	Konsepsi Alternatif	Kombinasi pilihan*	Perse n-tase
7	Makna dari bilangan kuantum utama (n) adalah menggambarkan Tingkat energi (kulit) dimana orbital berada <u>karena</u> jumlah kulit (n) menunjukkan jumlah energi utama sebuah atom. Semakin banyak kulit maka akan semakin banyak pula energi yang dibutuhkan	6. C (1)	14,89
8	Makna dari bilangan kuantum utama (n) adalah menggambarkan Tingkat energi (kulit) dimana orbital berada <u>karena</u> menyatakan tingkat energi utama (kulit) tempat elektron itu berada	6. C (6)	18,09
9	Makna dari bilangan kuantum azimut (l) adalah menggambarkan orbital, <u>karena</u> menentukan nilai-nilai atau tingkat energi pada subkulit tertentu yang di dalamnya terdapat orbital sesuai dengan jumlah atomnya, $s=0, p=1, d=2$, dst.	7. B (2)	10,64
10	Makna dari bilangan kuantum azimut (l) adalah menggambarkan subkulit atom ($s=0, p=1, d=2$) <u>karena</u> menentukan nilai-nilai atau tingkat energi pada subkulit tertentu yang di dalamnya terdapat orbital sesuai dengan jumlah atomnya, $s=0, p=1, d=2$, dst.	7. C (2)	50,0
11	Jika harga bilangan kuantum utama $n=2$, maka harga bilangan kuantum azimut (l), dan bilangan kuantum magnetik (m) adalah $l = 0, 1; m = 0$ dan $-1, 0, +1$ <u>karena</u> kulit elektron yang mungkin terdapat pada kulit ke-2 adalah s dan p sehingga harga l dan m yang mungkin adalah $l=0$ dan $1; m=0$ dan $-1, 0, +1$	9. E (3)	13,83
12	Jika harga bilangan kuantum utama $n=2$, maka harga bilangan kuantum azimut (l), dan bilangan kuantum magnetik (m) adalah $l = 0, 1; m = 0$ dan $-1, 0, +1$ <u>karena</u> pada periode 2 ($n=2$) terdapat subkulit s dan p ; pada subkulit $s, l=0, m=0$; pada subkulit $p, l=1, m=-1, 0, +1$	9. E (7)	21,28
13	Istilah bilangan kuantum utama (n) pada model atom mekanika gelombang sama dengan istilah kulit atom pada model atom Bohr <u>karena</u> sama-sama menunjukkan kulit terluar suatu atom	10. B (1)	10,64
14	Subtingkat energi orbital analog dengan subkulit, <u>karena</u> jika subkulit menyatakan bagian kulit, sedangkan subtingkat energi menyatakan perpindahan elektron dari rendah ke tinggi	11. A (1)	11,70
15	Subtingkat energi orbital analog dengan subkulit, <u>karena</u> subkulit menyatakan bagian kulit, sedangkan subtingkat energi orbital merupakan tingkatan energi orbital yang berada pada tingkat energi utama yang sama	11. A (4)	12,77
16	Subtingkat energi orbital setara dengan subkulit <u>karena</u> sama-sama bagian dari kulit terluar atom	11. E (2)	10,64
17	Di antara pernyataan berikut, yang <u>tidak benar</u> adalah: dalam suatu atom tidak mungkin ada orbital $1p$ <u>karena</u> nilai ($n=1$) hanya ada 1 orbital yaitu $1s$	13. A (15)	15,96
18	Di antara pernyataan berikut, yang <u>tidak benar</u> adalah: dalam suatu atom tidak mungkin ada orbital $5g$ Karena untuk $n \geq 5$ dimungkinkan nilai $l \geq 4$ (subkulit g, h , dan seterusnya) akan tetapi subkulit tersebut belum pernah terisi elektron	13. E (4)	20,21
19	Kemungkinan terbesar untuk menemukan elektron dalam orbital $1s$ seperti yang tampak pada gambar adalah pada daerah di sekitar titik pusat bola <u>karena</u> kerapatan titik ada pada titik pusat bola, maka elektron berada di sekitar titik pusat bola	14. A (1)	22,34
20	Kemungkinan terbesar untuk menemukan elektron dalam orbital $1s$ seperti yang tampak pada gambar adalah pada daerah di sekitar titik pusat bola <u>karena</u> sesuai yang dikemukakan oleh Max Born bahwa untuk menemukan elektron paling besar ditemukan di sekitar inti atom	14. A (6)	13,83
21	Kemungkinan terbesar untuk menemukan elektron dalam orbital $1s$ seperti yang tampak pada gambar adalah tidak dapat diperkirakan <u>karena</u> orbital $1s$ berbentuk lingkaran, kemungkinan menemukan elektronnya sulit dan tidak dapat diperkirakan	14. F (3)	11,70
22	Berdasarkan model atom mekanika gelombang, pernyataan berikut yang paling benar adalah: tidak ada kemungkinan untuk menemukan elektron di luar orbital <u>karena</u> kemungkinan terbesar menemukan elektron adalah pada orbital	15. B (11)	13,83

