

## PERANCANGAN DAN VALIDASI TES DIAGNOSTIK MODEL MENTAL KIMIA ORGANIK

I Wayan Suja

Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Ganesha

e-mail: [suja\\_undiksha@yahoo.co.id](mailto:suja_undiksha@yahoo.co.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan tes diagnostik model mental kimia organik. Penelitian dilakukan melalui empat tahap, mengadopsi desain penelitian pengembangan perangkat pembelajaran 4-D (*define, design, develop, and disseminate*). Kualitas perangkat tes yang dihasilkan ditentukan berdasarkan validitas (teoritis dan empiris) serta reliabilitasnya. Validasi oleh tim pakar menunjukkan nilai CVR seluruh butir soal tersebut = 1. Hasil uji coba menunjukkan, butir-butir soal tersebut tergolong valid ( $r_{xy} = 0,584 - 0,676$ ) dan reliabilitasnya tergolong tinggi ( $r_{11} = 0,649$ ). Data tersebut menunjukkan perangkat tes tersebut layak digunakan untuk mengukur model mental mahasiswa tentang korelasi struktur dan sifat senyawa organik.

*Kata-kata Kunci:* tes diagnostik, model mental, struktur dan sifat.

### Abstract

This study aimed to develop a diagnostic test of mental model in organic chemistry. The study was conducted through four steps, adopting research and development design of 4-D learning device (*define, design, develop, and disseminate*). The quality of the resulting test device is determined by the theoretical and empirical validity and reliability. Validation by expert team showed CVR values throughout the item was = 1. The trial results showed that the test items are classified as valid ( $r_{xy} = 0,584 - 0,676$ ) and its reliability is high ( $r_{11} = 0,649$ ). The data indicate that the test device is feasible to use to measure student mental models about the correlation of structure and properties of organic compounds.

*Key words:* diagnostic test, mental model, , structure and properties

### 1. Pendahuluan

Para pakar pendidikan merekomendasikan agar pembelajaran kimia, termasuk pembelajaran kimia organik di perguruan tinggi, mengkaji tiga level kimia (makroskopis, submikroskopis, dan simbolik) secara utuh (Ben-Zvi *et al.*, 1987; Johnstone, 1991; Treagust *et al.*, 2003; Talanquer, 2011). Pembelajaran kimia yang hanya menyentuh level makroskopis dan simbolik, tanpa penjelasan pada level submikroskopis, cenderung akan menjadi bahan hafalan dan tidak bermanfaat bagi mahasiswa (Tasker & Dalton, 2006; Suja, 2011). Untuk mengantisipasi hal itu, pembelajaran kimia organik semestinya melibatkan keterampilan berpikir kritis

untuk membangun hubungan antara struktur molekul dengan sifat senyawanya menggunakan bahasa simbolik kimia. Irisan interkoneksi pemahaman tiga level kimia oleh Devetak *et al.* (2009) dilabel sebagai **model mental** kimia.

Model mental merupakan representasi intrinsik dari objek, ide, atau proses yang muncul selama berlangsung proses kognitif untuk memberikan alasan, menggambarkan, menjelaskan atau memprediksi sebuah fenomena (Wang, 2007). Model mental dibangun melalui persepsi, imajinasi, atau pemahaman wacana ilmiah (Jansoon, 2009). Pembentukan model mental mahasiswa dipengaruhi oleh pengalaman dan pengetahuan awal, sikap dan keyakinan,

serta persoalan-persoalan yang dihadapinya. Model mental terbentuk tidak sekali jadi, tetapi tetap ada dalam proses menjadi (*being and becoming*). Model mental yang dihasilkan menjadi semakin berkembang dan rumit serta sering dimodifikasi dengan menambah, menghapus, dan memodifikasi konsep, fitur, dan hubungannya. Menurut Chittleborough (2004), model mental tentang konsep-konsep kimia dibangun melalui pengamatan, penafsiran dan penjelasan yang mereka gunakan untuk menggambarkan pemahamannya tentang level submikroskopis kimia.

