

MODEL MENTAL MAHASISWA CALON GURU KIMIA DALAM MEMAHAMI BAHAN KAJIAN STEREOKIMIA

I Wayan Suja

Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Ganesha
suja_undiksha@yahoo.co.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menentukan distribusi model mental mahasiswa calon guru kimia dalam memahami bahan kajian Stereokimia, serta (2) mengidentifikasi dan mendeskripsikan miskonsepsi khusus (*specific misconceptions*) dan model mental alternatif yang dimiliki oleh mahasiswa calon guru kimia. Subyek penelitian adalah mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNDIKSHA yang sedang mengambil mata kuliah Kimia Organik III di Kelas C Semester V pada tahun ajaran 2013/2014. Jumlah subyek penelitian sebanyak 28 orang. Data dikumpulkan melalui instrumen tes hasil belajar berbentuk pilihan ganda dua tingkat, terdiri dari bagian isi dan bagian alasan. Analisis data dilakukan secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan, (1) model mental mahasiswa calon guru kimia dalam memahami bahan kajian Stereokimia adalah: tidak ada konsep (20,71%), miskonsepsi spesifik (33,04%), model mental alternatif (12,50%), dan benar secara ilmiah (33,75%); serta (2) miskonsepsi tertinggi (92,86%) terjadi pada penentuan konfigurasi (R/S) senyawa berdasarkan proyeksi Newman, dan model mental alternatif tertinggi (32,14%) pada penggambaran proyeksi Fischer stereoisomer yang diketahui konfigurasi absolutnya.

Kata-kata kunci: model mental, stereokimia, miskonsepsi, model mental alternatif.

Abstract: This study aims to: (1) determine the distribution of pre-service chemistry teachers' mental model in understanding Stereochemistry subject, and (2) identify and describe students' specific misconceptions and alternative mental models. Subjects were students of Chemistry Education Department, Mathematics and Natural Sciences Faculty UNDIKSHA, who are taking courses in Organic Chemistry III in 2013/2014 academic year. The number of study subjects were 28 students. Data were collected through achievement test formed multiple choice of two levels, consisting the contents and reasons. The data were analyzed descriptively. The results showed, (1) students' mental model in understanding the subject of stereochemistry were: no concept (20.71%), specific misconceptions (33.04%), alternative mental models (12.50%), and scientifically correct (33.75%); and (2) highest misconceptions (92.86%) occurred in the determination of the configuration (R/S) compounds based on Newman projections, and highest alternative mental models (32.14%) in the depiction of the projection Fischer of stereoisomers that known its absolutly configuration.

Keywords: mental models, stereochemistry, misconceptions, alternative mental models.

PENDAHULUAN

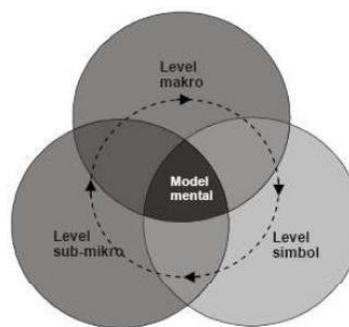
Stereokimia merupakan studi tentang struktur tiga dimensi molekul (Wade, 2006), yang mencakup tiga aspek, yaitu: isomer geometri, konformasi, dan kiralitas molekul (Morrison & Boyd, 1989). Ketiga aspek tersebut merupakan landasan untuk memahami struktur dan reaktivitas senyawa. Bahan kajian stereokimia menjadi menarik karena menggabungkan aspek geometri,

topologi, dan struktur kimia dalam studi bentuk tiga dimensi molekul. Bahan kajian tersebut juga menjadi penting karena tubuh makhluk hidup dibentuk oleh unit-unit kiral, seperti asam amino, nukleotida, dan gula, yang secara alami ada dalam bentuk enantiomer murni. Kiralitas molekul menjadi penting dalam kaitan dengan pemanfaatan senyawa organik, yang menjadi target transformasi dan sintesis senyawa-senyawa bahan obat (Schreiner et al., 2011). Kondisi itu menyebabkan stereo-

kimia merupakan bahan kajian yang sangat penting dalam bidang kimia organik, namun sering dipandang sulit oleh sebagian mahasiswa.

Kemampuan untuk memahami dan menerapkan hubungan antara struktur dan sifat senyawa merupakan kompetensi inti dalam pembelajaran kimia (NRC, 2011). Namun, berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar pebelajar harus berjuang keras agar bisa memahaminya (Kind dalam Maeyer & Talanquer, 2013). Gagasan bahwa sifat makroskopik materi muncul dari interaksi partikel-partikel materi sulit dipahami oleh mahasiswa. Sebaliknya, penalaran akal sehat sering menyebabkan mereka menganggap bahwa sifat makroskopis dihasilkan dari rerata sifat komponen-komponen penyusunnya (Talanquer, 2006). Di sisi lain, temuan penelitian Maeyer & Talanquer (2013) menunjukkan, dalam menjelaskan sifat zat, banyak mahasiswa mengandalkan penalaran intuitif dan beberapa mengalami miskonsepsi.