Tabel 2. Konsepsi alternatif mayor mahasiswa yang diperoleh dari pelaksanaan tes IDSA (lanjutan)

No	Konsepsi Alternatif	Kombi-nasi pilihan*	Persen-tase
23	Berdasarkan model atom mekanika gelombang, pernyataan berikut yang paling benar adalah: peluang terbesar menemukan elektron dalam orbital adalah pada bagian titik pusatnya <u>karena</u> peluang terbesar menemukan elektron dalam orbital adalah pada bagian titik pusatnya	15. C (10)	13,83
24	Berdasarkan model atom mekanika gelombang, pernyataan berikut yang paling benar adalah: peluang terbesar menemukan elektron dalam orbital adalah tepat pada lintasannya <u>karena</u> elektron bergerak dalam lintasannya	15. D (5)	23,40
25	Jika dijumlahkan, orbital yang memiliki bilangan kuantum utama $n = 1$ sampai $n = 4$ adalah sebanyak 30 orbital, karena: $(1s^2) (2s^2 2p^6) (3s^2 3p^6 3d^{10}) (4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14})$	16. F (7)	14,89
26	Perbedaan antara orbital $1s$ dan $2s$ adalah tingkat energinya berbeda <u>karena</u> orbital $1s$ di kulit K dan $2s$ di kulit L jadi ukurannya berbeda, tingkat energinya juga berbe-da karena berada di kulit yang berbeda	17. A (1)	12,77
27	Perbedaan antara orbital $1s$ dan $2s$ adalah ukuran dan tingkat energinya berbeda karena orbital $1s$ di kulit K dan $2s$ di kulit L jadi ukurannya berbeda, tingkat energi-nya juga berbeda karena berada di kulit yang berbeda	17. C (1)	11,70
28	Perbedaan antara orbital $2s$ dan $2p$ adalah bentuk, orientasi ruang, dan subtingkat energinya berbeda, <u>karena</u> $2s$ dan $2p$ memiliki jumlah orbital yang berbeda, sehing-ga menyebabkan subtingkat energinya berbeda	18. D (5)	11,70
29	Perbedaan antara orbital p_x dan p_y adalah bentuk dan orientasi/arah ruangnya berbe-da <u>karena</u> orbital p_x berorientasi pada sumbu x sedangkan orbital p_y berorientasi pada sumbu y	19. C (3)	21,28
30	Pada atom yang hanya mempunyai dua elektron misalnya helium, maka atom terse-but akan memiliki satu orbital saja, yaitu $1s$ <u>karena</u> disesuaikan dengan jumlah elektron yang dimilikinya, yang menempati 1 orbital di subkulit s	20. B (7)	15,96
31	Pada atom yang hanya mempunyai dua elektron misalnya helium, maka atom terse-but akan memiliki satu orbital saja, yaitu $1s$ <u>karena</u> menurut aturan Aufbau elektron mengisi dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi. Atom helium dengan nomor atom 2 memiliki konfigurasi $1s^2$, dimana setiap subkulit s berisi maksimal 2e	20. B (8)	19,15
32	Pada atom yang hanya mempunyai dua elektron misalnya helium, maka atom terse-but akan memiliki satu subkulit saja, yaitu subkulit $1s$ <u>karena</u> dalam subkulit s mak-simum terisi 2 elektron	20. D (2)	13,83
33	Pada atom yang hanya mempunyai dua elektron misalnya helium, maka atom terse-but akan memiliki satu subkulit saja, yaitu subkulit $1s$ <u>karena</u> menurut aturan Aufbau elektron mengisi dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi. Atom helium dengan nomor atom 2 memiliki konfigurasi $1s^2$, dimana setiap subkulit s berisi maksimal 2 elektron	20. D (8)	19,15
34	Konfigurasi elektron unsur ${}_{32}\text{Ge}$ adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$. Elektron-elektron yang mengisi orbital $4p$ akan memiliki orientasi/arah ruang orbital yang sama <u>karena</u> menurut aturan Hund, elektron tidak akan berpasangan terlebih dahulu sebelum semua orbital terisi 1 elektron dengan spin yang sama	21. A (3)	22,34
35	Konfigurasi elektron unsur ${}_{32}\text{Ge}$ adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$. Elektron-elektron yang mengisi orbital $4p$ akan memiliki orientasi/arah ruang orbitalnya belum tentu sama atau berbeda <u>karena</u> menurut asas ketidak pastian Heisenberg letak elektron tidak dapat ditentukan dengan pasti	21. C (8)	12,77
36	Orbital $1s$ tidak mungkin terisi 3 elektron. Pernyataan tersebut sesuai dengan Asas larangan Pauli, <u>karena</u> orbital $1s$ hanya hanya ditempati 2 elektron	22. C (1)	17,02
37	Orbital $1s$ tidak mungkin terisi 3 elektron. Pernyataan tersebut sesuai dengan Asas larangan Pauli, <u>karena</u> orbital $1s$ hanya punya 1 kulit	22 C (3)	10,64
38	Pernyataan di bawah ini adalah benar, kecuali: untuk semua unsur, tingkat energi orbital $4s$ selalu lebih rendah daripada $3d$ <u>karena</u> menurut aturan Aufbau orbital $4s$ terisi terlebih dahulu sebelum mengisi orbital $3d$	23. D (5)	10,64

