

## **MISKONSEPSI STOIKIOMETRI PADA SISWA SMA**

*Oleh:*

*Suandi Sidauruk*

### **Abstrak**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik TDS (Tes Diagnostik Stoikiometri) yang dikembangkan dalam penelitian ini, mengidentifikasi, dan mendeskripsikan penyebab miskonsepsi stoikiometri yang terjadi serta menguji perbedaan frekuensi miskonsepsi stoikiometri pada siswa SMA berdasarkan perbedaan jenis kelamin, jenjang kelas, dan bahasa yang digunakan.

Penelitian ini melibatkan 1096 siswa SMA kelas 2 dan kelas 3 di Kota Palangkaraya, Banjarmasin, dan Samarinda. Miskonsepsi stoikiometri yang dimiliki siswa diungkapkan menggunakan TDS bentuk pilihan ganda dan wawancara. Karakteristik TDS yang dikembangkan adalah: (1) stoikiometri disusun oleh tiga subkonsep dan terdiri dari 15 P3S, (2) panjang soal 48 butir, (3) waktu mengerjakan 90 menit, (4) tingkat kesesuaian P3S subkonsep rata-rata 1,30 – 1,90 (diterima), (5) tingkat KBP = 0,85 – 0,96 (sesuai), (6) tingkat KBS; harga Stress 0,1 – 0,15 dan RSQ 0,92 – 0,93 (sesuai dengan model), (7) indeks TK = 0,31 – 0,68 (ideal), (8) indeks DB = 0,27 – 0,63 (ideal), dan (9) indeks koefisien á Cronbach 0,93 (baik).

Hasil analisis konsentrasi mengidentifikasi 30 miskonsepsi stoikiometri yang dilakukan siswa, yaitu 13 miskonsepsi tentang persamaan reaksi, satu miskonsepsi tentang massa atom/molekul relatif, dan 16 miskonsepsi tentang mol. Hasil uji  $\chi^2$  menunjukkan frekuensi miskonsepsi stoikiometri terbukti tidak tergantung pada perbedaan jenis kelamin, tetapi tergantung pada bahasa yang digunakan dan jejang kelas pada taraf 5%. Siswa yang menggunakan bahasa Indonesia dan siswa kelas 3 memiliki peluang lebih kecil melakukan miskonsepsi stoikiometri.

**Kata Kunci:** *miskonsepsi, stoikiometri, tes diagnostik stoikiometri, jenis kelamin, jenjang kelas, dan bahasa.*

## **Pendahuluan**

Zamroni (2001) melaporkan bahwa rerata nilai Ebtanas murni (NEM) kimia tahun ajaran 1999/2000 di Provinsi Kalimantan Tengah dan Provinsi Kalimantan Selatan berturut-turut sebesar 3,41 dan 3,97 (masuk kategori terendah) dari tertinggi 5,85 (Provinsi Bali). Secara umum, data ini juga mencerminkan pemahaman siswa SMA di Indonesia, khususnya di kedua provinsi, terhadap kimia. Rendahnya NEM disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain karakteristik mata pelajaran dan siswa

Hingga saat ini urutan pelajaran kimia masih menjadi perdebatan. Hal ini disebabkan sebagian besar ilmu kimia disusun oleh konsep abstrak, sehingga sulit menentukan sekuensi yang bersesuaian dengan sekuensi psikologis siswa, yaitu dari konkret ke abstrak. Beberapa penelitian melaporkan konsep abstrak berpotensi sebagai sumber miskonsepsi pada siswa. Oleh karena itu, para kimiawan sepakat menggariskan salah satu fokus penelitian pendidikan kimia adalah menelusuri cara siswa membangun pemahaman siswa tentang konsep-konsep kimia dalam mentalnya (*Journal of Chemical Education*, 1994).

Penelitian miskonsepsi dalam bidang pendidikan kimia lebih akhir dilakukan dibandingkan dengan bidang pendidikan fisika dan biologi. Penelitian miskonsepsi fisika di Indonesia dan di negara lain telah banyak dilakukan. Miller, Streveler, & Olds (2003) menyatakan, hasil penelitian miskonsepsi yang telah dipublikasikan sebanyak 3600, terdiri dari 66% bidang pendidikan fisika, 20% bidang pendidikan biologi, dan 14% bidang pendidikan kimia. Data ini menjelaskan bahwa penelitian miskonsepsi kimia masih sedikit dilakukan. Demikian halnya di Indonesia, penelitian miskonsepsi kimia masih sangat jarang dilakukan dibandingkan dengan di negara lain. Beberapa topik penelitian miskonsepsi kimia yang telah dilakukan adalah topik: perubahan kimia, pelarutan, perubahan atom, periodisitas, dan perubahan fase (Abraham, Grzybowski, & Renner, et al., 1992); kesetimbangan kimia (Berquist & Heikkinen, 1990); elektrokimia (Sanger & Greenbowe, 1997; Garnett & Treagust, 1992); Prinsip Le Chatelier (Pardo & Portoles, 1995); termodinamika (Kesidou & Duit, 1993); struktur molekul dan ikatan kimia (Birk & Kurtz, 1999); reaksi kimia, energi kimia, dan reaksi redoks (Menis & Fraser, 1992);

mol (Staver & Lumpe, 1993); stoikiometri (Herron & Greenbowe, 1986; Huddle & Pillay, 1996).

Dalam GBPP Mata Pelajaran Kimia untuk SMA ditetapkan ruang lingkup bahan pembelajaran kimia meliputi materi dan perubahannya, stoikiometri, struktur atom, sistem periodik unsur-unsur, ikatan kimia, reaksi oksidasi-reduksi, hidrokarbon dan minyak bumi, serta unsur-unsur dalam kehidupan sehari-hari (Depdikbud, 1995). Hal ini mengindikasikan bahwa stoikiometri merupakan landasan untuk memahami konsep-konsep kimia selanjutnya, yang akan dipelajari siswa di kelas yang lebih tinggi. Instrumen yang digunakan untuk mengungkap miskonsepsi kimia, termasuk stoikiometri, sebagian besar berbentuk tes isian dan wawancara. Kelemahan tes bentuk ini adalah pelaksanaannya membutuhkan waktu banyak dan guru memerlukan bantuan pakar untuk menerjemahkan hasilnya. Oleh karena itu, perlu dikembangkan tes alat ungkap miskonsepsi yang mudah dilakukan guru, seperti tes bentuk pilihan ganda.

