

ISOMERISME: ADAKAH YANG MISKONSEPSI?

Syahrial

FKIP Unsyiah Banda Aceh
syahrialmursyad@unsyiah.ac.id

Sri Winarni

FKIP Unsyiah Banda Aceh

Abstract

Nine articles have been analyzed containing research results on misconceptions about isomerism. Analysis was conducted to examine the potential to causes emergence of the misconception. The analysis result are expected to be useful for teachers in learning for the same concepts. At least the teacher can avoid misconceptions that have happened before and innovate to find the right learning strategy. Isomerism can be categorized as a defined concept so that students are expected to be able to use rules for the purpose of classifying objects or events. The analysis showed 31 misconceptions experienced by grade 11 students to prospective chemistry teachers on isomerism concept. Thirty-one misconceptions are classified into three groups based on students' abilities needed to understand the concept of isomerism. The three groups are: (1) understanding the definition and application of rules; (2) spatial understanding; and (3) microscopic understanding. At this time only eleven misunderstandings were discussed, namely misunderstandings whose causes belong to the group (1). As an indicator caused misconception is inability of the sample to classify objects/events based on the attributes or characters indicated by the object/event. To teach a defined concept, it is recommended to use a strategy that contains detailed explanatory definitions and rules, examples and non-examples, and the elaboration process. In order to increase student reasoning, it is recommended to use a isomerism concept logic scheme

Keyword: isomerism, defined concept, misconceptions, rule.

Abstrak

Sembilan artikel telah dianalisis yang berisi hasil penelitian tentang miskonsepsi tentang isomerisme. Analisis dilakukan untuk mengetahui potensi penyebab munculnya miskonsepsi. Hasil analisis diharapkan dapat bermanfaat bagi guru dalam pembelajaran konsep yang sama. Setidaknya guru dapat menghindari miskonsepsi yang pernah terjadi sebelumnya dan berinovasi untuk menemukan strategi pembelajaran yang tepat. Isomerisme dapat dikategorikan sebagai konsep yang didefinisikan sehingga diharapkan siswa mampu menggunakan aturan untuk tujuan mengklasifikasikan objek atau peristiwa. Hasil analisis menunjukkan 31 miskonsepsi yang dialami siswa kelas 11 terhadap calon guru kimia konsep isomerisme. Tiga puluh satu miskonsepsi diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan kemampuan siswa yang diperlukan untuk memahami konsep isomerisme. Ketiga kelompok tersebut adalah: (1) memahami definisi dan penerapan aturan; (2) pemahaman spasial; dan (3) pemahaman mikroskopis. Saat ini hanya sebelas kesalahpahaman yang dibahas, yaitu kesalahpahaman yang penyebabnya termasuk ke dalam kelompok (1). Sebagai salah satu indikator yang menyebabkan miskonsepsi adalah ketidakmampuan sampel untuk mengklasifikasikan objek / kejadian berdasarkan atribut atau karakter yang ditunjukkan oleh objek / kejadian tersebut. Untuk mengajarkan konsep yang telah ditentukan, disarankan untuk menggunakan strategi yang berisi definisi penjelasan dan aturan rinci, contoh dan non-contoh, dan proses elaborasi. Untuk meningkatkan penalaran siswa, disarankan untuk menggunakan skema logika konsep isomerisme

Kata kunci: isomerisme, konsep terdefinisi, miskonsepsi, aturan.

PENDAHULUAN

Salah konsep atau miskonsepsi (*misconceptions*) didefinisikan sebagai pandangan atau pemahaman berbeda dari apa yang diterima masyarakat ilmiah.¹ Berbagai istilah digunakan oleh para peneliti untuk menyatakan miskonsepsi seperti *alternative conception*, *preconception* dan *naïve conception*.² Jika demikian, miskonsepsi mungkin saja terjadi pada setiap bidang ilmu dan berlaku lintas negara serta budaya.³ Miskonsepsi dapat saja dialami oleh setiap orang, tidak mengenal tingkat pendidikan atau usia dan muncul terus-menerus. Keadaan ini mungkin terjadi karena hakikat manusia diciptakan memang sebagai pemikir aktif dan sering dituntut untuk berpikir manakala melihat terjadinya fenomena alam di sekitar mereka.⁴ Berpikir atau menalar sesuatu tanpa didasari oleh pengetahuan dan pemahaman yang benar terhadap pengetahuan tersebut berpotensi menjadi penyebab munculnya miskonsepsi.