Ide-ide dalam pikiran pebelajar yang digunakannya untuk menggambarkan, menjelaskan, dan memprediksi sebuah fenomena dinamakan **model mental** (Jansoon, 2009; Wang, 2007). Pembentukan model mental dipengaruhi oleh pengalaman dan pengetahuan awal pebelajar, sikap dan keyakinan mereka, serta persoalan-persoalan yang dihadapinya. Dalam kaitan dengan pembelajaran kimia, model mental dibangun melalui proses pengamatan, penafsiran, penjelasan, imajinasi, dan pemahaman wacana ilmiah (Chittleborough, 2004; Jansoon, 2009). Sebelumnya, Glynn & Duit (1995) merekomendasikan agar model mental dianggap sebagai bagian penting dari kerangka konseptual pebelajar, yang oleh Jansoon (2009), digambarkan sebagai irisan interkoneksi ketiga level kimia, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Keterkaitan Tiga Level Kimia dengan Model Mental

Model mental yang sesungguhnya dalam pikiran pebelajar sangat rumit dan sulit digambarkan, namun memungkinkan untuk digali dari ekspresi mereka tentang suatu fenomena atau pemecahan masalah. Model mental seseorang pada umumnya diselidiki melalui penafsiran atas model yang diekspresikan dalam berbagai bentuk, yang oleh Bouter & Buckley dalam Park (2006) dikategorikan menjadi lima tipe, yaitu model visual, model simbolik, model gerak isyarat, model objek nyata, dan model verbal. Kualitas model mental pebelajar ditentukan berdasarkan kesesuaiannya dengan model konseptual yang telah diakui oleh masyarakat ilmiah dan ketepatannya untuk memprediksi dan menjelaskan fenomena alam. Selain itu, deskripsi model mental kimia pebelajar berhubungan dengan triplet kimia, yang meliputi level makroskopis, submikroskopis, dan simbolik, serta interkoneksi ketiga level tersebut (Andini, 2010; Maulana, 2011).

Sehubungan dengan model mental dalam memahami hubungan antara struktur molekul dengan sifat senyawa, pada penelitian ini telah dilakukan analisis model mental mahasiswa calon guru kimia dalam memahami bahan kajian stereokimia. Bahan kajian tersebut memuat struktur tiga dimensi molekul dan kontribusinya terhadap kereaktifan senyawanya. Analisis model mental dilakukan terhadap mahasiswa semester V ke atas yang sedang mengambil mata kuliah Kimia Organik III dan telah mengambil Kimia

Organik I dimana bahan kajian stereokimia tersebut diajarkan. Tujuan penelitian ini adalah: (1) menentukan distribusi model mental mahasiswa calon guru kimia dalam memahami bahan kajian stereokimia, serta (2) mengidentifikasi dan mendeskripsikan miskonsepsi khusus (*specific misconceptions*) dan model mental alternatif yang dimiliki oleh mahasiswa calon guru kimia. Dengan mengetahui miskonsepsi dan model mental alternatif mahasiswa, memungkinkan untuk melakukan tindak lanjut berupa remediasi secara bertahap dan berkelanjutan pada mata-mata kuliah rumpun Kimia Organik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas MIPA, UNDIKSHA pada semester ganjil tahun ajaran 2013/2014. Subjek penelitiannya adalah mahasiswa yang sedang menempuh Mata Kuliah Kimia Organik III, di Kelas C, sebanyak 28 orang.

Penelitian dirancang mulai dari tahapan: (1) penyusunan instrumen, (2) validasi instrumen, (3) uji coba instrumen, (4) pengumpulan data, (5) analisis data hasil penelitian, serta (6) pelaporan dan publikasi hasil penelitian. Instrumen yang digunakan adalah tes hasil belajar yang dirancang khusus untuk mengidentifikasi model mental mahasiswa dalam memahami bahan kajian stereokimia, berupa tes pilihan ganda dua tingkat (*twotier test*), yang terdiri dari bagian isi dan bagian alasan. Bagian pertama memuat respon mahasiswa terhadap pilihan jawaban yang disediakan berkaitan dengan konten; sedangkan bagian kedua, menuntut mahasiswa agar memberikan

alasan atas jawabannya pada bagian pertama (Coll dalam Wang, 2007).

Menurut Sendur *et al.*, (2010), model mental pebelajar dapat dikelompokkan menjadi empat kategori berikut.

- a. Tidak ada jawaban/tanggapan (**No Response/ NR**), jika pebelajar tidak memberikan jawaban dan tidak membuat alasan, atau menjawab dengan penjelasan tidak berkaitan dengan pertanyaan. Istilah untuk tipe ini adalah **tidak ada konsep**.
- b. Miskonsepsi khusus pada hal tertentu (**Specific Misconceptions/SM**), yaitu ketika jawaban dan penjelasan tidak dapat diterima secara keilmuan.
- c. Benar sebagian (**Partially Correct/ PC**) jika jawaban benar secara keilmuan, namun penjelasan/alasan tidak benar; atau jawaban tidak benar secara keilmuan, namun penjelasannya benar. Tipe ini dikenal sebagai **model mental alternatif**.
- d. Benar secara keilmuan (**Scientifically Correct/SC**), jika jawaban dan penjelasan benar secara keilmuan.