Berdasarkan uraian di atas, masalah yang dicari jawabnya dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimanakah karakteristik tes diagnostik stoikiometri (TDS) yang dikembangkan dalam penelitian ini?; (2) miskonsepsi apa saja yang dimiliki siswa dalam memahami stoikiometri?; (3) apakah penyebab miskonsepsi stoikiometri yang dimiliki siswa?; (4) Apakah perbedaan frekuensi miskonsepsi stoikiometri pada siswa SMA disebabkan oleh perbedaan jenis kelamin, jenjang kelas, dan bahasa yang digunakan? Karakteristik TDS yang dikembangkan meliputi: cakupan konsep stoikiometri, indeks kesesuaian butir-pengetahuan proposisional (KBP), jumlah butir, indeks kesejajaran butir soal (KBS), waktu pelaksanaan, indeks daya beda (DB), indeks tingkat kesukaran (TK), dan reliabilitas (koefisien  $\alpha$  Cronbach).

## **Metode Penelitian**

Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa kelas 2 dan kelas 3 SMA negeri di Kota Palangkaraya, Banjarmasin, dan Samarinda. Penentuan sampel penelitian ini dilakukan secara acak dan bertahap, yaitu berdasarkan sekolah dan kelas. Berdasarkan cara ini, siswa yang terpilih sebagai sampel sebanyak

1096 siswa. TDS yang digunakan pada penelitian ini adalah tes dengan soal bentuk pilihan ganda disertai pilihan alasan. Tes ini dikembangkan oleh peneliti melalui dua tahapan mencakup *logical review* (tahap 1 dan 2) untuk menetapkan bukti kesahihan isi TDS dan *empirical review* (tahap 2) untuk mengetahui keandalan tes, TK, DB, dan efektivitas pengecoh. Pada tahap 1 dilakukan kegiatan pengembangan pernyataan pengetahuan proposisional stoikiometri (P3S) dan pada tahap 2 dilakukan kegiatan penyusunan TDS. Karakteristik TDS yang dikembangkan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1  
Karakteristik TDS

Indikator	Hasil	Keterangan
Subkonsep	3	-
P3S	15	-
Butir Soal	48	-
Waktu Pelaks Tes	90 menit (2 jam pelajaran)	-
Rerata Tk. Kesesuaian P3S-Subkonsep	1,30 – 1,90	diterima
Tk. Kesesuaian Butir Soal – P3S (KBP)	0,85 – 0,96	sesuai.
Tingkat Kesejajaran Antar-Butir Soal (KBS)	Stress: 0,10 – 0,15 RSQ = 0,92 – 0,93	Sesuai dengan model
Indeks TK	0,31 – 0,68	Ideal
Indeks DB	0,27 – 0,63	Ideal
Koefisien $\alpha$ Cronbach	0,923	Kategori baik

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 1. Miskonsepsi Stoikiometri yang Terjadi pada Siswa

#### a. Persamaan Reaksi

Miskonsepsi persamaan reaksi serta sumber miskonsepsi disajikan di bawah ini.

Miskonsepsi	Sumber
1. jl m-kul seblm & sesudah reaksi sll sama	tidak dpt membedakan antara m-kul dg atom
2. jumlah koef reaksi sebelum & sesudah reaksi selalu sama	dipengaruhi ungkapan "koef reaksi disetarakan" dlm suatu persamaan reaksi
3. pd penulisan pers reaksi, zat sisa tdk perlu dituliskan	salah menerapkan hukum kekekalan massa
4. bil indeks pd 1 m-kul unsur menunjuk jl mol atom penyusun m-kul tsb.	Mengartikan mol sama dg m-kul.
5. pd 1 m-kul magnesium klorida terdpt atom sebanyak 2.	Salah menentukan rumus m-kul bila diketahui namanya
6. bil indeks suatu m-kul unsur merup hsl bg antara bil Avogadro dg jl atom penyusun sejl 1 mol m-kul tsb.	Menggunakan kebalikan rumus mol untuk menghitung bil indeks suatu m-kul unsur
7. setiap zat yg memiliki jl atom lebih banyak selalu memiliki massa lbh bsr.	Bilangan indeks tidak dilibatkan dalam menentukan mol m-kul unsur bila diketahui jumlah atom penyusunnya.
8. bl m-kul yg berbeda m-liki mol sama, mk jl atom penyusun m-kul tsb sll sama	
9. rumus m-kul magnesium klorida MgCl	mendukung miskonsepsi pd butir soal 21, yaitu kesalahan menlskan rms m-kul jk diket namanya menyebabkan siswa slh dlm menyetarakan pers reaksi & menentukan perband mol zat yg terlibat dlm suatu reaksi
10. besar koef reaksi menunjukkan besar jl zat yg terlibat dalam reaksi.	Menerap perband koef reaksi utk menghitung mol zat, tanpa m-perhit mol zat yg tersdia dlm reak
11. perband koef reaksi menunjukkan perband mol, massa, massa molar zat-zat yang terlibat dlm reaksi	perbandingan koef reaksi menunjukkan perband semua satuan yg terlibat dlm suatu reaksi, khususnya massa zat
12. volume gas-gas yang terlibat dalam suatu reaksi selalu 1:1.	dipengaruhi oleh pernyataan "jk T& P masing-masing gas sama" dikaitkan dg hk Boyle-Gay L., yaitu "jk gas yg berbeda m-liki jl yg sama & diukur pd T & P sama akan mnmpati V sama", koef reaksi m-kul gas tdk dilibatkan dlm menentukan V gas yg terlibat dalam reaksi
13. pd T & P yg sama, V gas hsl reaksi slalu sama dg V gas pereaksi yg terkcl	
14. pada T dan P yg sama, V gas hsl reaksi = rata-rata V gas pereaksi	
15. pd T & P yg sama, V gas hasil reaksi selalu sama dg jl V gas pereaksi	
16. menentu zat pereak pembatas hanya berdsrkan "kuantitas" zat yg tersedia	sulit menerima zat yang lebih banyak jumlahnya bertindak sebagai pembatas

b. Massa Atom/Molekul Relatif (Ar/Mr)

Miskonsepsi tentang Ar/Mr dan sumber miskonsepsi disajikan di bawah ini.