Mayoritas ahli pedagogi sepakat bahwa salah satu karakter miskonsepsi yang berbahaya dalam pendidikan adalah sulit dihilangkan (*robust*)⁵, bahkan dapat berulang.⁶ Seseorang yang mengalami miskonsepsi maka berpeluang akan berlanjut

¹ Nakhleh M.B. "Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions". *J Chem Educ.* 1992;69(3):191-196. doi:10.1021/ed069p191

² Robitu C. Model Based Teaching and Learning in The High School Chemistry Laboratory. *Magister Thesis.* California State University, Fullerton. 2011

³ Chiu M-H. Localization, Regionalization, and Globalization of Chemistry Education. *Aust J Educ Chem.* 2012;72.

⁴ Posner G, Strike K, Hewson P, Gertzog W. *Sci Educ.* 1992;66(2):211-227.

⁵ Chi M.T.H. Commonsense Conceptions of Emergent Processes: Why Some Misconceptions are Robust. *J Learn Sci.* 2005;14(2):161-199. doi:10.1207/s15327809jls1402

⁶ Luz M.R.M.P, Oliveira GA, Poian ATD. Glucose as the Sole Metabolic Fuel: Overcoming A Misconception Using Conceptual Change to Teach The Energy-Yielding Metabolism to Brazilian High School Students. *Biochem Mol Biol Educ.* 2013;41(4):224-231. doi:10.1002/bmb.20702

atau dengan kata lain dapat menimbulkan miskonsepsi selanjutnya karena untuk dapat memahami konsep baru, maka sangat bergantung kepada konsep prasyarat yang mendasarinya.⁷ Oleh sebab itu, miskonsepsi yang terjadi pada suatu konsep penting diketahui oleh guru sebelum membelajarkannya. Untuk dapat mengetahui miskonsepsi yang dialami siswa pada suatu konsep, maka guru harus menggali dari berbagai sumber seperti laporan penelitian, artikel jurnal, buku atau melakukan penelitian sendiri.

Penelitian tentang miskonsepsi berbagai konsep dalam kimia telah banyak dilakukan oleh peneliti seperti sifat koligatif,⁸ ikatan kimia,⁹ laju reaksi,¹⁰ kesetimbangan,¹¹ stoikiometri,¹² dan banyak lainnya. Akan tetapi artikel hasil penelitian yang melaporkan tentang miskonsepsi pada kimia organik masih sangat terbatas. Padahal molekul organik dipelajari siswa sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi. Kimia organik dikenal juga sebagai bagian dari ilmu kimia yang kurang digemari serta ditakuti pebelajar kimia.¹³ Oleh sebab itu, perlu dilakukan

⁷ Winarni, S., & Syahrial. Miskonsepsi Kimia yang Disebabkan Pernyataan Nonproposisi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 2016. 4(4), 122–129. <https://doi.org/10.17977/jps.v4i4.8195>

⁸ Winarni, S. Keefektifan Approval Concept Strategy dalam Mencegah Miskonsepsi Materi Sifat Koligatif Larutan. *Disertasi*, Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang, 2019. Tidak Diterbitkan

⁹ Özmen H. Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. *J Sci Educ Technol*. 2004;13(2):147-159. doi:10.1023/b:jost.0000031255.92943.6d

¹⁰ Kolomuç A, Tekin S. Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate. *Eurasian J Phys Chem Educ*. 2017;3(2):84-101.

¹¹ Hackling M.W, Garnett P.J. Misconceptions of Chemical Equilibrium. *Eur J Sci Educ*. 1985;7(2):205-214.

¹² Huddle P.A, Pillay A.E. An In-Depth Study of Misconceptions in Stoichiometry and Chemical Equilibrium at a South African University. *J Res Sci Teach*. 1996;33(1):65-77

¹³ Kurbanoğlu N, Akin A. The Relationships Between University Students' Organic Chemistry Anxiety, Chemistry Attitudes,

penelitian tentang miskonsepsi pada kimia organik atau paling tidak menghimpun sebanyak mungkin informasi tentang miskonsepsi yang telah dilaporkan sebelumnya oleh para peneliti. Hasil penelitian maupun hasil telaah diharapkan dapat menjadi rujukan guru dalam membelajarkan berbagai konsep kimia organik dan dapat menghindar dari miskonsepsi.