Pembelajaran Kimia Organik akan bermakna, menyenangkan, dan berkelanjutan jika mampu membangun model mental mahasiswa berkaitan dengan interkoneksi ketiga level tersebut. Mengingat model mental memiliki sifat kompleks, maka diperlukan berbagai instrumen untuk menggalinya. Instrumen tersebut harus mampu mengeksplorasi apayang ada dalam pikiran pebelajar terkait dengankonsep-konsep yang diujikan. Tes semacam itu sering dikenal dengan istilah tes diagnostikmodel mental. Berbagai instrumen yang biasa digunakan dalam penelitian model mental adalah tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat (*two-tier test*), pertanyaan terbuka dengan gambar dan deskripsi, wawancara dengan pertanyaan menyelidik (sering dilengkapi gambar dan deskripsi dari orang yang diwawancarai), wawancara dengan model bergambar (untuk memperoleh model yang disukai pebelajar), wawancara dengan penyajian masalah, dan observasi kelas (Coll, 2008; Jansoon, Coll & Somsook, 2009; Wang & Barrow, 2010; serta Lin & Chiu, 2010).

Menurut Michael (2004), pembelajaran akan bermakna jika melibatkan pemahaman yang diperoleh melalui pembentukan model mental yang tepat (model ilmiah) dan menggunakannya untuk memecahkan masalah. Walaupun menjadi penentu kesuksesan seseorang dalam memahami materi kimia, sampai saat ini di Indonesia belum ada kelompok peneliti yang fokus pada pengembangan instrumen model mental kimia, apalagi dalam bidang kimia

organik. Untuk itu, penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menghasilkan perangkat tes yang dapat digunakan untuk mengukur model mental mahasiswa dalam memahami struktur dan sifat senyawa organik, serta mengidentifikasi berbagai model mental alternatifnya. Setiap butir soal terdiri atas bagian isi dan bagian alasan. Bagian isi memuat pilihan jawaban yang telah disediakan berkaitan dengan masalah yang dikemukakan, sedangkan bagian alasan menuntut mahasiswa agar memberikan penjelasan verbal pada level submikroskopis dilengkapi dengan gambar struktur molekul dan interaksinya pada level simbolik

## 2. Metode

Penelitian ini dirancang mengikuti alur pemikiran penelitian pengembangan perangkat pembelajaran model 4-D (*define, design, develop, dan disseminate*) oleh Thiagarajan, *etal.* (1974), melalui tahap-tahap berikut: 1) analisis kebutuhan, 2) penyusunan kisi-kisi soal, 3) penyusunan soal dan perangkatnya, 4) validasi ahli (pakar), 5) uji coba skala kecil (uji terbatas), 6) uji coba lapangan (skala luas), 7) analisis data hasil penelitian, serta 8) pelaporan dan publikasi hasil penelitian.

Penelitian dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas MIPA, Undiksha Singaraja pada semester genap tahun ajaran 2015/2016. Responden yang dilibatkan adalah mahasiswa yang sudah lulus Kimia Organik I dan sedang mengikuti mata kuliah Kimia Organik II, sebanyak 37 orang.

Hasil validasi ahli dianalisis berdasarkan kriteria Lawshe (Cohen & Swerdik, 2010), dengan validitas minimum 0,60; dihitung menggunakan rumus *content validity rasio* (CVR).

$$CVR = \frac{n_e - (N/2)}{N/2}$$

Dalam hal ini, CVR = ratio validitas isi,  $n_e$  = jumlah ahli yang menyatakan esensial (setuju/layak), dan N = jumlah total ahli.

Validitas empiris ditentukan berdasarkan validitas internal soal, yang diukur melalui perhitungan kesesuaian

antara butir soal dengan perangkat tes secara keseluruhan menggunakan rumus korelasi *product moment* oleh Pearson (Arikunto, 2006) sebagai berikut.