Miskonsepsi	Sumber
1. mendef Ar sbgi perband 1/12 massa 1 atom unsur dg massa 1 atom <sup>12</sup> C	Ar suatu unsur disamakan dengan massa satu atom unsur tersebut dalam gram.
2. rms m-kul kalsium hidroksida sbgi CaOH atau CaOH <sub>2</sub> ,	kesalahan menentu rms m-kul jk diket nama m-kulnya

c. Mol

Miskonsepsi tentang mol serta sumber miskonsepsi tersebut disajikan di bawah ini.

Miskonsepsi	Sumber
1. Jumlah m-kul O <sub>2</sub> dlm 1 mol O <sub>2</sub> > drpd jl atom O dlm 1 mol atom O	Mol lebih dikaitkan dg massa atau volume (ukuran) daripada jumlah
2. Semakin besar Ar/Mr suatu unsur/m-kul, semakin besar massanya, dan semakin banyak atom/m-kul yang dikandung	Tdk memhmi Ar/Mr merup sifat intensif dr suatu atom/m-kul, shg hrgnya tdk mempengaruhi secara langsung bsr massa atau jl atom/m-kul.
3. Bl massa suatu unsur/m-kul = Ar-nya, mk massa unsur/m-kul tsb dpt dinyatakan sbg massa dr 1 atom unsur/m-kul tsb	Massa 1 mol atom/m-kul = massa satu atom/m-kul dalam gram
4. Massa 1 mol suatu atom/m-kul merup hsl kali massa 1 atom/m-kul dg Arnya	Menggunakan mol, massa molar, massa, dan Ar/Mr secara bergantian
5. Massa 1 mol suatu atom/m-kul merupakan hsi kali mol dg Ar/Mr-nya	
6. Jika m-kul berbeda & mol sama, maka V sama	Menerapkan rumus: volume = n x 22.4 lter/mol untuk semua wujud zat
7. 1 mol setiap m-kul yg b-beda, jl m-kulnya jg satu	Mengguna mol & m-kul secara bergantian
8. Jk m-kul gas berbeda memiliki mol sama diukur pd P & T sama, maka semakin besar Mr semakin besar V gas tsb.	Tdk memhmi Mr merup sifat intensif dr suatu m-kul, shg harganya tdk mempengaruhi secr lngsung bsr V gas.

2. Pengujian Hipotesis

Pada Tabel 2 disajikan data frekuensi siswa yang memiliki mis-konsepsi stoikiometri berdasarkan perbedaan jenis kelamin, jenjang kelas, dan bahasa

yang digunakan. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa proporsi siswa-miskonsepsi berdasarkan jenis kelamin pada setiap butir soal cukup kecil. Artinya, perbedaan jenis kelamin tidak mempengaruhi perbedaan proporsi siswa yang memiliki miskonsepsi.

Tabel 2  
Frekuensi Miskonsepsi Stoikiometri pada Siswa SMA  
Berdasarkan Jenis Kelamin, Jenjang Kelas, dan Bahasa  
yang Digunakan serta Harga Uji  $\chi^2$

(P3S) No. Soal	FREKUENSI TERJADI MISKONSEPSI					
	JENIS KELAMIN		JENJANG KELAS		BAHASA	
	P/W (N=438/658)	$\chi^2$	Kls 2/Kls 3 (N=511/585)	$\chi^2$	Ind/n-Ind (N=847/249)	$\chi^2$
(1.1)1	282/426	0.01	353/355	8.41*	520/188	16.75*
(1.1)2	277/426	0.26	353/350	10.15*	525/178	7.55*
(1.1)3	358/562	2.63	439/481	2.75	716/204	0.97
(1.1)5	245/342	1.66	300/287	10.21*	435/152	9.19*
(1.2)20	327/472	1.14	407/392	22.06*	598/201	9.98*
(1.2)21	236/338	0.67	320/254	40.32*	420/154	11.6
(1.2)27	286/411	0.91	355/342	14.28*	544/153	0.64
(1.2)47	340/526	0.74	439/426	28.09*	657/208	4.12*
(1.2)48	379/574	0.11	436/517	2.24	736/217	0.01
(1.3)4	235/348	0.06	283/300	1.84	431/152	7.98*
(1.3)34	258/331	7.82*	318/271	27.76*	438/151	6.17*
(1.3)38	298/464	0.76	387/376	17.42*	577/185	3.46
(1.4)39	240/342	0.84	323/259	39.27*	439/143	2.42
(1.4)42	340/513	0.02	408/445	2.25	655/198	0.53
(1.4)44	300/426	1.65	403/323	68.23*	546/180	5.27*
(1.5)32	305/458	0	384/379	13.84*	571/192	8.55*
(1.5)33	289/429	0.07	370/348	20.15*	533/185	11.01*
(1.5)46	281/437	0.59	364/354	13.87*	542/176	3.81
(2.1)13	301/469	0.82	381/389	8.49*	587/183	1.62
(2.1)14	347/521	0	435/433	20.43*	665/203	1.06
(2.1)17	383/572	0.06	477/478	32.95*	726/229	6.71*
(2.2)11	273/273	5.77*	367/268	75.71*	466/169	13.05*
(3.1)22	424/633	0.28	495/562	0.51	813/244	2.26
(3.1)23	424/636	0.02	499/561	2.64	817/243	0.78
(3.1)30	376/576	0.66	460/492	8.37*	727/225	3.46