Pada artikel ini akan dibahas sejumlah miskonsepsi yang terjadi pada konsep isomerisme berdasarkan 9 artikel hasil penelitian. Miskonsepsi yang dibahas kali ini adalah yang diduga disebabkan oleh lemahnya pemahaman terhadap definisi dan aturan. Isomerisme merupakan satu konsep yang ada pada kimia organik dan ditemukan juga di beberapa pembahasan materi kimia anorganik, seperti pada senyawa kompleks. Seluruh artikel yang dibahas diperoleh dari *Google Scholar*, Perpustakaan Nasional, ERIC (*Education Resources Information Center*), Mendeley, dan *Research Gate*. Adapun kata kunci yang digunakan adalah *isomerism*, *misconception on isomerism*, *misconceptions on alkene*, *misconception on alcohol*, dan *misconception on stereochemistry*.

PEMBAHASAN

Ada 31 miskonsepsi yang dapat teridentifikasi dari 9 artikel yang memuat hasil penelitian tentang miskonsepsi isomerisme. Tiga puluh satu miskonsepsi tersebut dialami oleh siswa grade 11-13 hingga calon guru kimia. Secara umum fenomena ini membuktikan bahwa miskonsepsi isomerisme dapat saja dialami oleh setiap tingkat siswa meskipun kualitasnya saling berbeda. Sebagai contoh siswa grade 12 berpendapat bahwa “Jika ikatan rangkap terletak pada posisi berbeda pada suatu alkena yang memiliki jumlah atom C sama, maka struktur tersebut bukan suatu isomer”. Miskonsepsi ini tidak dialami oleh mahasiswa dan calon guru kimia.

Untuk memudahkan pembahasan, maka miskonsepsi yang teridentifikasi diklasifikasikan menjadi tiga kelompok. Klasifikasi dilakukan berdasarkan rumpun kemampuan yang

and Self-Efficacy: a Structural Equation Model. *J Balt Sci Educ.* 2012;11(4):347-356. doi:10.14221/ajte.2010v35n8.4

semestinya dimiliki atau dipahami siswa agar benar memahami konsep isomerisme. Kelompok tersebut adalah (1) pemahaman definisi dan penerapan aturan; (2) pemahaman spasial; dan (3) pemahaman mikroskopik. Pada kali ini akan dibahas secara terperinci tentang miskonsepsi kelompok pertama.

Pemahaman definisi dan penerapan peraturan

Selain konsep terdefinisi, ilmu kimia tersusun atas konsep-konsep yang pada umumnya bersifat abstrak^{14,15}, sehingga dapat menjadi kendala bagi siswa yang belum mencapai tingkat berpikir formal untuk mempelajarinya.¹⁶ Jika tidak memiliki atribut konkrit/fisik, maka konsep abstrak mungkin saja dikategorikan sebagai konsep terdefinisi.¹⁷ Konsep terdefinisi perlu dijelaskan secara terperinci karena menurut Jacka¹⁸ konsep tersebut termasuk jenis aturan yang bertujuan untuk mengklasifikasikan objek atau peristiwa.

Hasil analisis menunjukkan ada 11 miskonsepsi yang diduga terjadi karena siswa tidak memahami definisi atau aturan yang berlaku. Secara terperinci ke-11 miskonsepsi tersebut dapat dicermati pada Tabel 2. Ciri-ciri yang diperlihatkan adalah ketidakmampuan mengelompokkan objek/peristiwa berdasarkan atribut atau karakter yang ditunjukkan objek/peristiwa tersebut. Miskonsepsi no 1-9 semestinya tidak terjadi jika siswa memahami definisi dan aturan tentang isomer, rumus molekul,

¹⁴ Henriksen B, Neppel A. Full-Motion Videos: Bringing Abstract Chemical Concepts to Life in the Classroom. *Curr Pharm Teach Learn*. 2014;6(3):380-385. doi:10.1016/j.cptl.2014.02.006

¹⁵ Becker N, Stanford C, Towns M, Cole R. Translating Across Macroscopic, Submicroscopic, and Symbolic Levels: The Role Of Instructor Facilitation in an Inquiry-Oriented Physical Chemistry Class. *Chem Educ Res Pract*. 2015;16(4):769-785. doi:10.1039/c5rp00064e

¹⁶ Syahrial. Strategi Pengembangan Logika dan Spasial (SPLaS) untuk Membangun Pemahaman Konsep Kimia Organik, *Disertasi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Tidak dipublikasikan., 2019.

