

ANALISIS PEMAHAMAN MAHASISWA PADA MATERI SENYAWA HIDROKARBON DALAM MATAKULIAH KIMIA ORGANIK II

ANALYSIS ON STUDENTS' UNDERSTANDING OF HYDROCARBON COMPOUNDS IN ORGANIC CHEMISTRY II COURSE

DELETED FOR REVIEW PURPOSE

Abstract: Hydrocarbon material is one of the organic chemical materials which is the basic concept for studying the next organic chemistry concept. Based on the result of observation, the average score of students in Organic Chemistry I course is 67.89. The result of this study indicates that students have difficulty of understanding in organic compounds. The objective of this research is to analyze the understanding on chemistry education students of hydrocarbon compounds in Organic Chemistry II course. The research design in this research is descriptive quantitative. The research subjects are students of the 2017 Chemical Education study program. There are 3 stages in the research, including pretest, implementation of learning, and posttest. The pretest aims to obtain data on students' initial knowledge of the material to be studied. Implementation of learning aims to improve students' understanding of hydrocarbon compound material, while posttest aims to measure the level of understanding of students after being given treatment. The conclusion of this study is the students have highest difficulty in the topic hydrocarbon reactions (67.75%).

Keywords: understanding, hydrocarbon, alkane, alkene, alkyne

Abstrak: Materi hidrokarbon merupakan salah satu materi kimia organik yang merupakan konsep dasar untuk mempelajari konsep kimia organik selanjutnya. Berdasarkan hasil observasi awal, nilai rata-rata mahasiswa pada perkuliahan Kimia Organik I sebesar 67,89. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam memahami materi senyawa organik. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pemahaman mahasiswa pendidikan kimia dalam materi senyawa hidrokarbon pada mata kuliah Kimia Organik II. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif. Subjek penelitian adalah mahasiswa program studi Pendidikan Kimia Angkatan 2017. Ada 3 tahapan dalam penelitian, yaitu *pretest*, pelaksanaan pembelajaran, dan *posttest*. *Pretest* bertujuan untuk memperoleh data pengetahuan awal mahasiswa mengenai materi yang akan dipelajari. Pelaksanaan pembelajaran bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi hidrokarbon, sedangkan *posttest* bertujuan untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa setelah diberikan perlakuan. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah mahasiswa masih mengalami kesulitan paling tinggi dalam topik reaksi hidrokarbon (67,75%).

Kata kunci: pemahaman, hidrokarbon, alkana, alkena, alkuna

PENDAHULUAN

Kimia Organik merupakan salah satu bagian dari ilmu kimia yang dipelajari baik di tingkat sekolah menengah maupun di perguruan tinggi. Salah satu materi yang dipelajari dalam Kimia Organik adalah hidrokarbon. Hidrokarbon merupakan golongan senyawa organik yang tersusun atas unsur hidrogen (H) dan karbon (C). Materi hidrokarbon merupakan salah satu konsep dasar kimia yang telah dipelajari oleh mahasiswa sejak mereka belajar di tingkat sekolah menengah. Pada tingkat perguruan tinggi, materi tentang hidrokarbon dipelajari dalam matakuliah Kimia Organik I dan Kimia Organik II. Pada matakuliah Kimia Organik I, materi tatanama hidrokarbon dipelajari pada bab Isomer, Reaksi-reaksi, dan Dasar-dasar Tatanama Senyawa Organik, sedangkan pada matakuliah Kimia Organik II dipelajari pada bab Alkana, Sikloalkana, Alkena dan Alkadiena, serta Alkuna.

Materi hidrokarbon yang dipelajari pada matakuliah Kimia Organik I adalah konsep dasar untuk mempelajari materi gugus fungsi pada matakuliah Kimia Organik II. Ketika mahasiswa telah mampu menguasai materi hidrokarbon, maka mereka akan lebih mudah untuk memahami konsep senyawa organik

lainnya (golongan gugus fungsi lainnya). Dengan demikian, pemahaman mahasiswa tentang senyawa hidrokarbon berpengaruh terhadap keberhasilan dalam pembelajaran Kimia Organik II. Jika mahasiswa mengalami kesulitan mempelajari konsep dasar tersebut, maka mereka cenderung akan mengalami kesulitan dalam pembelajaran Kimia Organik II.