(P3S) No. Soal	FREKUENSI TERJADI MISKONSEPSI					
	JENIS KELAMIN		JENJANG KELAS		BAHASA	
(3.1)43	346/503	0.98	424/425	16.66*	651/198	0.78
(3.2)6	337/535	3.08	410/462	0.27	666/206	1.99
(3.2)25	318/473	0.07	376/416	0.95	609/182	0.14
(3.2)31	276/401	0.48	334/343	5.23*	509/168	4.43*
(3.3)15	398/599	0.01	468/529	0.44	769/228	0.14
(3.3)24	334/517	0.81	433/418	27.73*	643/208	6.44*
(3.3)26	381/586	1.09	448/519	0.29	751/216	0.68
(3.4)12	400/589	0.98	474/515	6.91*	758/231	2.35
(3.4)28	335/503	0	425/413	23.95*	639/199	2.14
(3.4)29	378/565	0.04	456/487	8.14*	720/223	3.32
(3.4)16	214/293	1.98	299/208	57.82*	367/140	12.87*
(3.7)35	292/430	0.2	388/334	43.05*	553/169	0.57
(3.7)36	330/494	0.01	433/391	46.83*	613/211	15.77*
(3.7)37	291/05	2.71	384/312	56*	527/169	2.65
(3.8)40	218/314	0.44	308/224	52.77*	394/138	6.11*
(3.8)41	252/364	0.52	345/271	49.75*	461/155	4.78*
(3.8)45	251/391	0.49	358/284	52.02*	483/159	3.7

Keterangan: \* signifikan pada  $\alpha = 5\%$ ;  $\chi^2(0,05; 1) = 3,84$

### 3. Pembahasan

#### a. Miskonsepsi Stoikiometri

Perubahan materi ada dua bentuk, yaitu perubahan fisika dan perubahan kimia. Secara sederhana, perubahan fisika diartikan sebagai perubahan yang bersifat sementara dan perubahan kimia bersifat kekal. Pada perubahan ini berlaku hukum kekekalan massa, yaitu massa zat sebelum dan sesudah reaksi selalu sama. Melalui logika yang benar dapat disimpulkan, pada reaksi kimia zat pereaksi berubah semua menjadi zat hasil reaksi. Contoh reaksi kimia seperti ini dapat ditemukan di lingkungan siswa dan mudah dibuktikan di laboratorium. Kondisi ini semakin menguatkan pemahaman siswa tentang reaksi kimia yang selalu berlangsung satu arah. Menurut kenyataan, dalam banyak reaksi, zat pereaksi atau zat hasil reaksi masih tersisa. Hal ini dapat disebabkan ada zat yang bertindak sebagai pereaksi pembatas atau terjadi reaksi kesetimbangan (*reversible*). Akibat dari definisi ini siswa sulit memahami jika pada reaksi kimia

ada zat sisa yang dituliskan dalam persamaan reaksi, sehingga siswa berpendapat “dalam penulisan persamaan reaksi, zat sisa tidak perlu dituliskan pada hasil reaksi”. Schmidt (Cardelini, 2002) menyatakan, miskonsepsi ini muncul karena teori-teori baru kimia masih dikaitkan dengan “*old term*” yang telah bergeser makna. Misalnya, definisi perubahan kimia yaitu terbentuk zat baru dan sukar dikembalikan pada keadaan semula. Pernyataan ini dapat diartikan reaksi kimia selalu berlangsung satu arah. Menurut kenyataan, reaksi kimia dapat berlangsung dua arah, seperti reaksi kesetimbangan. Artinya, pengetahuan awal siswa menjadi sumber miskonsepsi ketika terjadi perkembangan definisi.

Perubahan zat karena peristiwa reaksi kimia dinyatakan dengan persamaan reaksi (kimia). Persamaan reaksi merupakan gambaran zat-zat yang terlibat sebelum dan sesudah reaksi berlangsung. Untuk menuliskan persamaan reaksi, terlebih dahulu diketahui lambang unsur atau rumus molekul zat-zat yang terlibat dalam reaksi. Pada penelitian ini ditemukan sebagian besar siswa salah menentukan rumus molekul, jika diberikan namanya. Siswa menuliskan magnesium klorida sebagai  $MgCl$ . Rumus molekul yang benar adalah  $MgCl_2$ . Menghapal merupakan cara yang populer dilakukan siswa dalam menentukan rumus molekul. Hal ini menjelaskan tatanama senyawa anorganik kurang mendapat perhatian guru untuk diajarkan. Atom-atom yang sejenis atau lain jenis bila bergabung akan membentuk molekul unsur atau molekul senyawa, misalnya  $S_8$  atau  $H_2O$ . Secara visual, penulisan rumus molekul memberikan dua informasi, yaitu lambang unsur dan angka yang terdapat dibelakang masing-masing unsur. Angka yang terdapat dalam rumus molekul ini disebut bilangan indeks yang menunjukkan bilangan sebenarnya jumlah atom yang menyusun molekulnya. Sebagian besar siswa menjawab dalam 512 gram molekul  $S_8$  terkandung  $12 \times 10^{23}$  atom belerang. Strategi perhitungan yang dilakukan siswa ini adalah (massa molekul/massa molar)  $\times 6 \times 10^{23}$ . Pada strategi ini siswa tidak melibatkan bilangan indeks untuk menghitung jumlah atom, siswa baru menghitung jumlah molekul  $S_8$  bukan jumlah atom belerang. Kesalahan ini konsisten dilakukan siswa pada soal-soal sejenis. Strategi salah ini juga populer dilakukan oleh mahasiswa semester dua yang sedang mengikuti kuliah kimia

dasar (Friedel & Maloney, 1992). Hasil ini menjelaskan siswa lebih mengaitkan mol dengan jumlah molekul daripada mengaitkan dengan jumlah atom. Pada molekul senyawa, bilangan indeks juga menunjukkan perbandingan jumlah atom-atom penyusun molekul tersebut. Jumlah partikel (termasuk atom) memiliki satuan mol. Melalui dua pernyataan ini, siswa membuat kesimpulan –kelihatan benar– bilangan indeks pada satu molekul menunjukkan mol atom penyusun molekul tersebut.