¹⁷ Zimmerman B.J, Schunk D.H, eds. *Educational Psychology: A Century Of Contributions*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc; 2003.

¹⁸ Jacka B. The Teaching of Defined Concepts: A Test of Gagné and Briggs' Model of Instructional Design. *J Educ Res* . 1985;78(4). doi:10.1080/00220671.1985.1088560

isomer konstitusional, pusat khiral, isomer *cis-trans*, dan enansiomer. Untuk mengajarkan atau belajar konsep kita dapat menggunakan strategi yang diusulkan oleh Tennyson dan Cocchiarella.¹⁹ Salah satu tahap yang harus benar-benar menjadi perhatian dari strategi yang diusulkan tersebut adalah mengelaborasi informasi, dalam hal ini definisi atau aturan. Definisi rumus molekul yang memuat kata “komposisi” harus dimaknai sebagai “jumlah dan jenis atom saja”. Jika jumlah dan jenis atom penyusun yang ditampilkan dua rumus molekul itu sama, maka kedua rumus molekul tersebut adalah identik, misal $C_4H_{10}O$ dengan C_4H_9OH . Dalam kimia organik memang dikenal ada dua kemungkinan menuliskan rumus molekul yaitu (1) mengumpulkan semua atom sejenis dan (2) menunjukkan gugus fungsional. Sebagai contoh $C_4H_{10}O$ dengan C_4H_9OH . Apabila sudah membicarakan isomer, maka perlu memperhatikan “bagaimana cara atom-atom penyusun molekul tersebut berikatan dan urutan susunan atom-atom membentuk suatu molekul”. Jadi, pada kondisi demikian siswa paham makna dan syarat yang berlaku untuk menggunakan suatu definisi.

Pemahaman terhadap konsep rumus molekul dan isomer menjadi fundamen untuk memahami konsep isomer konstitusional, pusat khiral, isomer *cis-trans*, dan enansiomer. Jika gagal paham, maka berpotensi untuk mengalami miskonsepsi pada konsep yang lebih terdepan. Apabila telah paham, tahap selanjutnya yang harus dilakukan adalah mengelaborasi makna kata konstitusional.

Dalam ilmu kimia kata konstitusional berkaitan dengan kata konstituen yang bermakna “spesies kimia yang ada dalam suatu sistem dan sering disebut komponen”.²⁰ Isomer konstitusional merujuk kepada isomer yang hanya dibedakan oleh kerangka, termasuk letak atau susunan komponen, perbedaan gugus fungsional, dan letak gugus fungsional.

¹⁹Tennyson R.D, Cocchiarella M.J. An Empircally Based Instructional Design Theory for Teaching Concepts. *Rev Educ Res.* 1986;56

²⁰IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology: Gold Book.* Zurich: IUPAC; 2014. doi:10.1002/9783527626854.ch7

Perbedaan susunan atau letak komponen penyusun molekul dapat mengakibatkan perbedaan gugus fungsional. Sebagai contoh untuk molekul yang memiliki komponen penyusun 3 atom C, 8 atom H, dan 1 atom O memiliki dua kemungkinan untuk meletakkan atom O (rumus molekulnya dapat ditulis C_3H_8O atau C_3H_7OH). Kemungkinan pertama meletakkan atom O di antara atom C dan atom H, dan kemungkinan ke dua meletakkan atom O di antara dua atom C. Kemungkinan pertama menghasilkan gugus fungsional alkohol/alkanol dan kemungkinan ke dua menghasilkan gugus fungsional eter/alkoksi. Oleh sebab itu deret homolog alkohol/alkanol adalah isomer konstitusional dengan deret homolog eter/alkoksi, dengan catatan untuk molekul yang memiliki jumlah dan jenis atom penyusun yang sama.