Sering kali mahasiswa menganggap bahwa Kimia Organik merupakan matakuliah yang sulit. Ada 3 (tiga) faktor penyebab yang menjadikan Kimia Organik dianggap sulit, yaitu tidak ada perhitungan matematis (algoritma) dalam penyelesaian masalah/soal, membutuhkan pemahaman tentang geometri molekul, dan banyaknya istilah-istilah atau kosakata khusus dalam kimia organik (Ellis 1994 dalam O'Dwyer & Childs 2017). Beberapa materi kimia organik yang dirasa sulit antara lain definisi kimia organik, penomoran rantai karbon pada penulisan tatanama IUPAC senyawa organik, isomer dan isomeri, reaksi substitusi dan adisi, ketidakjenuhan dalam hidrokarbon, mengidentifikasi hidrokarbon aromatik dari rumus struktur termampatkan, dan polimerisasi (Omwirhiren & Ubanwa 2016).

Kesulitan dalam mempelajari Kimia Organik tersebut juga dialami oleh

mahasiswa Pendidikan Kimia Universitas Billfath. Berdasarkan hasil observasi awal, nilai rata-rata mahasiswa pada matakuliah Kimia Organik I sebesar 67,89. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar senyawa organik. Selain itu, hasil wawancara dengan mahasiswa yang telah menempuh matakuliah Kimia Organik I menunjukkan bahwa ternyata mereka masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep tatanama hidrokarbon dan senyawa organik lainnya. Kesulitan belajar tersebut disebabkan oleh mahasiswa belum memahami aturan tatanama dengan baik dan sulit menghafal nama-nama gugus alkil. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa siswa mengalami miskonsepsi dalam pembelajaran kimia organik, khususnya pada topik pengantar kimia organik, hidrokarbon, senyawa hidroksi, turunan halogen, turunan asam karboksilat, dan senyawa nitrogen (Bryan 2007). Penelitian lain juga menyatakan bahwa 20% siswa pada level SMA mengalami kesulitan dalam mempelajari materi hidrokarbon, khususnya dalam memberikan penamaan dan menuliskan struktur senyawa (Dadari & Novita 2012). Penelitian sejenis lainnya juga menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki

tingkat pemahaman konseptual yang rendah dan banyak mahasiswa yang mengalami miskonsepsi dalam pembelajaran gugus fungsi pada mata kuliah Kimia Organik (Akkuzu & Uyulgan 2016). Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya pemahaman mahasiswa tentang konsep ikatan kimia, struktur molekul dan reaktivitas, stereokimia, dan asam-basa Bronsted-Lewis.

Berdasarkan hasil observasi dan studi literatur tersebut, maka kemungkinan besar mahasiswa juga akan mengalami kesulitan belajar pada materi hidrokarbon dalam matakuliah Kimia Organik II. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka peneliti ingin melakukan analisis pemahaman mahasiswa terhadap materi hidrokarbon, sehingga dapat diketahui kesulitan belajar apa saja yang dialami oleh mahasiswa. Hal ini penting karena materi hidrokarbon merupakan konsep dasar dalam mempelajari senyawa organik lainnya (benzena, alkil halida, alkohol dan fenol, aldehida dan keton, asam karboksilat dan turunannya, serta amina). Dengan adanya hasil analisis pemahaman dasar tersebut, maka dosen dapat menentukan model dan strategi pembelajaran apa yang tepat untuk matakuliah Kimia Organik II.

METODE

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif. Rancangan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase tingkat kesulitan mahasiswa berdasarkan tes akhir (*posttest*) dan mendeskripsikan kesulitan belajar apa saja yang dialami mahasiswa dalam perkuliahan Kimia Organik II (materi hidrokarbon).

Subjek penelitian adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Billfath, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Objek penelitian adalah matakuliah Kimia Organik II, khususnya pada materi hidrokarbon. Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas 3 tahapan pengumpulan data ini, yaitu tes awal (*pretest*), pelaksanaan pembelajaran, dan tes akhir (*posttest*).