Hukum kekekalan massa berbunyi massa zat sebelum dan sesudah reaksi selalu sama. Oleh karena massa zat adalah jumlah massa atom-atom penyusun zat tersebut, maka dapat dinyatakan jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi juga sama. Untuk menyetarakan jumlah atom sebelum dan sesudah reaksi digunakan cara dengan memberikan koefisien (reaksi) di depan zat-zat yang terlibat dalam reaksi. Koefisien reaksi ini menunjukkan perbandingan jumlah (mol) zat-zat dalam persamaan reaksi. Oleh karena itu, pada penulisan persamaan reaksi kimia, koefisien reaksi menjadi pusat perhatian, sehingga ungkapan “setarakan dulu koefisien reaksinya” sering muncul ketika siswa menuliskan persamaan reaksi. Ungkapan yang benar adalah “setarakan jumlah atom dalam persamaan reaksi”. Berdasarkan uraian ini dapat disimpulkan bahwa kebiasaan menyebutkan secara verbal kalimat kimia yang tidak benar atau tidak lengkap dapat menjadi sumber miskonsepsi. Kesimpulan ini mendukung pendapat Blosser (1987) yang menyatakan “*teachers may fail to share the meaning of the terms they use or the questions they ask*”.

Dalam buku kimia, mol diposisikan sebagai pusat konversi inter-korelasi antara jumlah partikel, massa zat, dan volume gas. Mol merupakan istilah kimia untuk merujuk pada satuan jumlah, yaitu  $6,02 \times 10^{23}$  (bilangan Avogadro) atau dapat dinyatakan satu mol setiap zat mengandung  $6,02 \times 10^{23}$  partikel (molekul, atom, ion). Sebagian besar siswa mendefinisikan mol sebagai: (a) hasil bagi massa zat dengan Mr/Ar dan (b) sejumlah molekul yang terdapat dalam 22,4 liter zat pada keadaan standar. Artinya, siswa lebih memahami hubungan mol dengan massa atau volume gas daripada dengan jumlah partikel. Berdasarkan definisi (a), siswa menghitung massa 1 mol NaOH menggunakan rumus:  $\text{massa NaOH} = n \times \text{Mr NaOH} = 40 \text{ gram}$ . Hasil perhitungan ini

benar, tetapi variabel (*Mr*) yang digunakan dalam rumus salah, seharusnya digunakan massa molar. Jawaban siswa terhadap pertanyaan “berdasarkan perhitungan itu, mengapa satuan massa menjadi gram?” adalah satuan massa harus gram. Untuk mendukung jawaban salah tersebut, siswa membuat pembuktian dengan cara menurunkan rumus di atas menjadi:  $\text{massa} = \text{mol} \times (\text{gram/mol})$ . Penurunan ini terlihat masuk akal, karena  $\text{Mr} = \text{massa/mol}$ , maka satuan *Mr* adalah gram/mol. Akibat dari kesalahan ini, siswa membuat kesimpulan salah, yaitu menuliskan  $\text{Mr NaOH} = 40 \text{ gram/mol}$ . Selanjutnya, berdasar-kan logika yang salah, siswa membuat kesimpulan salah, yaitu menuliskan  $\text{massa 1 molekul NaOH} = \text{massa 1 mol NaOH}$ . Kesalahan ini bermuara pada kesimpulan siswa yang menyatakan  $1 \text{ molekul} = 1 \text{ mol}$ .

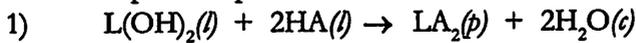
Dalam beberapa buku pelajaran kimia untuk SMA (Purba & Soetopo Hidayat, 1996: 65; Harry Firman & Liliyasi, 2004: 89; Purba, 2002: 31; Jaka Wismono, dkk., 2004: 129; Pricilla Retnosari, 2004, 29; Rudi W.K & Sony Sugema, 2005: 24) dinyatakan: (1) massa satu mol zat sebanyak *Ar* unsurnya atau *Mr* senyawanya disebut massa molar, (2) massa satu mol zat adalah *Ar/Mr* zat itu dinyatakan dalam gram, dan (3) massa satu mol zat sama dengan *Ar/Mr*nya dinyatakan dalam gram. Selanjutnya, dibuat diagram hubungan hubungan mol, jumlah partikel, massa, dan volume molar gas sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{gram} & \xleftarrow{\text{Ar atau Mr} \times} & \text{mol} \xrightarrow{\times 6.10^{23}} \text{jumlah partikel} \\
 & & \downarrow \times 22.4 \text{ltr / mol} \\
 & & \text{volume}
 \end{array}$$

Berdasarkan bagan di atas, dapat disimpulkan bahwa rumus menghitung massa unsur atau massa molekul adalah:  $\text{massa unsur} = n \times \text{Ar}$  atau  $\text{massa molekul} = n \times \text{Mr}$  Berdasarkan wawancara, bagan dan rumus hubungan mol di atas juga digunakan oleh beberapa guru. Kesalahan pada definisi (*b*; mol = sejumlah molekul yang terdapat dalam 22,4 liter zat pada keadaan standar) adalah siswa tidak mempertimbangkan wujud zat untuk menentukan besar volume. Sebagian besar siswa berpendapat bahwa “Jika ada molekul-molekul yang berbeda memiliki jumlah mol yang sama, maka molekul-molekul

tersebut selalu menempati volume yang sama". Jawaban yang sama diberikan siswa ketika menjawab pertanyaan "CO<sub>2</sub>(g), CaCO<sub>3</sub>(p), dan H<sub>2</sub>O(l) masing-masing 1 mol, apakah volumenya sama jika diukur pada keadaan STP?". Miskonsepsi ini terjadi karena siswa menerapkan rumus:  $v = n \times 22,4$  liter/mol untuk menentukan volume ketiga zat tersebut, tanpa mempertimbangkan wujudnya. Uraian di atas menjelaskan sumber mis-konsepsi yang dimiliki siswa adalah menggunakan istilah kimia saling berganti (*interchangeably*), antara molekul, atom, dan mol. Selain itu, jawaban siswa di atas juga memperlihatkan bahwa siswa sangat tergantung pada penggunaan penghitungan matematika dalam menjelaskan konsep-konsep kimia, khususnya menjelaskan interkorelasi mol, massa, dan volume.