Model mental demikian sering juga disebut model mental tipe I sampai IV, yang masing-masing berkaitan dengan tidak ada tanggapan (NR), terjadi miskonsepsi (SM), model mental alternatif (PC), dan model mental ilmiah (SC).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa distribusi model mental mahasiswa calon guru kimia dalam memahami bahan kajian stereokimia dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Rekapitulasi Model Mental Mahasiswa Calon Guru tentang Stereokimia

NS	Indikator	Model Mental							
		NR	% NR	SM	%S M	P C	% PC	S C	% SC
1	Menentukan isomer geometri alkena.	2	7,1 4	3	10, 71	1	3,5 7	2 2	78, 57
1 1	Menentukan isomer geometri sikloalkana	12	42, 86	7	25, 00	2	7,1 4	7	25, 00
2	Memprediksi kestabilan konformasi molekul alkana.	1	3,5 7	0	0,0 0	2	7,1 4	2 5	89, 29
1 2	Memprediksi kestabilan isomer geometri sikloalkana terdisubstitusi.	11	39, 29	10	35, 71	3	10, 71	4	14, 29
3	Membandingkan titik leleh isomer-isomer geometri asam butenadioat.	5	17, 86	19	67, 86	3	10, 71	1	3,5 7
1 3	Membandingkan titik didih isomer-isomer geometri senyawa alkanadiol.	8	28, 57	17	60, 71	2	7,1 4	1	3,5 7
4	Membandingkan kontribusi bentuk-bentuk konformer terhadap keasaman senyawanya.	13	46, 43	7	25, 00	4	14, 29	4	14, 29
1 4	Menjelaskan keasaman senyawa berdasarkan struktur isomer geometrinya.	15	53, 57	5	17, 86	7	25, 00	1	3,5 7
5	Menentukan hubungan antara struktur isomer geometri molekul dengan kelarutannya dalam air.	4	14, 29	7	25, 00	6	21, 43	1 1	39, 29
1 5	Menentukan kontribusi bentuk konformasi 1,2-alkanadiol terhadap kelarutan senyawanya dalam air.	9	32, 14	6	21, 43	9	32, 14	4	14, 29
6	Menentukan analogi yang paling relevan dengan sifat kiralitas senyawa.	0	0,0 0	0	0,0 0	2	7,1 4	2 6	92, 86
1 6	Menentukan analogi yang paling relevan dengan sifat akiral senyawa.	2	7,1 4	2	7,1 4	2	7,1 4	2 2	78, 57
7	Menerapkan hubungan antara keberadaan unsur-unsur simetri molekul dengan aktivitas optiknya.	4	14, 29	1	3,5 7	7	25, 00	1 6	57, 14
1 7	Menentukan hubungan antara unsur-unsur simetri molekul senyawa siklik dengan kiralitas senyawanya.	11	39, 29	12	42, 86	2	7,1 4	3	10, 71
8	Menentukan konfigurasi absolut (R/S) senyawa berdasarkan struktur tiga dimensinya.	6	21, 43	10	35, 71	4	14, 29	8	28, 57
1 8	Menentukan konfigurasi (R/S) senyawa berdasarkan proyeksi Fischernya.	4	14, 29	3	10, 71	2	7,1 4	1 9	67, 86
9	Menentukan konfigurasi (R/S) senyawa berdasarkan proyeksi Newmannya.	1	3,5 7	26	92, 86	0	0,0 0	1	3,5 7
1 9	Menentukan proyeksi Newman senyawa yang diketahui nama	1	3,5 7	18	64, 29	2	7,1 4	7	25, 00

	IUPACnya lengkap dengan konfigurasi absolutnya (<i>R/S</i>)								
10	Menggambar proyeksi Fischer stereoisomer yang diketahui konfigurasi absolut atom-atom karbon kiralnya.	3	10,71	9	32,14	9	32,14	7	25,00
20	Menentukan stereoisomer senyawa yang diketahui proyeksi Fischernya.	4	14,29	23	82,14	1	3,57	0	0,00
	Total	116	20,71	185	33,04	70	12,50	189	33,75

Keterangan: **NR** (*No Response*) = jumlah tidak ada tanggapan (tidak memiliki konsep), **SM** (*Specific Misconceptions*) = jumlah mengalami miskonsepsi, **PC** (*Partially Correct*) = jumlah model mental alternatif, **SC** (*Scientifically Correct*) = jumlah model mental ilmiah.