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2) - (\sum y^2)}}$$

Dalam hal ini,  $r_{xy}$  = korelasi butir soal dengan tes keseluruhan,  $x = X - \bar{X}$ ,  $y = Y - \bar{Y}$ ,  $X$  = skor butir soal,  $\bar{X}$  = rerata  $X$ ,  $Y$  = skor total, dan  $\bar{Y}$  = rerata  $Y$ . Harga  $r_{xy}$  dihitung dengan program SPSS versi 17,0. Suatu butir soal dinyatakan valid jika pada kolom *Corrected Item - Total Correlation* pada *out put* SPSS menunjukkan nilai  $> 0,30$ .

Reliabilitas perangkat soal ditentukan dengan koefisien reliabilitas (tergolong koefisien korelasi) dan dihitung dari satu kali tes, berdasarkan konsistensi jawaban dalam tes tersebut. Menurut Arikunto (2006), reliabilitas instrumen dalam bentuk soal uraian dapat ditentukan dengan menggunakan rumus Alpha:

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1}\right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2}\right)$$

Dalam hal ini,  $r_{11}$  = reliabilitas instrumen,  $k$  = banyaknya butir soal,  $\sum \sigma_b^2$  = jumlah varian butir, dan  $\sigma_t^2$  = varians total. Pengolahan data dilakukan dengan SPSS versi 17,0. Perangkat tes dinyatakan reliabel jika menunjukkan koefisien reliabilitas  $r_{11} > 0,60$ , dengan tingkat hubungan minimal tergolong tinggi (Sugiyono, 2008).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Perangkat tes yang dikembangkan dalam penelitian ini terdiri atas 10 butir soal pilihan ganda dengan alasan dua tingkat (*two-tier*). Kisi-kisi kesepuluh butir soal tersebut berkaitan dengan hubungan antara struktur molekul dengan sifat senyawanya, seperti: daya hantar listrik larutan, kepolaran, kestabilan, titik didih, aktivitas optik, keasaman, kelarutan, kebiasaan, titik leleh, dan berbagai sifat fisika senyawa yang dapat diamati dalam identifikasi senyawa organik. Ruang lingkup materi tes model mental kimia organik ini mencakup seluruh subpokok

bahasan “Struktur dan Sifat Senyawa Organik” pada mata kuliah Kimia Organik I.

Draf perangkat tes yang telah disusun pada tahap perancangan (*design*) divalidasi oleh dua orang ahli yang menguasai materi dan pembelajaran kimia organik sebelum uji coba terbatas. Data validitas teoritis dan empiris setiap butir soal model mental yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Validitas Teoritis dan Empiris Tes Diagnostik Model Mental

No Soal	Indikator	Val teori (CVR)	Val emp ( $r_{xy}$ )
1	Menentukan daya hantar listrik larutan senyawa organik.	1	0,439
2	Menentukan polaritas senyawa organohalida.	1	0,653
3	Membandingkan kestabilan isomer <i>cis-trans</i> sikloheksana terdisubstitusi.	1	0,585
4	Membandingkan titik didih alkuna dan alkana.	1	0,480
5	Menentukan aktivitas optis senyawa organik.	1	0,431
6	Menjelaskan sifat asam larutan fenol dalam air.	1	0,450
7	Membandingkan kelarutan alkohol dan eter.	1	0,563
8	Mengidentifikasi senyawa aldehida dalam sampel.	1	0,498
9	Menentukan kebiasaan alkilamina dengan reaksi asam-basa.	1	0,437
10	Membandingkan titik leleh asam maleat dan asam fumarat (asam dikarboksilat)	1	0,427

Data dalam Tabel 1 di atas menunjukkan nilai CVR setiap butir soal model mental adalah 1, sehingga layak diujicobakan.

Analisis validitas empiris dan reliabilitas soal tes model mental dilakukan dengan menggunakan SPSS 17,0. Rekap data hasil analisis setiap butir soal sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 1 di atas menunjukkan harga koefisien validitas (*Corrected Item-Total Correlation*) >0,30. Data tersebut menunjukkan kesepuluh butir soal model mental tersebut tergolong valid. Reliabilitas soal tes model mental tersebut juga ditentukan berdasarkan hasil *output* SPSS 17,0 menggunakan rumus *alpha Cronbach*, dan menunjukkan harga  $r_{11} = 0,649$ . Data tersebut mengindikasikan tes diagnostik model mental kimia tersebut bersifat reliabel untuk digunakan mengukur model mental mahasiswa tentang korelasi struktur dan sifat senyawa organik.