1. Tes awal (*Pretest*)

Tes awal (*pretest*) dilakukan untuk memperoleh data tentang pengetahuan awal mahasiswa mengenai materi hidrokarbon (struktur dan tata nama senyawa alkana).

2. Pelaksanaan Pembelajaran

Pembelajaran bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi senyawa hidrokarbon. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan selama 2 kali tatap muka dalam seminggu (4 SKS) berdasarkan RPS

yang telah disusun oleh peneliti. Pertemuan tatap muka dilaksanakan sebanyak 9 kali pertemuan (5 minggu). Pada setiap akhir bab, mahasiswa diberikan tugas untuk mengerjakan latihan soal sebagai bahan evaluasi pemahaman mahasiswa pada setiap bab.

3. Tes Akhir (*Posttest*)

Tes akhir (*posttest*) dilaksanakan untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran. Tes pemahaman yang diberikan merupakan tes tertulis, yaitu dengan soal berbentuk esai.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan pemberian soal tes untuk tes akhir (*posttest*). Instrumen tes akhir (*posttest*) diberikan kepada mahasiswa pada saat pekan Ujian Tengah Semester (UTS). Tes berupa soal esai sebanyak 5 (lima) butir soal.

Selanjutnya, data penelitian dianalisis menggunakan teknik analisis kuantitatif deskriptif. Data akhir hasil penelitian berupa persentase tingkat kesulitan mahasiswa pada setiap topik bahasan dan deskripsi kesulitan belajar yang dialami mahasiswa dalam memahami materi hidrokarbon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

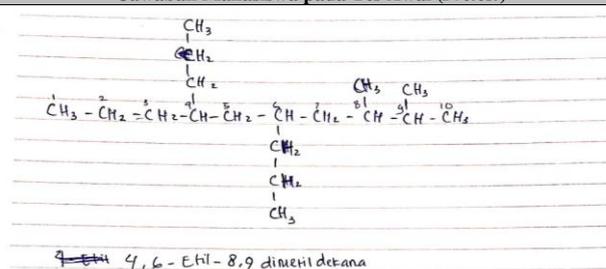
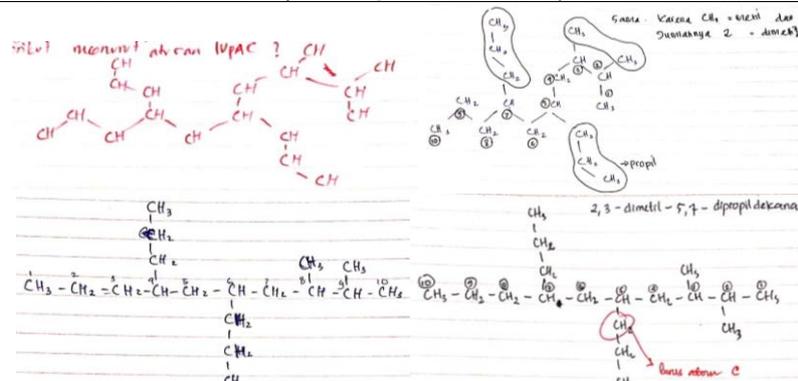
Pemahaman awal mahasiswa diperoleh dari hasil tes awal (*pretest*) pada

Commented [MOU1]: apakah instrument untuk analisisnya sama atantara tes awal dan tes akhir??? bagaimana validitas dariinstrumen analisisnya???

Commented [MOU2]: perlu diperjelas kuantitatif deskriptif disini bagaimana penskoran tesnya???

awal pembelajaran. Selanjutnya, peneliti melakukan analisis terkait jawaban mahasiswa pada setiap item soal.