Data dalam Tabel 1 di atas menunjukkan, 78,57% mahasiswa telah memiliki model mental ilmiah berkaitan dengan penentuan senyawa alkena yang memiliki isomer geometri. Pemahaman mereka ada pada level simbolik dan mampu menampilkannya dalam bentuk model visual berupa rumus struktur alkena. Penguasaan model mental ilmiah mahasiswa calon guru pada pemahaman isomer geometri ternyata menurun pada senyawa siklik (hanya mencapai 25,00%), dan sebagian besar (42,86%) tidak memiliki konsep. Kondisi itu mengindikasikan, sebagian besar mahasiswa tidak mampu menggambarkan struktur molekul senyawa, sehingga mereka tidak bisa menentukan letak dan orientasi substituen-substituenya. Pada kemampuan untuk memprediksi kestabilan bentuk-bentuk konformasi molekul, sebagian besar mahasiswa (89,29%) telah memiliki model mental ilmiah. Model mentalnya ada pada level simbolik dan mampu menampilkannya dalam bentuk model visual berupa proyeksi Newman. Namun, kemampuan tersebut tidak muncul pada saat digunakan untuk menjelaskan kestabilan isomer-isomer sikloalkana terdisubstitusi yang melibatkan konsep konformasi dan isomer geometri. Sebanyak 39,29% tidak memiliki konsep berkaitan dengan

masalah tersebut; 35,71% mengalami miskonsepsi; 10,71% memiliki model mental alternatif, dan hanya 14,29% memiliki model mental ilmiah. Rendahnya model mental ilmiah mahasiswa pada masalah tersebut disebabkan mereka masih mengalami miskonsepsi, yang memandang setiap isomer *trans* selalu lebih stabil dibandingkan isomer *cis*-nya.

Sebagian besar mahasiswa mengalami miskonsepsi (di atas 60,00%) dalam menjelaskan titik didih dan titik leleh senyawa, serta sebagian lagi memiliki model mental alternatif. Mereka yang mengalami miskonsepsi mengaitkan polaritas senyawa dengan titik didih dan titik leleh senyawanya. Molekul-molekul yang lebih polar, dalam hal ini asam maleat diprediksi memiliki titik leleh lebih tinggi dibandingkan asam fumarat. Hal yang sama juga terjadi pada penentuan titik didih isomer-isomer geometri senyawa siklobutanadiol. Di sisi lain, tipe model mental alternatif memandang titik didih dan titik leleh berkaitan dengan kestabilan senyawa. Menurut mereka, diperlukan energi yang lebih besar untuk memutuskan ikatan dalam struktur molekul yang lebih stabil, sehingga titik didih atau titik leleh senyawanya menjadi lebih tinggi. Dalam hal ini,

jawaban mereka benar, namun alasannya salah.

Titik didih dan titik leleh senyawa sesungguhnya tidak berkaitan dengan polaritas dan kestabilan molekul, tetapi dengan interaksi antar molekul-molekulnya. Semakin kuat gaya tarik antar molekulnya, semakin tinggi titik didih atau titik leleh senyawa tersebut. Dalam kasus yang diberikan, titik didih ditentukan oleh keberadaan ikatan hidrogen intermolekuler dan intramolekuler. Ikatan hidrogen antar molekul menyebabkan titik didih dan titik leleh senyawa lebih tinggi dibandingkan isomer lain yang mengalami ikatan hidrogen intramolekuler. Selain itu, proses mendidih atau meleleh sebagai bentuk perubahan fisika tidak melibatkan pemutusan ikatan antar atom dalam molekul. Untuk menjelaskan hal itu, mahasiswa harus menguasai model mental level submikroskopis partikel materi didukung dengan model mental level simboliknya.

Lemahnya pemahaman mahasiswa berkaitan dengan korelasi struktur molekul dan kereaktifan senyawa juga tampak pada kemampuannya untuk memprediksi kontribusi bentuk konformasi molekul terhadap kekuatan asam senyawanya. Sebagian besar mahasiswa (46,43%) tidak memiliki konsep, dan 25% mengalami miskonsepsi. Mereka yang tidak memiliki konsep tidak mengetahui hubungan antara bentuk konformasi dengan kekuatan asam. Sedangkan, yang mengalami miskonsepsi rata-rata memandang konformasi gaus memiliki keasaman paling tinggi karena mampu membentuk ikatan hidrogen intramolekuler yang bersifat stabil. Di sisi lain, yang memiliki tipe model mental alternatif (14,29%) menyatakan bentuk eklips penuh menyumbangkan sifat keasaman paling kuat karena terjadi tolak-menolak antar gugus hidroksil yang saling berimpit, sehingga lebih

mudah melepaskan ion H^+ . Sesungguhnya, keasaman senyawa asam 2,3-dimetilbutanadioat memang paling tinggi disumbangkan oleh konformasi gausnya, namun disebabkan oleh terjadinya ikatan hidrogen intramolekuler antar kedua gugus $-OH$ yang saling berimpit. Struktur tersebut menyebabkan lebih mudah melepaskan ion H^+ .

Sejalan dengan penentuan sifat keasaman senyawa asam butanadioat, sebagian besar mahasiswa (53,57%) juga tidak memiliki konsep untuk membandingkan kekuatan asam maleat (bentuk *cis*) dengan asam fumarat (bentuk *trans*). Sebanyak 25% mahasiswa memiliki model mental alternatif. Mereka mengetahui keasaman asam maleat lebih kuat dibandingkan dengan asam fumarat, namun alasannya tidak tepat. Penjelasan mereka berkaitan dengan kelarutan senyawa. Menurut mereka, asam maleat lebih mudah larut dalam air, sehingga lebih mudah terionisasi untuk menghasilkan ion H^+ . Sedangkan, argumentasi ilmiah berkaitan dengan keasaman senyawa asam maleat dikaitkan dengan kemampuannya untuk membentuk ikatan hidrogen intramolekuler yang berdampak pada kemudahan untuk melepaskan ion H^+ .