Selain menghasilkan perangkat tes yang layak digunakan untuk mengukur model mental kimia mahasiswa, penelitian ini juga menemukan berbagai model mental alternatif, yang kebenarannya tidak dapat diterima secara ilmiah. Beberapa model mental alternatif yang ditemukan dalam uji coba tes ini adalah sebagai berikut.

Pertama, mahasiswa mengetahui larutan asam metanoat bersifat elektrolit, namun tidak mampu menjelaskan apa yang terjadi pada tingkat molekuler, khususnya berkaitan dengan terbentuknya gelembung-gelembung gas pada ke dua elektroda. Mahasiswa hanya menjelaskan, asam metanoat tergolong asam lemah, terbukti lampu menyala redup. Temuan tersebut menunjukkan mahasiswa tidak mampu mengelaborasi sifat elektrolit larutan asam metanoat dengan terjadinya reaksi elektrolisis. Ionisasi molekul-molekul asam metanoat dalam air bersifat parsial, menghasilkan sedikit ion, sehingga daya hantar listriknya lemah (lampu menyala redup). Reaksi ionisasi dan elektrolisis asam metanoat dalam air adalah sebagai berikut.

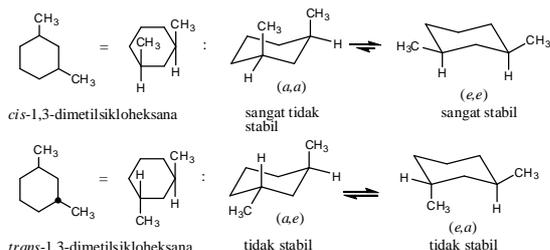
- Ionisasi:  $\text{HCOOH}(aq) \rightleftharpoons \text{HCOO}^-(aq) + \text{H}^+(aq)$
- Reaksi di katoda (-):  $4\text{H}^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2\text{H}_2(g)$

- Reaksi di anoda (+) :  $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 4\text{H}^+(aq) + \text{O}_2(g) + 4e^-$

Reaksi elektrolisis di atas menunjukkan di katoda terbentuk gas hidrogen, dan di anoda terbentuk gas oksigen.

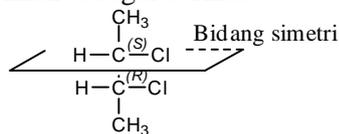
Kedua, sebagian besar mahasiswa mengetahui aliran cairan karbon tetra-klorida ( $\text{CCl}_4$ ) tidak terpengaruh oleh medan listrik. Fenomena tersebut menunjukkan mereka mengetahui  $\text{CCl}_4$  bersifat non polar. Penjelasan yang dikemukakan berkaitan dengan bentuk molekul  $\text{CCl}_4$  yang bersifat simetris. Temuan tersebut menunjukkan adanya kekeliruan argumentasi dalam menentukan polaritas senyawa. Tidak semua molekul simetris bersifat non polar, contoh: molekul air bersifat simetris, tetapi polar. Polaritas senyawa ditentukan dari momen dipolnya, yaitu jumlah vektor seluruh momen ikatan dalam struktur molekulnya. Penentuan jumlah vektor momen ikatan ditentukan dari rumus struktur tiga dimensi (bentuk molekul), bukan dari struktur Lewisnya. Molekul  $\text{CCl}_4$  berbentuk tetrahedral dengan jumlah vektor momen ikatan = 0, sehingga bersifat nonpolar (Suja, 2014).