Strategi perhitungan salah yang populer dilakukan siswa dalam menentukan zat pereaksi pembatas adalah:



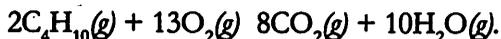
awal : 6 mol 8 mol - -  
 reaksi : 6 mol 6 mol 6 mol 6 mol  
 akhir : 0 mol 2 mol 6 mol 6 mol



awal : 2 gram 4 gram -  
 reaksi : 2 gram 2 gram 2 gram  
 akhir : 0 gram 2 gram 2 gram

Berdasarkan strategi penghitungan di atas, kesalahan siswa adalah dalam menentukan zat pereaksi pembatas hanya berdasarkan jumlah mol atau massa zat terkecil, tanpa melibatkan koefisien reaksi. Hasil ini mendukung hasil penelitian Huddle & Pillay (1996) yang menyimpulkan ada dua miskonsepsi dalam menentukan zat pereaksi pembatas, yaitu siswa percaya bahwa zat dengan jumlah stoikiometris terkecil atau jumlah mol terkecil akan bertindak sebagai pereaksi pembatas.

Berbeda dengan hasil tes tertulis, hasil wawancara menginformasikan siswa mampu menyelesaikan perhitungan untuk menentukan zat pereaksi pembatas, yaitu gas oksigen, untuk soal: 4 mol gas butana direaksikan dengan 13 mol gas O<sub>2</sub> pada kondisi yang sama. Persamaan reaksinya adalah:



Selanjutnya, siswa menjadi ragu dengan hasil perhitungan yang dibuat ketika diberi pertanyaan “apakah mungkin gas O<sub>2</sub> lebih dahulu habis daripada gas butana, padahal data awal menunjukkan volume (jumlah) gas O<sub>2</sub> lebih besar (banyak) daripada volume (jumlah) gas butana”. Siswa sulit menerima kenyataan gas O<sub>2</sub> (291,2 liter pada STP) lebih dahulu habis dari gas butana (89,6 liter pada STP). Hasil ini mendukung hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurrenbern & Pickering (1987), Sawrey (Friedel & Maloney, 1992), dan Mulford (1996) yang melaporkan (maha)siswa lebih mudah menyelesaikan soal-soal bentuk tradisional (dapat dijawab menggunakan strategi aljabar atau prosedural) dibandingkan dengan soal bentuk konseptual (dapat dijawab menggunakan pengetahuan deklaratif). Selanjutnya, Mei (2001) melaporkan keberhasilan siswa menyelesaikan soal-soal perhitungan (kimia) bukan menjadi jaminan siswa memiliki konsep yang benar untuk menjawab pertanyaan konseptual. Hasil penelitian ini menjelaskan *algorithmic-dependent* siswa dalam memecahkan soal-soal kimia disebabkan siswa kurang memahami konsep-konsep kimia yang terkandung dalam soal tersebut.

Salah satu penyebab kebergantungan ini adalah guru dalam menyampaikan materi pelajaran kimia, khususnya pada topik stoikiometri, sangat menekankan penerapan rumus matematika (Carter & Brikhouse 1989). Untuk mengetahui keterampilan siswa menerapkan rumus ini, guru memberikan soal-soal bentuk tradisional. Clement (Masters, Adams, & Wilson, 1999: 258) menyatakan teknik manipulasi rumus yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan soal bentuk tradisional dapat menutupi miskonsepsi yang dimiliki siswa sehingga tidak terdeteksi. Artinya, pendekatan aljabar —pengetahuan prosedural— yang dilakukan guru dalam mengajarkan topik stoikiometri kurang mengembangkan kemampuan konseptual —pengetahuan deklaratif— siswa meskipun siswa berhasil menyelesaikan perhitungan kimia.

#### b. Jenis Kelamin, Bahasa, dan Jenjang Kelas

Hasil uji  $\chi^2$  membuktikan frekuensi miskonsepsi stoikiometri pada siswa SMA terbukti tidak tergantung pada perbedaan jenis kelamin. Hasil ini tidak

mendukung pendapat yang menyatakan ilmu kimia lebih menguntungkan pria karena siswa pria lebih sering bekerja dengan konsep-konsep kimia dibandingkan dengan siswa wanita, khususnya kegiatan di luar sekolah. Oleh karena itu, hasil penelitian ini membuktikan bahwa pengalaman siswa bekerja dengan konsep-konsep kimia hanya diperoleh di sekolah. Kegiatan belajar-mengajar di kelas tidak membedakan siswa berdasarkan jenis kelamin, sehingga kesempatan siswa bekerja dengan konsep-konsep tersebut sama, tidak tergantung pada jenis kelamin.

Pengalaman siswa terhadap konsep-konsep kimia di kelas terutama diperoleh melalui mendengar dan membaca, bukan mengerjakan. Spencer (1999) menyatakan sebagian besar pembelajaran kimia di kelas lebih menekankan pada *providing instruction* daripada *producing learning, ... telling is teaching*. Selanjutnya, Lynch (1989) menyatakan kegiatan belajar-mengajar didominasi oleh guru, akibatnya apa yang diucapkan guru di depan kelas belum tentu semuanya dapat dipahami oleh siswa. Pernyataan ini semakin terbukti jika bahasa pengantar yang digunakan guru berbeda dengan yang digunakan siswa sehingga selama proses belajar-mengajar berlangsung, kosakata (bahasa kimia) siswa tidak berkembang, belajar menjadi tidak bermakna bagi siswa.

Hasil penelitian ini mendukung pendapat di atas. Hasil uji  $\chi^2$  membuktikan frekuensi terjadi miskonsepsi stoikiometri tergantung pada bahasa yang digunakan siswa. Kemungkinan terjadi miskonsepsi stoikiometri pada siswa menggunakan bahasa Indonesia lebih kecil dibandingkan dengan siswa menggunakan bukan bahasa Indonesia dalam kehidupan sehari-hari. Hasil penelitian ini juga membuktikan bahwa frekuensi terjadi miskonsepsi stoikiometri tergantung pada jenjang kelas. Hasil ini mendukung hasil penelitian yang dilakukan oleh Birk & Kurtz (1999) pada subjek dari berbagai jenjang pendidikan [*high school level* (139 siswa) dan *faculty level* (244 mahasiswa)] untuk topik kimia organik dan dilaporkan semakin tinggi jenjang pendidikan seseorang, semakin sedikit miskonsepsi kimia organik ditemukan. Stoikiometri merupakan pusat pelajaran kimia, maka sebagian besar pokok bahasan kimia terkait dengan stoikiometri. Oleh karena itu, konsep-konsep yang terkandung dalam stoikiometri semakin sering dipelajari oleh siswa pada jenjang pendidikan (kelas)

yang lebih tinggi dan pengetahuan bahasa kimia siswa semakin banyak. Kesimpulan ini mendukung pendapat Beek & Louters (1991) yang menyatakan “.. *thus, learning the language associated with chemistry is imperative for success in the discipline*”.