Pada penentuan kelarutan isomer geometri dalam air, sebagian besar mahasiswa (39,29%) telah memiliki model mental ilmiah dengan mengaitkan polaritas senyawa dengan kelarutannya. Asam maleat lebih polar dibandingkan asam fumarat, sehingga kelarutan asam maleat dalam air lebih tinggi dibandingkan asam fumarat. Sebagian di antaranya (25,00 %) mengalami miskonsepsi, dan 21,43% memiliki model mental alternatif. Mereka yang mengalami miskonsepsi menyatakan asam fumarat lebih mudah larut dalam air karena lebih mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul-molekul air. Di sisi lain, mahasiswa yang memiliki model mental alternatif

memperkirakan asam maleat lebih mudah larut dalam air karena adanya ikatan hidrogen intramolekuler, karena kurang stabil, dan juga karena titik lelehnya lebih rendah. Ketidakmampuan mahasiswa untuk menjelaskan fenomena makroskopis berkaitan dengan kelarutan senyawa disebabkan oleh kurangnya kemampuan untuk melakukan penalaran pada tingkat submikroskopis, walaupun mereka sudah mampu memvisualisasikan dalam bentuk rumus struktur pada level simbolik.

Berkaitan dengan kontribusi bentuk konformer senyawa 1,2-etanadiol terhadap kelarutannya, proporsi mahasiswa yang tidak memiliki konsep sama dengan yang memiliki model mental alternatif, yaitu sebanyak 32,14%; sedangkan yang memiliki model mental ilmiah hanya mencapai 14,29%. Rendahnya kemampuan mahasiswa untuk memprediksi kelarutan senyawa disebabkan ketidakmampuannya dalam menjelaskan fungsi struktur molekul terhadap sifat makroskopis senyawanya. Sesungguhnya, kelarutan senyawa dalam air ditentukan oleh polaritas senyawa, dan dalam konteks struktur konformasi, polaritas tertinggi dimiliki oleh konformasi dengan gugus-gugus -OH pada posisi eklips penuh (momen dipol terbesar). Dalam kasus ini, mahasiswa harus mampu menggambar dan memvisualisasikan struktur tiga dimensi molekul dan memprediksi polaritasnya. Semakin besar resultan vektor momen-momen gugus senyawa, polaritasnya semakin kuat, sehingga kelarutannya dalam air semakin besar. Di sisi lain, mahasiswa yang memiliki model mental alternatif memandang kelarutan senyawa 1,2-etanadiol dalam air ditentukan oleh kemudahannya untuk membentuk ikatan hidrogen antara molekul-molekul alkohol tersebut dengan molekul-molekul air sebagai pelarut.

Model mental mahasiswa dalam memilih analogi untuk menjelaskan

kiralitas senyawa tergolong sangat baik (rerata 85,72%). Kondisi itu disebabkan mahasiswa telah menguasai ciri-ciri senyawa kiral secara benar dan analogi yang ditampilkan dalam bentuk objek nyata secara makroskopis telah akrab dengan kehidupan mahasiswa. Akibatnya, sebagian besar mahasiswa memiliki model mental ilmiah berkaitan dengan analogi kiralitas senyawa organik.

Dalam penentuan aktivitas optik senyawa rantai terbuka yang telah diberikan nama lengkap dengan konfigurasi absolutnya (R/S), model mental ilmiah mahasiswa mencapai 57,14% dan model mental alternatifnya sebesar 25,00%. Tingginya kebenaran ilmiah yang dicapai mahasiswa sebagian besar berupa model mental verbal. Mereka tidak menggambar struktur molekul senyawa lengkap dengan konfigurasi absolut (R/S) dan bayangan cerminnya, namun secara deskriptif menyatakan bahwa molekul yang memiliki bidang simetri (senyawa meso) bersifat inaktif optik. Dengan demikian, walaupun mahasiswa telah memiliki model mental ilmiah, namun belum tentu memahami level simbolik dan submikroskopis molekul secara tepat.

Cukup tingginya persentase model mental ilmiah mahasiswa pada penentuan aktivitas optik senyawa rantai terbuka tidak seiring dengan kemampuannya untuk menentukan aktivitas optik senyawa siklik. Sebagian besar (42,86%) mahasiswa mengalami miskonsepsi dan sebagian tidak memiliki konsep (39,29%) pada penentuan kiralitas senyawa siklik yang struktur ruangnya memiliki bidang simetri atau pusat simetri. Mahasiswa yang mengalami miskonsepsi memandang sifat inaktif optik senyawa siklik hanya ditentukan oleh keberadaan bidang simetrinya, tanpa mencermati ada tidaknya atom karbon kiral atau unsur-unsur simetri lainnya. Dengan demikian, model mental mahasiswa secara umum

belum cukup memadai untuk menentukan aktivitas optik senyawa organik.