Tabel 2. Konsepsi alternatif mayor mahasiswa yang diperoleh dari pelaksanaan tes IDSA
(lanjutan)

No	Konsepsi Alternatif	Kombi- nasi pilihan*	Persen- tase
39	Pernyataan di bawah ini adalah benar, kecuali: untuk semua unsur, tingkat energi orbital $4s$ selalu lebih rendah daripada $3d$ <u>karena</u> energi pada orbital $4s$ lebih sedikit dipengaruhi oleh inti (orbital $4s$ lebih jauh dari inti daripada $3d$)	23. D (6)	12,77
40	Pernyataan di bawah ini adalah benar, kecuali: untuk semua unsur, tingkat energi orbital $4s$ tidak selalu lebih rendah daripada $3d$ <u>karena</u> menurut aturan Aufbau orbital $4s$ terisi terlebih dahulu sebelum mengisi orbital $3d$	23. E (5)	19,15

* terdiri dari nomor item (angka tanpa tanda kurung), pilihan jawaban (huruf besar), dan pilihan alasan (angka dalam tanda kurung)

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. konsepsi mahasiswa pendidikan kimia tahun pertama tentang struktur atom sebagian besar belum ilmiah, hal ini teridentifikasi dari kecilnya rata-rata persentase mahasiswa yang memilih kombinasi jawaban yang ilmiah (16,37%); dan banyaknya variasi konsepsi yang dimiliki oleh mahasiswa yaitu 447 konsepsi, 40 diantaranya adalah konsepsi alternatif mayor;
2. Dari 40 konsepsi alternatif mayor, persentase konsepsi alternatif terbesar adalah pada konsepsi tentang jenis-jenis/perangkat bilangan kuantum yang menentukan identitas/ keberadaan suatu orbital (60,64%);
3. Persentase konsepsi ilmiah paling tinggi adalah pada konsepsi tentang hubungan antar bilangan kuantum (45,74 %), sedangkan persentase konsepsi ilmiah paling rendah adalah pada konsepsi tentang makna bilangan kuantum utama (0 %).