### c. Pengembangan TDS

Pada penelitian ini dikembangkan tes diagnostik stoikiometri (TDS). Pemberian tes diagnostik biasanya melibatkan jumlah siswa yang banyak, sehingga tes dengan soal bentuk pilihan ganda tepat digunakan untuk efisiensi. Pada penelitian ini digunakan tes dengan soal bentuk pilihan ganda disertai pilihan alasan. Pemilihan bentuk soal ini sesuai dengan saran Treagust (Zeilik, 1998) yang menyatakan soal dengan pertanyaan dua tahap (*two-tier question*) dapat digunakan sebagai pengganti wawancara untuk mendiagnosis pemahaman siswa, tahap pertama siswa memilih jawaban dan tahap kedua siswa menulis alasan.

Selanjutnya, Zeilik (1998) menyatakan, tujuan pemberian tes diagnostik terutama untuk menilai pemahaman konseptual siswa terhadap suatu topik tertentu, khususnya untuk topik yang cenderung dipahami secara salah oleh siswa. Oleh karena itu, ketepatan cakupan stoikiometri (kesahihan tampak), kesesuaian P3S dengan cakupan konsep, kesesuaian butir soal dengan P3S, dan kesejajaran butir soal (kesahihan isi atau *content representation*) menjadi fokus pada pengembangan TDS. Semua penilaian ini dilakukan oleh pakar kimia (pendidikan dan murni) dan guru kimia. Keragaman para penilai ini dilakukan untuk memperoleh ketepatan penilaian yang tinggi.

Data hasil penilaian ini disajikan pada Tabel 1. Penjelasan terhadap hasil penilaian ini adalah: (1) proses validasi ini sama dengan proses perumusan tujuan pembelajaran umum (TPU) menjadi tujuan pembelajaran khusus (TPK) dan butir soal yang biasa dilakukan oleh guru (pakar), serta (2) kata kunci – persamaan reaksi, massa atom/molekul relatif, dan mol pada setiap P3S dan butir soal cukup jelas merujuk pada satu subkonsep yang sesuai. Selain itu, dimensi lain yang dipertimbangkan oleh para penilai untuk menentukan tingkat kesejajaran butir soal adalah karakteristik butir soal, yaitu tradisional (*algorithmic-dependent*) atau konseptual.

Indeks TK (rentang 0,31 – 0,68) dan indeks DB (rentang 0,27 – 0,63) butir soal masuk dalam kategori ideal. Indeks koefisien  $\alpha$  Cronbach sebesar 0,923. Besar indeks ini menjelaskan TDS yang dikembangkan memiliki konsistensi internal cukup baik. Sebagai perbandingan, Odom & Barrow (1995) mengembangkan tes diagnostik biologi untuk mengetahui pemahaman siswa terhadap difusi dan osmosis. Panjang soal yang dikembangkan 12 butir soal dan melibatkan 240 siswa. Indeks TK dan indeks DB butir soal memiliki rentang 0,20 – 0,69 dan 0,20 – 0,99. Indeks koefisien belah dua tes sebesar 0,74.

Indeks koefisien ini lebih rendah dari indeks koefisien  $\alpha$  TDS karena (1) soal TDS empat kali lebih panjang, dan (2) pada ujicoba TDS, jumlah siswa (571 siswa) yang terlibat lebih banyak dan berasal dari siswa kelas 2 dan kelas 3. Kehoe (1995) membuktikan jika panjang soal 25 ditambah menjadi 50 butir soal, maka indeks koefisien keandalan tes naik dari 0,697 menjadi 0,821. Artinya, menambah butir soal dapat meningkatkan indeks koefisien keandalan tes. Menurut Allen & Yen (1979) perbedaan keandalan suatu tes dapat disebabkan oleh karakteristik peserta ujian. Varians skor uji coba TDS sebesar 119,2 (skor minimum = 4; maksimum = 46), data ini menjelaskan kemampuan siswa subjek ujicoba cukup heterogen. Kerlinger (1990) menyimpulkan makin heterogen peserta ujian, maka makin besar koefisien keandalan tes.

Selain itu, besar indeks koefisien keandalan TDS juga dapat dijelaskan melalui indeks DB. Daya beda butir soal adalah kemampuan butir soal tersebut membedakan kemampuan peserta ujian. Oleh karena itu, indeks DB dipengaruhi oleh varians peserta ujian, makin besar varians peserta ujian dapat menyebabkan indeks DB butir soal makin besar. Uraian ini mendukung pernyataan *the higher the average D indices on the test, the more reliable the test as a whole will be (Interpreting Item Analysis)*.

Selanjutnya, pemberian TDS mampu mengidentifikasi miskonsepsi stoikiometri yang dimiliki siswa, dan hasil identifikasi ini mendukung kesimpulan beberapa penelitian miskonsepsi stoikiometri terdahulu. Beberapa dari penelitian terdahulu ini menggunakan wawancara dan tes isian untuk menelusuri miskonsepsi stoikiometri. Artinya, TDS dengan soal bentuk pilihan ganda

disertai pilihan alasan yang dikembangkan dalam penelitian ini, dapat diperbandingkan hasilnya dengan tes bentuk lain untuk menelusuri miskonsepsi stoikiometri.

## Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat dirumuskan beberapa kesimpulan penelitian, yaitu: (1) tes diagnostik stoikiometri (TDS) yang dikembangkan dapat digunakan untuk menelusuri miskonsepsi stoikiometri, (2) pada penelitian ini teridentifikasi 30 miskonsepsi stoikiometri yang dilakukan siswa dan terdapat pada semua subkonsep, yaitu: (a) siswa memiliki 13 miskonsepsi tentang persamaan reaksi, (b) siswa memiliki satu miskonsepsi tentang massa atom relatif, dan (c) siswa memiliki 16 miskonsepsi tentang mol, (3) penyebab miskonsepsi stoikiometri yang dilakukan siswa ada sembilan, yaitu: (a) kebiasaan menyebutkan secara verbal kalimat kimia yang tidak benar, (b) teori-teori baru kimia masih dikaitkan dengan "old term" yang telah bergeser makna, (c) menghitung jumlah atom yang terkandung dalam suatu molekul menggunakan strategi (massa molekul/massa molar)  $\times N$ , (d) mol lebih dikaitkan dengan massa atau volume daripada dengan jumlah partikel, (e) menerapkan rumus:  $v = n \times 22,4$  liter untuk menentukan volume zat padat, cair, atau gas, (f) menggunakan istilah kimia saling berganti (*interchangeably*), antara molekul, atom, dan mol, (g) memiliki *algorithmic-dependent* dalam menjelaskan konsep-konsep kimia, khususnya menjelaskan interkorelasi mol, massa, dan volume, (h) dalam menentukan rumus molekul suatu zat bila diketahui namanya, siswa menggunakan strategi mengingat kembali apa yang pernah dipelajari, dan (i) menggunakan Mr menggantikan massa molar untuk menghitung massa suatu zat dengan rumus: , miskonsepsi ini juga dilakukan oleh guru dan ditemukan pada beberapa buku pelajaran kimia untuk SMA, serta (4) frekuensi miskonsepsi stoikiometri terbukti tidak tergantung pada perbedaan jenis kelamin, tetapi tergantung pada bahasa yang digunakan dan jejang kelas. Siswa yang menggunakan bahasa Indonesia dan siswa kelas 3 memiliki peluang lebih kecil melakukan miskonsepsi stoikiometri dibandingkan dengan siswa menggunakan bukan bahasa Indonesia dan siswa kelas 3.

## Saran-saran

Berdasarkan kesimpulan dan implikasi hasil penelitian, saran yang dapat diajukan sebagai berikut.

1. Pembelajaran kimia, khususnya stoikiometri, di SMA sebaiknya lebih menekankan peningkatan pemahaman konseptual siswa. Strategi pembelajaran seperti ini dapat dilakukan dengan cara: mendeteksi konsepsi awal siswa (menggunakan TDS); merancang kegiatan pembelajaran yang dapat menimbulkan *conflicting data* pada siswa agar siswa menyadari bahwa konsepsi awal yang dimilikinya salah dan dapat diperbaiki menjadi benar.
2. Kegiatan pembelajaran di kelas merupakan sumber utama pemerolehan konsep stoikiometri, pada penelitian ini ditemukan miskonsepsi stoikiometri juga dimiliki oleh guru kimia. Oleh karena itu, perlu diupayakan strategi untuk membantu meningkatkan kemampuan konseptual guru, misalnya secara periodik guru diberi kesempatan untuk kembali ke kampus (*refreshing*) atau guru serumpun menerbitkan jurnal sebagai sarana komunikasi ilmiah.
3. TDS dengan soal bentuk pilihan ganda disertai pilihan alasan, seperti yang dikembangkan dalam penelitian ini, perlu dipertimbangkan oleh para guru kimia untuk mendiagnosis miskonsepsi stoikiometri yang dimiliki siswa karena penggunaan bentuk soal ini selain mudah dilaksanakan, informasi yang diperoleh juga cukup akurat. Keterampilan mengembangkan soal bentuk konseptual juga sebaiknya dimiliki oleh (calon) guru agar kegiatan belajar mengajar stoikiometri yang mereka rancang tidak lagi menjadikan siswa memiliki *algorithmic-dependent* tetapi terutama meningkatkan pengetahuan deklaratif siswa.
4. Perlu melakukan penelitian lebih lanjut terhadap konsep-konsep ilmu kimia lainnya dengan menggunakan bentuk tes diagnostik ataupun dengan menggunakan bentuk tes lain untuk mengetahui keunggulan dan kelemahannya mendiagnosis miskonsepsi yang dimiliki siswa.
5. Perlu melakukan penelitian miskonsepsi pada topik-topik kimia lainnya dan menelusuri sumber miskonsepsi yang dimiliki siswa, seperti buku atau guru.

## **Daftar Pustaka**

- Abraham, M.R., Grzybowski, E. B., & Renner, J. W., et al (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
- Beek, K. V., & Louters, L. (1991). Chemical language skills: Investigating the deficit. *Journal of Chemical Education*, 68(5), 389-392.
- Berquist, W., & Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium: What written test answers not reveal?. *Journal of Chemical Education*, 67(12), 1000-1003.
- Garnett, P.J. & Treagust, D.F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electro-chemical (Galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 1079 - 1099.
- Huddle, P.A & Pillay. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South Africa University. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 65-77.
- Lynch, P. (1989). Language and communication in the science classroom. *Journal of Science and Mathematics Education in S.E. Asia*. XII(2). 33-41.
- Miller, R. L., Streveler, R. A., & Olds, B. M. (2003). Developing an outcomes assessment instrument for identifying engineering student misconceptions in thermal and transport science. Diambil pada tanggal 31 Maret 2003, dari <http://search.yahoo.com/bin/search?p=paper%2Bmisconception%2Bchemistry&ei=UTF-8>
- Purba, Michael & Soetopo Hidayat (1996). *Buku pelajaran ilmu kimia untuk SMU kelas 1*. Jakarta: Erlangga.
- Purba, Michael (2002). *Kimia untuk SMA kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Rudi W.K. & Sony Sugema. (2005) *Persiapan SPMB 2005 Kimia*. Bandung: Pustaka.
- Zamroni (2001). *School and university collaboration for improving science and mathematics instruction in school*. Makalah disajikan dalam National Seminar on Science and Mathematics Education di Bandung.

Zeilik, M. (1998). Conceptual diagnostic tests. Diambil pada tanggal 2 September 2002, dari [www.flaguide.org/extra/download/cat/diagnostic/diagnostic.pdf](http://www.flaguide.org/extra/download/cat/diagnostic/diagnostic.pdf)