Selain dialami siswa grade 11-13, kesalahan memahami definisi dan aturan juga dialami oleh calon guru kimia. Ironis memang jika calon guru kimia masih mengalami miskonsepsi tentang hal-hal sederhana. Şendur dan Toprak²¹ menemukan kasus ada mahasiswa calon guru kimia gagal paham tentang definisi dan aturan rumus molekul. Mahasiswa tersebut berpendapat (miskonsepsi nomor 3) bahwa rumus umum alkohol monohidrat adalah $C_nH_{2n}O$. Andaikan secara random kita menentukan nilai n adalah 3, maka jumlah masing-masing atom seperti ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1.
Distribusi Masing-Masing Atom Untuk Rumus Umum

Rumus Molekul	N	Jumlah Atom		
		C	H	O
$C_nH_{2n}O$	3	3	6	1

Jika seperti yang ditunjukkan pada Tabel diatas, maka rumus molekul senyawa tersebut adalah C_3H_6O atau jika ingin menunjukkan gugus fungsional alkohol-nya menjadi C_3H_5OH . Ini

²¹ Şendur G, Toprak M. An Analysis of Prospective Teachers ' Understanding Levels and Misconceptions in The Subjects of Organic Chemistry : The Case of Alcohols. *Necatibey Fac Educ Electron J Sci Math Educ*. 2013;7(1):264-301.

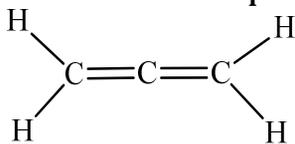
melanggar aturan atau kaedah bahwa setiap atom C dapat membentuk empat ikatan kovalen tunggal. Rumus C_3H_5OH tidak memenuhi aturan tersebut sehingga kita tidak akan pernah menemukan ada senyawa deret homolog alkohol jenuh yang memiliki rumus molekul demikian. Semestinya rumus yang benar adalah $C_nH_{2n+2}O$ sehingga jika nilai $n = 3$, maka rumus molekul menjadi C_3H_8O atau C_3H_7OH . Untuk membedakan antara rumus molekul C_3H_5OH (A, B) dan C_3H_7OH (C) kita dapat memperhatikan rumus struktur berikut. Agar lebih mudah menganalisis kesalahan yang terjadi, maka untuk menggambarkan rumus struktur digunakan model Kekule.

Untuk menentukan ada tidaknya isomerisme konstitusional dari dua atau lebih molekul, cukup menggunakan rumus struktur dua dimensi. Cara menggambarkan rumus strukturnya dapat menggunakan model Kekule atau termampatkan atau garis ikatan. Akan tetapi, untuk menentukan stereoisomer jauh lebih mudah jika menggunakan rumus struktur tiga dimensi. Model penggambaran rumus struktur tiga dimensi yang paling sering digunakan adalah baji-pasak (*wedges and dashes structure*). Model ini menunjukkan komponen yang mendekati dan menjauhi pengamat. Kemampuan menggambarkan berbagai model rumus struktur juga menjadi dasar untuk memahami konsep isomerisme karena berkaitan dengan definisi dan aturan dari masing-masing model tersebut.

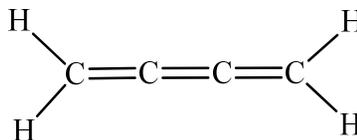
Isomerisme stereo dapat terjadi jika molekul memiliki pusat khiral dan tidak memiliki pusat simetri. Pusat khiral tidak saja disebabkan oleh adanya satu atau lebih atom penyusun mengikat empat atom atau gugus berbeda, tetapi dapat disebabkan oleh dua atom atau lebih secara bersama yang menjadi penyusun suatu molekul.²² Sebagai contoh alena yang tidak ditemukan satupun dari atom penyusunnya menjadi pusat khiral tetapi menunjukkan karakter optik aktif. Akan tetapi tidak demikian dengan kumelena. Dengan demikian jika molekul khiral diletakkan di depan cermin, maka bayangannya tidak dapat ditumpangtindihkan dengan molekul asal, persis seperti fenomena

²² Mislow K.M. *Introduction to Stereochemistry*. New York: Dover Publications, Inc; 2002.

tangan kanan yang memiliki bayangan cermin berupa tangan kiri. Untuk memahami lebih lanjut tentang molekul khiral dibutuhkan pemahaman/kemampuan spasial.