Ketiga, sebagian mahasiswa menyatakan isomer *trans*-1,3-dimetilsiklo-heksana lebih stabil dibandingkan dengan isomer *cis*-nya karena pada isomer *trans* kedua gugus metilnya terletak pada sisi berseberangan, sehingga gaya tolak-menolaknya minimal. Pandangan tersebut menunjukkan mahasiswa tidak memahami konformasi kedua isomer tersebut. Isomer *cis*-1,3-dimetilsikloheksana lebih stabil daripada isomer *trans*-nya karena konformasi senyawa tersebut bisa menyebabkan kedua gugus metil yang terikat pada cincin sikloheksana ada pada orientasi ekuatorial-ekuatorial (*e,e*), sehingga tidak terjadi tolakan 1,3-diaksial dengan atom  $\text{H}_\beta$  aksial (Fessenden & Fessenden, 1989).



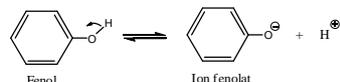
Keempat, sebagian mahasiswa memandang titik didih propana lebih tinggi daripada propuna karena massa molekul relatif propana lebih besar, sehingga gaya tarik antar molekulnya lebih kuat. Mahasiswa lainnya memandang titik didih propuna lebih tinggi karena diperlukan lebih banyak energi untuk memutuskan ikatan rangkap tiga pada propuna. Sesungguhnya, titik didih propuna lebih tinggi daripada propana. Ikatan rangkap tiga terminal pada molekul propuna memungkinkan terjadinya polarisasi muatan, sehingga terjadi interaksi dipol-dipol. Antar molekul propana hanya terjadi interaksi nondipol (gaya London) yang sangat lemah. Kondisi itu menyebabkan titik didih propuna lebih tinggi daripada propana (Suja, 2014).

Kelima, sebagian kecil mahasiswa menyatakan bentuk meso 2,3-diklorobutana bersifat optis aktif, dengan alasan senyawa tersebut mengandung atom karbon kiral. Kiralitas senyawa tidak hanya ditentukan oleh keberadaan atom C asimetris, tetapi juga oleh bentuk simetrinya. Senyawa meso 2,3-diklorobutana memiliki bidang simetri, sehingga bersifat optis inaktif. Bidang simetri meso 2,3-diklorobutana dapat ditampilkan sebagai berikut.

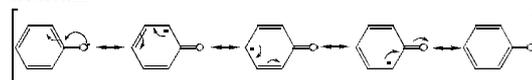


Keenam, seluruh mahasiswa mengetahui larutan fenol dapat mengubah warna kertas lakmus biru menjadi merah, yang menunjukkan larutan tersebut bersifat asam. Penjelasan yang dikemukakan hanya karena fenol terionisasi dalam air menghasilkan ion H<sup>+</sup>. Sesungguhnya, fenol terionisasi parsial di dalam air melepaskan gugus H<sup>+</sup>

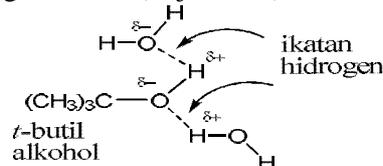
dan anion fenolat yang distabilkan oleh sistem resonansi. Terbentuknya ion fenolat yang stabil menyebabkan reaksi bergeser ke arah pembentukan ion H<sup>+</sup>. Ionisasi fenol:



Bentuk-bentuk resonan anion fenolat adalah:



Ketujuh, mahasiswa mengetahui *t*-butil alkohol lebih mudah larut dalam air dibandingkan dengan dietil eter. Argumentasi yang dikemukakan, alkohol lebih polar daripada eter. Tidak ada penjelasan berkaitan dengan jenis interaksi yang terjadi antara molekul-molekul pelarut dan zat terlarutnya. Sesungguhnya, antar molekul-molekul *t*-butil alkohol dan molekul-molekul air terjadi ikatan hidrogen sebagai berikut (Suja, 2014).

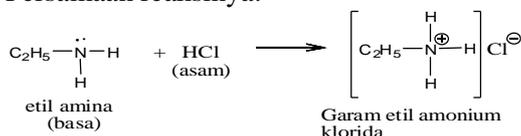


Ikatan hidrogen tidak bisa terbentuk antara molekul-molekul dietil eter dan air.