Tabel 1. Hasil Identifikasi dan Analisis Jawaban Tes Awal (Pretest)

Jawaban Mahasiswa pada Tes Awal (Pretest)	
 <p>4,6-ethyl-8,9-dimethyldecane</p>	<p>Takapan</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alkana yg rantainya bercabang. H-ran dilihat Rantai atom karbon yang terpanjang disebut sebagai rantai utama. 2. penomoran rantai utama dimulai ujung yang memberikan nomor rendah. penulisannya harus sesuai huruf abjad.
 <p>2,3-dimethyl-5,7-dipropyldecane</p>	<p>2,3-dimethyl-5,7-dipropyldecane</p>

Jawaban nomor 1:

Pada dasarnya, 80% mahasiswa sudah mampu memberikan nama senyawa alkana dengan baik dan benar sesuai aturan IUPAC. Namun mahasiswa belum mampu menyusun tahapan aturan penamaan senyawa alkana dengan sistematis,

sedangkan 20% mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam menentukan ujung rantai induk alkana yang memiliki nomor terendah, sehingga mereka masih salah dalam memberikan penamaan pada senyawa alkana.

Jawaban nomor 2:

1. Sebanyak 80% mahasiswa masih mengalami kesalahan dalam menggambarkan struktur senyawa alkana, antara lain:
 - a. Mahasiswa tidak menuliskan gugus $-CH_2-$ dengan lengkap, dimana mahasiswa ada yang menuliskannya dengan $-CH-$ dengan alasan supaya lebih cepat dan ringkas dalam menggambar; dan
 - b. Mahasiswa masih sering salah dalam menggambarkan garis ikatan antar atom C (pada rantai induk) dengan atom C lainnya (pada cabang). Mahasiswa sering menggambarkan garis ikatan tersebut di antara atom C dengan H, padahal garis ikatan tersebut harus digambar lurus dengan atom C.
2. Mahasiswa masih belum memahami konsep hibridisasi sp^3 pada senyawa alkana.

Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar pada materi senyawa hidrokarbon. Kesulitan tersebut juga pasti berdampak pada pemahaman mahasiswa pada bab selanjutnya, yaitu sikloalkana, alkana dan alkdiena, serta alkuna. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian dari

yang menyatakan bahwa 20% pebelajar mengalami kesulitan dalam mempelajari materi hidrokarbon, khususnya dalam memberikan penamaan UIPAC dan menuliskan struktur senyawa (Dadari & Novita 2012; Omwirhiren & Ubanwa 2016). Kesulitan tersebut disebabkan oleh kurangnya pemahaman mahasiswa dalam konsep dasar penunjang kimia organik, yaitu ikatan kimia dan struktur molekul (Akkuzu & Uyulgan 2016). Hasil penelitian dari Ealy (2018) juga menunjukkan bahwa mahasiswa masih belum memahami konsep hibridisasi dalam pembelajaran Kimia Organik.

Pemahaman akhir mahasiswa diperoleh berdasarkan hasil tes akhir (*posttest*) yang dilakukan pada saat Ujian Tengah Semester (UTS). Berdasarkan hasil tes tersebut, peneliti juga melakukan analisis terkait jawaban mahasiswa pada setiap item soal untuk mengetahui pemahaman mereka tentang materi senyawa hidrokarbon setelah pembelajaran. Analisis hasil jawaban mahasiswa pada tes akhir (*posttest*) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Jawaban Mahasiswa pada Tes Akhir (*Posttest*)

No.	Materi Hidrokarbon	% MB	% MS
1.	Bab I Alkana		
	a. Menggambar struktur senyawa alkana dan	86	14

	memberikan nama IUPAC pada struktur alkana		
	b. Reaksi pada senyawa alkana	29	71
2.	Bab II Sikloalkana		
	a. Memberikan nama IUPAC pada senyawa sikloalkana	71	29
	b. Reaksi pada senyawa sikloalkana	57	43
3.	Bab III Alkena dan Alkadiena		
	a. Isomeri <i>cis</i> - dan <i>trans</i> -	86	14
	b. Isomeri <i>E-Z</i>	57	43
	c. Reaksi pada senyawa alkena-alkadiena	29	71
4.	Bab IV Alkana		
	a. Reaksi pada senyawa alkana	14	86

Keterangan:

- % MB = persentase mahasiswa yang menjawab benar
- % MS = persentase mahasiswa yang menjawab salah

Berdasarkan hasil analisis jawaban pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan pada beberapa konsep pada materi hidrokarbon. Adapun faktor penyebabnya adalah sebagai berikut.