Model mental ilmiah hanya dimiliki oleh 28,57% mahasiswa dalam menentukan konfigurasi absolut (R/S) senyawa berdasarkan struktur tiga dimensinya, dan mencapai 67,86% berdasarkan proyeksi Fischernya (dua dimensi). Kondisi itu menunjukkan, sebagian besar mahasiswa mengalami kesulitan dalam membayangkan struktur tiga dimensi molekul dalam pikirannya. Kesulitan tersebut menyebabkan mereka tidak mampu menentukan konfigurasi absolut senyawa pada pusat kiralnya. Pada saat diberikan struktur Fischer senyawa, mahasiswa dapat menggunakan strategi tertentu untuk menentukan konfigurasi absolutnya pada pusat-pusat kiral tanpa memahami struktur tiga dimensinya. Atas dasar itu, kemampuan mahasiswa untuk memvisualisasikan struktur tiga dimensi molekul dalam pikirannya masih sangat perlu ditingkatkan.

Model mental mahasiswa belum mampu melakukan konversi dari proyeksi Newman menjadi struktur tiga dimensinya. Akibatnya, sebagian besar mereka tidak bisa menentukan konfigurasi absolut (R/S) senyawa berdasarkan struktur proyeksi Newmannya, dan 78,58% di antaranya mengalami miskonsepsi. Kondisi yang sama juga terjadi pada penentuan konfigurasi absolut senyawa yang memiliki beberapa pusat kiral berdasarkan proyeksi Fischernya. Pada aspek tersebut, jumlah mahasiswa yang mengalami miskonsepsi mencapai 82,14%. Dengan demikian, sebagian besar mahasiswa belum mampu menentukan dan memvisualisasikan struktur tiga dimensi senyawa dalam pikirannya dari proyeksi Newman dan proyeksi Fischer. Data tersebut juga dibuktikan dari tingginya miskonsepsi yang dialami mahasiswa pada saat menggolongkan jenis isomer optik

beberapa pasangan senyawa yang telah diketahui proyeksi Fischernya.

Secara umum, model mental ilmiah mahasiswa calon guru kimia dalam memahami bahan kajian stereokimia hanya mencapai 33,75%. Nilai tersebut hanya sedikit di atas persentase miskonsepsi khusus yang mencapai 33,04%. Tingginya miskonsepsi kimia dan banyaknya model mental alternatif yang dimiliki mahasiswa calon guru kimia disebabkan oleh berbagai faktor, yang secara umum dikelompokkan menjadi faktor eksternal dan internal.

Faktor eksternal yang mempengaruhi terjadinya miskonsepsi dan model mental alternatif di antaranya adalah buku-buku teks kimia yang digunakan oleh guru dan siswa pada saat mereka masih ada di bangku SMA berpeluang menimbulkan terjadinya miskonsepsi (Suja & Retug, 2014a,b). Kondisi itu disebabkan miskonsepsi bersifat sangat resisten, sehingga sulit dihilangkan. Faktor internal yang berpotensi menimbulkan terjadinya miskonsepsi dan model mental alternatif pada mahasiswa calon guru adalah sebagai berikut.

Pertama, ketidakmampuan mereka memilih atribut esensial dari sejumlah ciri umum yang dimiliki oleh sebuah konsep (Ibrahim, 2012). Sebagai contoh, jika dalam rumus struktur senyawa terdapat beberapa pusat kiral dan juga bidang simetri (bidang khayalan yang membelah suatu senyawa menjadi dua bagian, sehingga setiap bagian menjadi bayangan cermin dari bagian yang lainnya), maka senyawa tersebut bersifat inaktif optis. Di sisi lain, jika tidak mengandung atom karbon kiral, walaupun tidak memiliki bidang simetri, senyawa tersebut tidak bersifat aktif optis. Dengan demikian, atribut utama senyawa bersifat aktif optis adalah mengandung atom karbon kiral, bukan pada tidak adanya bidang simetri. Misalnya, senyawa *trans*-1,3-dibromo-

1,3-dinitro-siklobutana bersifat tidak aktif optis karena tidak mengandung atom kiral. Tetapi, sebagian besar mahasiswa menyebutnya bersifat aktif optis karena tidak memiliki bidang simetri.

Kedua, kekeliruan penalaran. Kekeliruan penalaran terjadi karena ketidakpahaman mahasiswa tentang level submikroskopis kimia. Sebagai contoh, dalam menjelaskan perubahan wujud zat, berkaitan dengan titik didih dan titik leleh senyawa, banyak mahasiswa mengira proses tersebut melibatkan pemutusan ikatan dalam molekul (ikatan kovalen), bukan ikatan atau interaksi antar molekul (gaya van der Waals atau ikatan hidrogen). Mahasiswa menjelaskan titik didih dan titik leleh senyawa berdasarkan kestabilan struktur molekulnya. Semakin stabil struktur molekul suatu senyawa, semakin kuat ikatan antar atom-atomnya, sehingga titik didih atau titik lelehnya semakin tinggi. Kekeliruan penalaran tersebut menyebabkan mahasiswa menjelaskan titik leleh asam fumarat yang lebih tinggi daripada asam maleat bukan karena ikatan hidrogen yang terjadi antar molekul-molekul asam fumarat, tetapi karena lebih stabil dibandingkan asam maleat (model mental alternatif).