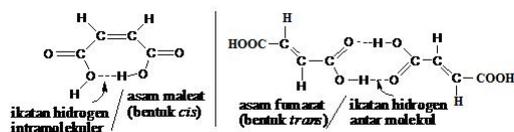
Kedelapan, sebagian besar mahasiswa tidak mampu mengidentifikasi senyawa C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O berdasarkan data yang diberikan. Sebagian mahasiswa menyebutkan senyawa tersebut adalah propanal, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CHO, tetapi tidak bisa memberikan penjelasan pada tingkat submikroskopis berkaitan dengan data yang diberikan pada level makroskopis. Kondisi itu menunjukkan model mental mahasiswa tentang struktur dan sifat senyawa propanal tidak utuh.

Kesembilan, sebagian mahasiswa memandang etilamina bereaksi dengan NaOH menurut reaksi: C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub> + NaOH → C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NHNa + H<sub>2</sub>O. Mahasiswa memandang atom H pada gugus amina dapat dilepaskan ketika diserang oleh gugus hidroksil (OH) membentuk molekul air. Mahasiswa memperlakukan seolah-olah terjadi reaksi asam-basa Arrhenius antara NaOH (bersifat basa) dengan C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub> yang dipaksakan bersifat

asam karena mengandung atom hidrogen (Suja, 2014). Sesungguhnya, etilamina tidak bereaksi dengan NaOH, tetapi dengan HCl. Sebagai turunan amoniak, etilamina bersifat basa (basa Lewis) sehingga bereaksi asam-basa dengan HCl. Persamaan reaksinya:



Kesepuluh, sebagian mahasiswa memandang titik leleh asam fumarat (asam *trans*-1,4-butendioat) lebih tinggi daripada asam maleat (isomer *cis*) dengan alasan bentuk *trans* lebih stabil daripada bentuk *cis*-nya. Kestabilan merupakan sifat fisik (level makroskopis), sehingga tidak dapat digunakan untuk menjelaskan titik leleh, yang juga bersifat makroskopis. Titik leleh ditentukan oleh gaya tarik antar molekul-molekulnya. Dalam kasus ini, asam fumarat memiliki titik leleh lebih tinggi daripada asam maleat karena antar molekul asam fumarat bisaterjadi ikatan hidrogen, sehingga diperlukan energi yang lebih besar untuk memutuskan ikatan antar molekulnya. Sebaliknya, pada molekul asam maleat terjadi ikatan hidrogen intramolekuler, yang mengurangi kemungkinan terjadinya ikatan hidrogen antar molekul. Pembentukan ikatan hidrogen intramolekuler dan antar molekul pada asam maleat dan fumarat dapat digambarkan sebagai berikut.



Temuan tentang model mental alternatif pada penelitian ini menunjukkan ketidakmampuan mahasiswa untuk menggunakan konsep-konsep dasar kimia, seperti ikatan hidrogen, elektrolisis, dan vektor, untuk menjelaskan sifat senyawa (level makroskopis). Mahasiswa cenderung memandang ketiga level kimia sebagai aspek-aspek terpisah karena ketidakmampuannya untuk membangun interkoneksi tripet kimia sebagai dasar model mental ilmiah (model konseptual).

Kondisi itu sejalan dengan temuan Graulic (2015), yang menyatakan mahasiswa kelas kimia organik memiliki konsepsi alternatif berkaitan dengan ikatan hidrogen, sehingga tidak mampu menjelaskan perbedaan titik didih dan berbagai efeknya pada spektroskopi NMR dan IR, serta pengaruhnya pada berbagai reaksi kimia organik, misalnya berk [skor = 3] halangan sterik. Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian Jansoon *et al.* (2009) di Thailand, yang menunjukkan mahasiswa kurang mampu mengaitkan ketiga level kimia untuk menjelaskan fenomena makroskopis kimia pada level submikroskopis dan simbolik.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan permasalahan dan pembahasan di depan dapat diambil simpulan sebagai berikut. **Pertama**, penelitian ini telah berhasil mengembangkan perangkat tes diagnostik model mental mahasiswa calon guru kimia tentang korelasi struktur dan sifat senyawa organik, yang terdiri dari 10 butir soal pilihan ganda beralasan. Validasi oleh tim ahli menunjukkan perangkat tes tersebut layak digunakan untuk mengukur model mental mahasiswa (nilai CVR setiap butir soal = 1). Hasil uji coba lapangan menunjukkan, seluruh butir soal tersebut tergolong valid ( $r_{xy} = 0,427 - 0,653$ ) dan reliabilitasnya tergolong tinggi ( $r_{11} = 0,649$ ). Dengan demikian, perangkat tes diagnostik tersebut layak digunakan untuk mengukur model mental mahasiswa tentang korelasi struktur dan sifat senyawa organik. **Kedua**, sebagian mahasiswa memiliki model mental alternatif berkaitan dengan struktur dan sifat senyawa organik. Kondisi itu disebabkan oleh ketidakmampuan mahasiswa menggunakan konsep-konsep dasar kimia untuk menjelaskan sifat senyawa organik, dan membangun sendiri interkoneksi di antara ketiga level kimia tersebut.