Sejalan dengan kesimpulan tersebut, disarankan perlunya memperbaiki konsepsi mahasiswa sehingga konsepsinya menjadi ilmiah, karena di masa depan mereka akan menjadi guru kimia yang akan membelajarkan konsep-konsep struktur atom kepada siswanya.

DAFTAR RUJUKAN

- Azizoglu, N., Alkan, M., Geban, O. (2006). undergraduate pre-service teachers' understandings and misconceptions of phase equilibrium. *Journal of Chemical Education*. 83, (6), 947-953.
- Baser, M. (2006). effect of conceptual change oriented instruction on students' understanding of heat and temperature concepts. *Journal of Maltese Education Research*. 4, (1), 64-79.
- Canpolat, N., Pinarbasi, T., dan Sozbilir, M. (2006). prospective teachers' misconceptions of vaporization and vapor pressure. *Journal of Chemical Education*. 83, (8), 1237-1242.
- Calik, M., Ayas, A. (2005). a comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Researc In Science Teaching*. 42, (6), 638-667.

- Cokelez A. dan Dumon A. (2005). atom and molecule: upper secondary school French students' representations in longterm memory. *Chemistry Education Research and Practice*. 6 (3), 119-135
- Chandrasegaran A.L., Treagust D.F., Mocerino M. (2007). the development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8 (3), 293-307.
- Carr M. (1996). interviews about instances and interviews about events, in D.F. Treagust, R. Duit, and B.J. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics*, Teachers College Press, New York.
- Demircioğlu, G., Ayas, A. dan Demircioğlu, H. (2005). conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases. *Chemistry Education Research and Practice*. 6 (1), 36-51
- Fadiawati, N. dan Liliasari. (2009). The Influence of Teaching and Teachers' Conception to Eleventh-Grade Students' Conception Related to Atomic Structure. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Unesa. Surabaya
- Fadiawati, N. dkk. (2009). The Atomic Structure Diagnostic Instrument (ASDI): A two-tier multiple-choice instrument to identify changes in students' conceptions related to concepts of atomic structure. *Prosiding Seminar Pendidikan*. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Locaylocay, J., Van Den Berg, E., Magno, M. (2005). "changes in college students' conceptions of chemical equilibrium", dalam *Research and The Quality of Science Education*. Springer: Printed in The Netherlands.
- Nakiboglu, C., Tekin, B. B., (2006). identifying students' misconceptions about nuclear chemistry. *Journal of Chemical Education*. 83, (11), 1712-1718.
- Nakhleh, M.B. (1992). why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*. 69, 191-196.
- Novak J.D. (1996). concept mapping: a tool for improving science teaching and learning, in D.F. Treagust, R. Duit and B.J. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics*, Teachers College Press, New York,
- Osborne R.J., Bell B.F. and Gilbert J.K. (1983). science teaching and children's view of the world, *European Journal of Science Education*, 2, 311-321.
- Schmidt, H.J., Baumgartner, T., Eybe, H. (2003). changing ideas about the periodic table of elements and students' alternative concepts of

isotopes and allotropes. *Journal of Research In Science Teaching*. 40, (3), 257-277.

Tan, K.C.D., et al. (2005). the ionisation energy diagnostic instrument: a two-tier multiple-choice instrument to determine high school students' understanding of ionisation energy. *Chemistry Education Research and Practice*. 6, (4), 180-197.

Tan K.C.D., Goh N.K., Chia, L.S. and Treagust, D.F. (2002). development and application of a two-tier multiple choice diagnostic instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis, *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 283-301.

Tan K.C.D. and Treagust D.F. (1999). evaluating students' understanding of chemical bonding, *School Science Review*, 81, 75-83.

Tyson L., Treagust D.F. and Bucat R.B. (1999). the complexity of teaching and learning chemical equilibrium, *Journal of Chemical Education*, 76, 554-558.

Yeziarski, E. J., dan Birk, J. P. (2006). misconceptions about the particulate nature of matter: using animations to close the gender gap. *Journal of Chemical Education*. 83, (6), 954-960.