1. Sebanyak 14% mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam memberikan penamaan pada senyawa alkana, yaitu salah dalam menentukan penomoran cabang (gugus alkil) pada rantai induk alkana. Jika penomoran cabang (gugus alkil) salah, maka penamaan IUPAC pada senyawa alkana juga akan salah.
2. Sebanyak 71% mahasiswa masih kesulitan dalam memahami reaksi pada

senyawa alkana, khususnya terkait tahapan terjadinya reaksi substitusi.

3. Sebanyak 29% mahasiswa masih kesulitan dalam cara memberikan penamaan IUPAC pada sikloalkana.
4. Sebanyak 43% mahasiswa masih belum memahami reaksi pada sikloalkana, khususnya terkait tahapan reaksi yang terjadi (reaksi substitusi).
5. Sebanyak 14% mahasiswa masih kesulitan dalam menentukan isomeri *cis*- dan *trans*- pada senyawa alkena dengan struktur kompleks karena mereka kesulitan menentukan struktur rantai induk alkena.
6. Sebanyak 43% mahasiswa masih belum memahami isomeri *E-Z* karena mereka masih mengalami kebingungan untuk membedakannya dengan isomer *cis-trans*. Isomeri *E-Z* dan *cis-trans* memiliki kemiripan terkait pola strukturnya rantai induk alkenanya, sehingga mahasiswa kebingungan menentukan jenis isomernya.
7. Sebanyak 71% mahasiswa juga masih mengalami kesulitan dalam memahami reaksi pada alkena, khususnya pada konsep kaidah Markovnikov dan anti-Markovnikov. Selain itu, kurangnya pemahaman mahasiswa pada materi reaksi alkana juga mempengaruhi pemahaman mereka pada materi reaksi

alkena karena materi tersebut saling berkaitan.

8. Sebanyak 86% mahasiswa juga masih mengalami kesulitan dalam memahami materi reaksi pada alkuna. Hal ini terjadi karena mahasiswa belum memahami materi reaksi alkana dan alkena dengan baik karena materi tersebut juga berkaitan dengan reaksi pada alkuna.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah pelaksanaan pembelajaran hidrokarbon, mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam materi hidrokarbon.

1. Kesulitan mahasiswa dalam penamaan IUPAC hidrokarbon (poin 1 dan 3) selaras dengan penelitian Omwirhiren & Ubanwa (2016) yang menunjukkan bahwa mahasiswa masih kesulitan dalam menerapkan aturan IUPAC untuk penamaan senyawa hidrokarbon dengan tepat. Selain itu, penelitian Sendur & Toprak (2013) juga menunjukkan bahwa 5% mahasiswa masih mengalami miskonsepsi dalam penamaan IUPAC pada senyawa sikloalkana. Mahasiswa masih menganggap bahwa penamaan dilakukan dengan cara penomoran dengan angka tertinggi selalu diberikan pada gugus alkil yang terikat pada cincin sikloalkana.

2. Kesulitan mahasiswa dalam memahami reaksi kimia pada hidrokarbon (poin 2, 4, 7, dan 8) juga selaras dengan hasil penelitian Omwirhiren & Ubanwa (2016) yang menunjukkan bahwa mahasiswa masih kesulitan dalam membedakan reaksi substitusi dengan reaksi adisi. Selain itu, kesulitan mahasiswa dalam menghubungkan konsep reaksi pada alkana dengan reaksi pada alkena dan alkuna juga selaras dengan penelitian Usta & Ultay (2016) yang menunjukkan bahwa mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam membangun hubungan antar konsep dalam menyusun peta konsep tentang materi hidrokarbon.
3. Kesulitan mahasiswa dalam isomeri geometri pada alkena (poin 5 dan 6) selaras dengan hasil penelitian dari Omwirhiren & Ubanwa (2016), dimana hasil penelitian juga menunjukkan bahwa mahasiswa masih kesulitan dalam mengidentifikasi isomer senyawa organik. Hasil ini juga diperkuat oleh penelitian Belachew (2019) yang menunjukkan bahwa 33% calon guru kimia masih mengalami kesulitan dalam membandingkan dan mendeskripsikan isomer hidrokarbon, khususnya isomer geometri. Kesulitan mahasiswa tersebut dapat dijadikan

acuan dalam melaksanakan perbaikan dalam pembelajaran mata kuliah Kimia Organik II selanjutnya.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam beberapa topik bahasan, yaitu:

1. Sistematika tatanama hidrokarbon (21,5%), dimana mahasiswa masih kesulitan menerapkan aturan penamaan IUPAC pada senyawa hidrokarbon;
2. Reaksi hidrokarbon (67,75%), dimana mahasiswa masih kesulitan memahami reaksi substitusi dan adisi (kaidah Markovnikov dan anti-Markovnikov); serta
3. Isomeri hidrokarbon (*cis*-, *trans*-, dan *E-Z*) (28,5%), dimana mahasiswa masih kesulitan dalam membedakan isomeri geometri pada alkena.

Dengan adanya hasil tersebut, maka dosen dapat melakukan analisis lebih lanjut terkait tingkat pemahaman mahasiswa pada materi senyawa organik selanjutnya. Selain itu, dosen dapat memberikan alternatif model/metode pembelajaran yang lebih menarik, inovatif, dan efektif untuk meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa dalam pembelajaran Kimia Organik I dan II.

DAFTAR RUJUKAN

- Akkuzu, N., & Uyulgan, M. A. (2016). An epistemological inquiry into organic chemistry education: exploration of undergraduate students' conceptual understanding of functional groups. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 36–57. DOI: <https://doi.org/10.1039/C5RP00128E>
- Belachew, W. (2019). Nudging College Pre-service Teachers towards the Desired Path in Isomerism Concepts of Aliphatic Hydrocarbons through the Use of Conceptual Change Texts. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), em1803. DOI: <https://doi.org/10.29333/ejmste/112116>
- Bryan, L. C. H. (2007). Identifying students' misconceptions in 'a-level' organic chemistry. *Journal of Chemical Education*. Diakses tanggal 12 Maret 2018 dari <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.570.6309&rep=rep1&type=pdf>
- Dadari, D. W. W. (2012). Analisis Tes Hasil Belajar Siswa Melalui Media Pembelajaran Blog Pada Materi Alkana, Alkena, Dan Alkuna (Analysis Of Test Results On Blog Media Learning In The Matter Alkanes, Alkenes, And Alkynes). *Unesa Journal of Chemical Education*, 1(1). Diakses tanggal 12 Maret 2018 dari <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/journal-of-chemical->

Commented [MOU3]: Referensi masih minim perlu ditambahkan beberapa referensi lagi

Sitasi dan penulisan daftar pustakan menggunakan refrence manager (Mendeley)

[education/article/view/157/93](#)

DOI:

<https://doi.org/10.1039/C3RP00019B>

Ealy, J. (2018). Analysis of students' missed organic chemistry quiz questions that stress the importance of prior general chemistry knowledge. *Education Sciences*, 8(2), 42. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci8020042>

Usta, N. D., & Ültay, N. (2016). Prospective chemistry teachers' abilities of creating concept maps: Hydrocarbons example. *Journal of Baltic Science Education*, 15(1), 58. Diakses tanggal 22 Februari 2021 dari http://www.scientiasocialis.lt/jbse/files/pdf/vol15/58-67.DonmezUsta_JBSE_Vol.15_No.1.pdf

O'Dwyer, A., & Childs, P.E. (2017). Who says organic chemistry is difficult? Exploring Perspectives and Perceptions. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3599–3620. DOI: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00748a>

Omwirhiren, E. M., & Ubanwa, A. O. (2016). An analysis of misconceptions in organic chemistry among selected senior secondary school students in Zaria local government area of Kaduna state, Nigeria. *International Journal of Education and Research*, 4(7), 247-266. Diakses tanggal 10 Maret 2021 dari <https://www.ijern.com/journal/2016/July-2016/20.pdf>

Sendur, G., & Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chem. Edu. Res. Prac.*, 14, 431-449.