#### 5. Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Rektor dan pimpinan LP2M Undiksha

yang telah mendanai penelitian ini melalui Dana DIPA Undiksha tahun 2016.

## 6. Daftar Pustaka

- Arikunto, S., 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. 6<sup>th</sup>. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J., 1987. Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, **63**(1): 64 – 66.
- 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*.
- Cohen, R.J., & Swerdik, M.E., 2010. *Psychological Testing and Assessment*. 7<sup>th</sup> Ed. McGraw-Hill International Edition. Singapore.
- Coll, R.K., 2008. Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, **5**(1).
- Devetak, I., Erna D.L., Mojca J., & Sasa A.G., 2009. Comparing Slovenian year 8 and year 9 elementary school pupils' knowledge of electrolyte chemistry and their intrinsic motivation. *Chem. Educ. Res. Pract.*, **10**: 281–290.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S., 1989. *Kimia Organik*. Jilid 1. Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Graulich, N., 2015. The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chem. Educ. Res. Pract.*, **16**: 9 - 21.
- Jansoon, N. Coll, R. K., & Somsook, E., 2009. "Understanding Mental Models of Dilution in Thai Students." *International Journal of Environmental & Science Education*, **4**(2): 147-168.
- Jansoon, N., 2009. Understanding Mental Models of Dilution in Thai Students. *International Journal of Environmental & Science Education*, **4**(2): 147 – 168.
- Johnstone, 1991. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, **7**: 75 – 83.
- Lin, J. W. & Chiu, M. H. 2007. "Exploring the Characteristics and Diverse Source of Students' Mental Models of Acids and Bases". *International Journal of Science Education*, **29** (6), 771 – 803.
- Michael, J. A., 2004. Mental Models and Meaningful Learning. *JVME*, **31**(1): 227 – 231.
- Sugiyono, 2008. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D)*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Suja, I W., 2011. Membangun Pedagogical Content Knowledge Berbasis Anumana dan Upamana Pramana dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*. **1**(2): 46 – 63.
- Suja, I W., 2014. *Kimia Organik I*. Singaraja: Jurusan Pendidikan Kimia Undiksha.
- Suja, I W., 2015. Model Mental Mahasiswa Calon Guru Kimia dalam Memahami Bahan Kajian Stereokimia. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, **4**(2): 625 – 638.
- Talanquer, V., 2011. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet." *International Journal of Science Education*, **33**(2): 179–195.

- Tasker, D., & Dalton, R., 2006. Research into Practice: visualization of the molecular world using animations. *Chem. Educ. Res. Prac.*, **7**: 141 – 159.
- Thiagarajan, S., Semmel, D.S., & Semmel, M.L., 1974. *Instructional Development for Training Teacher of Exceptional Children*. Minnesota: Indiana University.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamiala, T. L., 2003. The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. *International Journal of Science Education*, **25**: 1353 – 1368.
- Wang, C. Y. & Barrow, L. H. 2010. “Characteristics and Levels of Sophistication: An Analysis of Chemistry Students’ Ability to Think with Mental Models”. *Research Science Education*. DOI 10.1007/s11165-010-9180-7.
- 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*.