Alena



Kumelena

Meskipun molekul memiliki pusat khiral tetapi jika ditemukan pusat simetri, maka bayangan cerminnya tidak dapat digolongkan sebagai pasangan molekul tersebut atau enansiomer, tetapi dikenal sebagai mesomer. Sedangkan jika dua molekul yang memiliki pusat khiral dan tidak memiliki pusat simetri tetapi bukan bayangan cermin satu dengan lainnya, maka dikenal sebagai diastereomer konfigurasional. Diastereomer lainnya disebut diastereomer *cis-trans* yaitu pasangan molekul yang berbeda struktur/kerangka jika ditinjau dari sudut pandang tiga dimensi. Molekul yang mengalami isomerisme demikian adalah alkana siklik dan alkena. Sekali lagi, untuk memahami stereoisomer tidak sekedar definisi dan aturan tetapi membutuhkan pemahaman/kemampuan spasial.

Implikasi dalam pembelajaran

Membelajarkan konsep terdefinisi seperti isomerisme sebaiknya dilakukan dengan mengikuti tahap yang dianjurkan Tennyson & Cocchiarella yaitu (1) penyajian definisi; (2) pemberian contoh dan non contoh; (3) menjelaskan contoh secara detail; (4) pemberian contoh untuk memeriksa pemahaman siswa; (5) elaborasi; dan (6) penyegaran pemahaman siswa tentang konsep yang dipelajari. Penggunaan peta konsep juga dapat bermanfaat menanamkan pemahaman yang lebih baik kepada siswa.²³

²³ Zoller U. Students' Misunderstandings and Misconceptions in College Freshman Chemistry (General and Organic). *J Res Sci Teach.* 1990;27(10):1053-1065. doi:10.1002/tea.3660271011

Adanya penjelasan tentang penyebab potensial memunculkan miskonsepsi kimia khususnya isomerisme dapat dijadikan pedoman guru pada saat menyusun strategi pembelajaran. Guru dapat juga menyusun skema logika seperti Gambar 2. Skema logika tersebut diharapkan dapat menumbuhkembangkan daya nalar siswa. Logika yang kuat membantu siswa untuk terhindar dari miskonsepsi.

PENUTUP

Miskonsepsi pada konsep isomerisme dialami oleh siswa yang berada hampir di semua tingkat pendidikan. Teridentifikasi ada 11 miskonsepsi dan diduga penyebab potensinya adalah tingkat pemahaman definisi dan aturan yang rendah. Dugaan ini didukung adanya teridentifikasi ketidakmampuan sampel untuk mengelompokkan objek/peristiwa berdasarkan atribut atau karakter yang ditunjukkan oleh sejumlah objek/peristiwa. Oleh karena miskonsepsi bersifat susah dihilangkan dan bahkan berulang, maka guru diharapkan untuk berupaya membelajarkan konsep terdefinisi, seperti isomerisme, dengan menerangkan definisi dan aturan secara terinci dan memberikan contoh dan non contoh.

Daftar Pustaka

- Akkuzu N, Uyulgan MA. An epistemological inquiry into organic chemistry education: Exploration of undergraduate students' conceptual understanding of functional groups. *Chem Educ Res Pract*. 2016;17(1):36-57. doi:10.1039/c5rp00128e
- Becker N, Stanford C, Towns M, Cole R. Translating Across Macroscopic, Submicroscopic, and Symbolic Levels: The Role Of Instructor Facilitation in an Inquiry-Oriented Physical Chemistry Class. *Chem Educ Res Pract*. 2015;16(4):769-785. doi:10.1039/c5rp00064e