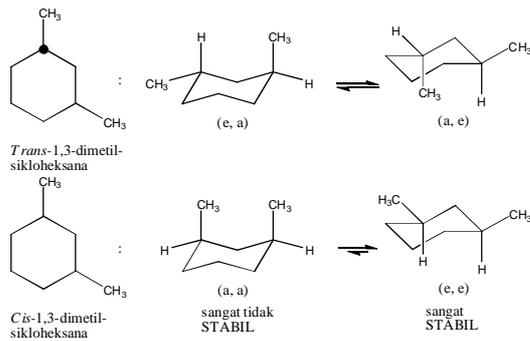
Kekeliruan penalaran juga terjadi pada saat mahasiswa menjelaskan perbedaan kelarutan antara asam maleat dan asam fumarat dalam air. Perbedaan kelarutan kedua isomer asam 1,3-butenadioat tersebut seharusnya dijelaskan berdasarkan perbedaan kepolarannya. Asam maleat (isomer *cis*) memiliki momen dipol (bersifat polar), sehingga lebih mudah larut dalam air. Sebaliknya, asam fumarat tidak memiliki momen dipol (non polar), sehingga tidak larut dalam air. Secara skematis, penentuan kepolaran kedua senyawa tersebut dapat ditentukan dengan penjumlahan vektor momen-momen gugusnya.



Mahasiswa yang mengalami miskonsepsi menjelaskan kelarutan kedua senyawa asam tersebut tidak berdasarkan kepolarannya, tetapi menurut kemudahannya dalam membentuk ikatan hidrogen dengan molekul-molekul air. Berbeda dengan fakta ilmiahnya, mahasiswa mengira asam fumarat lebih mudah larut dalam air karena lebih mudah membentuk ikatan hidrogen dengan molekul-molekul air.

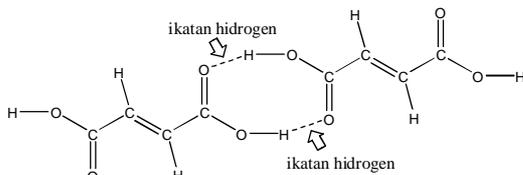
Ketiga, kekeliruan pemikiran intuitif. Pemikiran intuitif muncul tiba-tiba karena masalah tersebut telah dianggap umum. Sebagai contoh, bagi sebagian besar mahasiswa, isomer *trans* selalu dipandang lebih stabil dibandingkan isomer *cis*. Hal itu disebabkan jarak antar gugus-gugus yang sama pada isomer *trans* saling berjauhan, sehingga gaya tolak-menolak antar gugus-gugus tersebut menjadi sangat rendah. Dengan demikian, isomer *trans* lebih stabil dibandingkan isomer *cis*, yang letak gugus-gugusnya ada pada sisi yang sama. Sesungguhnya, kestabilan molekul sikloalkana tersubstitusi mesti dilihat dari struktur tiga dimensinya. Sebagai contoh, dalam tes yang diberikan, siswa memprediksi struktur senyawa *trans*-1,3-dimetilsikloheksana lebih stabil dibandingkan isomer *cis*-nya. Sedangkan, konformasi isomer *cis* lebih stabil karena mampu membentuk struktur ekuatorial-ekuatorial (*e,e*) yang menyebabkan tidak terjadi tolak-menolak antar gugus-gugus metil yang terikat pada rantai sikloheksana tersebut, sebagaimana ditampilkan di bawah ini.

Isomer geometri 1,3-dimetilsikloheksana:

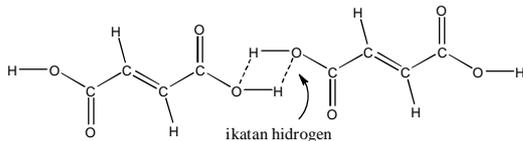


Keempat, kekurangan informasi yang dimiliki peserta didik tentang kompleksitas permasalahan yang dikajinya (Furió & Calatayud, 1996). Kekurangan informasi yang dimiliki oleh mahasiswa dalam model mentalnya di antaranya tampak pada saat mereka menggambar terjadinya ikatan hidrogen antar molekul-molekul asam fumarat, yang menyebabkan titik leleh asam fumarat lebih tinggi dibandingkan asam maleat.

Model mental ilmiah:



Model mental alternatif (mahasiswa):



Kurangnya informasi juga tampak pada saat mereka menentukan konfigurasi absolut (*R/S*) senyawa berdasarkan proyeksi Newman atau proyeksi Fischer.

Secara umum, terjadinya miskonsepsi, model mental alternatif, dan juga tidak ada konsep pada diri mahasiswa calon guru kimia menunjukkan bahwa mereka belum memahami bahan kajian stereokimia, yang mencakup level makroskopis, level submikroskopis, level simbolik, dan interkoneksi ketiga level tersebut secara komprehensif.

SIMPULAN

Sejalan dengan hasil penelitian dan pembahasan di depan dapat ditarik simpulan sebagai berikut. **Pertama**, model mental mahasiswa calon guru kimia dalam memahami bahan kajian Stereokimia adalah: tidak ada konsep (20,71%), miskonsepsi spesifik (33,04%), model mental alternatif (12,50%), dan benar secara ilmiah (33,75%). **Kedua**, miskonsepsi tertinggi (92,86%) terjadi pada penentuan konfigurasi (*R/S*) senyawa berdasarkan proyeksi Newmannya, dan model mental alternatif tertinggi (32,14%) pada penggambaran proyeksi Fischer stereoisomer yang diketahui konfigurasi absolutnya.

Untuk mengubah dan membentuk model mental mahasiswa, sehingga menjadi model mental ilmiah, pembelajaran Kimia Organik seharusnya dilakukan dengan pengamatan fenomena makroskopis berkaitan dengan bahan kajian yang akan dipelajarinya. Selanjutnya, mahasiswa diberikan kesempatan untuk menjelaskan fenomena tersebut secara molekuler yang melibatkan pemahaman kimia pada level submikroskopis. Untuk membantu mahasiswa agar mereka mampu memvisualisasikan kimia pada level molekuler, pembelajaran mesti didukung dengan penggunaan model molekul, misalnya menggunakan molymod. Selanjutnya, model mental mahasiswa yang sudah terbentuk melalui kegiatan pembelajaran mesti diuji dengan model-model konseptual yang telah disepakati oleh para pakar kimia. Model mental tersebut juga harus diperkuat dengan aplikasinya dalam pemecahan masalah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. Leny Yuanita, M.Kes. dan Prof. Dr. Muslimin Ibrahim, M.Pd. atas bimbingannya selau promotor dan kopromotor dalam penelitian awal Disertasi ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Andhini, R., 2010. Profil Model Mental Siswa pada Pokok Bahasan Senyawa Hidro Karbon. *Skripsi FPMIPA Jurusan Pendidikan Kimia*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Chittleborough, G., 2004. The Role of Teaching Models and Chemical Representations in Developing Student's Mental Model of Chemical Phenomena. *Tesis Doktor in Curtin University of Technology*.
- Furió, C., & Calatayud, M. L., 1996. Difficulties with the geometry and polarity of molecules. *Journal of Chemical Education*, **73**: 36-41.
- Glynn, S. M., & Duit, R., 1995. "Learning science meaningfully: Constructing conceptual model." In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ibrahim, M., 2012. Seri Pembelajaran Inovatif: Konsep, Miskonsepsi, dan Cara Pembelajarannya. Surabaya: *Usesa University Press*.
- Islahiah, N., 2012. Propil Model Mental Siswa pada Pokok Bahasan Keseimbangan Kimia. *Skripsi tidak dipublikasikan Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI*. Bandung: *Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Jansoon, N., 2009. Understanding Mental Models of Dilution in Thai Students. *International Journal of Environmental & Science Education*. **4**(2): 147 – 168.
- Maeyer, J., & Talanquer, V., 2013. Making Predictions about Chemical Reactivity: Assumptions an Heuristics. *Journal of Research in Science Teaching*, **50**(6): 748-767.
- Maulana, Y., 2011. Profil Model Mental Mahasiswa Calon Guru Kimia Tingkat Pertama pada Beberapa Konsep Dasar Ikatan Kimia. *Skripsi Fakultas FPMIPA Jurusan Pendidikan Kimia*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Mayer, L., 2010. Addressing Students' Misconceptions about Gases, Mass, and Composition. *Journal of Chemical Education*, **88**(1): 111 – 115.
- Morrison, R.T., & Boyd, R.N., 1989. *Organik Chemistry*. 5th. New Delhi: Prentice Hall of India.
- Park, E. J., 2006. Student Perception and Conceptual Development as represented by Student Mental Models of Atomic Structure. Ohio State University.
- Schreiner, E., Trabuco, L. G., Freddolino, P. L., & Schulten, K., 2011. Stereo-chemical errors and their implications for molecular dynamics simulations. *BMC Bioinformatics*, **12**:190 – 199. <http://www.biomedcentral.com/1471-2105/12/190>
- Sendur, G., Toprak, M., Pekmez, E., 2010. *Analyzing of Students' Misconceptions about Chemical Equilibrium. Paper on International Conference on New Trends in Education and Their Implications*. Antalya-Turkey.
- Suja, I W., & Retug, N., 2013a. Propil Konsepsi Kimia Siswa Kelas XI di Kota Singaraja. Prosiding Senari (Seminar Nasional Riset Inovatif) Lembaga Penelitian Universitas Pendidikan Ganesha ke-1 ISSN 2339-1553. Tahun 2013. Halaman 172 – 179.
- Suja, I W., & Retug, N., 2013b. Konsepsi Kimia Siswa Kelas XII di Kota Singaraja. Prosiding

- Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III Tahun 2013. Halaman 125 – 133.
- Talaquer, V., 2006. Commonsense chemistry: A model for understanding student's alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83: 811-816..
- Wade, L. G., 2006. *Organic Chemistry*. 6th edition. Singapore: Pearson Education, Inc.
- Wang, Ch. Y., 2007. The role of mental-modelling ability, content knowledge, and mental model in general chemistry students' understanding about molecular polarity. A *Dissertation presented to the Faculty of the Graduate School University of Missouri – Columbia*.