- Bryan LCH. Identifying Students' Misconceptions in "A-Level" Organic Chemistry. *J Chem Educ.* 2007.
- Chi M.T.H. Commonsense Conceptions of Emergent Processes: Why Some Misconceptions are Robust. *J Learn Sci.* 2005;14(2):161-199. doi:10.1207/s15327809jls1402
- Chiu M-H. Localization, Regionalization, and Globalization of Chemistry Education. *Aust J Educ Chem.* 2012;72.
- Durmaz M. Determination of Prospective Chemistry Teachers' Cognitive Structures and Misconceptions About Stereochemistry. *Journal of Education and Training Studies,* 2018;6(9):13-20. doi:10.11114/jets.v6i9.3353
- Hackling M.W, Garnett P.J. Misconceptions of Chemical Equilibrium. *Eur J Sci Educ.* 1985;7(2):205-214.
- Henriksen B, Neppel A. Full-Motion Videos : Bringing Abstract Chemical Concepts to Life in the Classroom. *Curr Pharm Teach Learn.* 2014;6(3):380-385. doi:10.1016/j.cptl.2014.02.006
- Huddle P.A, Pillay A.E. An In-Depth Study of Misconceptions in Stoichiometry and Chemical Equilibrium at a South African University. *J Res Sci Teach.* 1996;33(1):65-77
- IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology: Gold Book.* Zurich: IUPAC; 2014. doi:10.1002/9783527626854.ch7
- IUPAC. *Nomenclature of Inorganic Chemistry IUPAC Recommendations 2005.* Zurich: IUPAC; 2005.
- Jacka B. The Teaching of Defined Concepts: A Test of Gagné and Briggs' Model of Instructional Design. *J Educ Res.* 1985;78(4). doi:10.1080/00220671.1985.1088560
- Karsli F, Yigit M. Effectiveness of the REACT Strategy on 12th Grade Students' Understanding of the Alkenes Concept. *Res Sci Technol Educ.* 2017;35(3):274-291. doi:10.1080/02635143.2017.1295369

- Kolomuç A, Tekin S. Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate. *Eurasian J Phys Chem Educ.* 2017;3(2):84-101.
- Kurbanoglu N, Akin A. The Relationships Between University Students' Organic Chemistry Anxiety, Chemistry Attitudes, and Self-Efficacy: a Structural Equation Model. *J Balt Sci Educ.* 2012;11(4):347-356. doi:10.14221/ajte.2010v35n8.4
- Luz M.R.M.P, Oliveira GA, Poian ATD. Glucose as the Sole Metabolic Fuel: Overcoming A Misconception Using Conceptual Change to Teach The Energy-Yielding Metabolism to Brazilian High School Students. *Biochem Mol Biol Educ.* 2013;41(4):224-231. doi:10.1002/bmb.20702
- McMurry J. *Organic Chemistry*. Ninth Edit. Boston: Cengage Learning; 2016.
- Mislow K.M. *Introduction to Stereochemistry*. New York: Dover Publications, Inc; 2002.
- Nakhleh M.B. Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions. *J Chem Educ.* 1992;69(3):191-196. doi:10.1021/ed069p191
- Özmen H. Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. *J Sci Educ Technol.* 2004;13(2):147-159. doi:10.1023/b:jost.0000031255.92943.6d
- Posner G, Strike K, Hewson P, Gertzog W. *Sci Educ.* 1992;66(2):211-227.
- Robitu C. Model Based Teaching and Learning in The High School Chemistry Laboratory. *Magister Thesis*. California State University, Fullerton. 2011
- Schmidt H. Conceptual Difficulties with Isomerism. *J Res Sci Teach.* 1992;29(9):995-1003.
- Şendur G. Prospective Science Teachers ' Misconceptions in Organic Chemistry : The Case of Alkenes. *J Turkish Sci*

Educ. 2012;9(3):186-191.

Şendur G, Toprak M. An Analysis of Prospective Teachers ' Understanding Levels and Misconceptions in The Subjects of Organic Chemistry : The Case of Alcohols. *Necatibey Fac Educ Electron J Sci Math Educ.* 2013;7(1):264-301.

Syahrial. Strategi Pengembangan Logika dan Spasial (SPLaS) untuk Membangun Pemahaman Konsep Kimia Organik, *Disertasi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Tidak dipublikasikan,. 2019.

Tennyson R.D, Cocchiarella M.J. An Empircally Based Instructional Design Theory for Teaching Concepts. *Rev Educ Res.* 1986;56(1)

Winarni, S., & Syahrial. Miskonsepsi Kimia yang Disebabkan Pernyataan Nonproposisi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 2016. 4(4), 122–129. <https://doi.org/10.17977/jps.v4i4.8195>

Winarni, S. Keefektifan *Approval Concept Strategy* dalam Mencegah Miskonsepsi Materi Sifat Koligatif Larutan. *Disertasi*, Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang. Tidak Diterbitkan,. 2019.

Zimmerman B.J, Schunk D.H, eds. *Educational Psychology: A Century Of Contributions*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc; 2003.

Zoller U. Students' Misunderstandings and Misconceptions in College Freshman Chemistry (General and Organic). *J Res Sci Teach.* 1990;27(10):1053-1065. doi:10.1002/tea.3660271011