

Article History

Received: 01/05/2021

Accepted: 09/06/2021

Published: 15/06/2021

*Corresponding author

syahrialmursyad@unsyiah.ac.id**PEMAHAMAN KONSEP MAHASISWA TAHUN I PADA MATERI PERUBAHAN FISIKA DAN KIMIA (Suatu Riset Pendahuluan)****FIRST YEAR UNIVERSITY STUDENTS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGES (A Preliminary Research)**Syahrial^{a*}, Sri Winarni^a^aJurusan Pendidikan Kimia FKIP Universitas Syiah Kuala**Abstrak**

Tujuan dari studi ini adalah mengidentifikasi pemahaman mahasiswa tahun pertama untuk konsep perubahan fisika dan kimia. Studi ini melibatkan 43 orang mahasiswa angkatan 2019 Program Studi Pendidikan Kimia (PSPK) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas syiah Kuala (USK) yang didominasi perempuan (hanya 2 orang laki-laki). Sesuai tujuan, maka studi menggunakan metode survei dan menggunakan instrumen berupa kuesioner yang berisikan 15 pernyataan. Partisipan diminta untuk memberikan tanggapan melalui *google form* dengan memilih benar atau salah untuk setiap item pernyataan pada kuesioner. Hasil analisa menunjukkan bahwa pemahaman mayoritas mahasiswa tergolong cukup baik untuk penanda atau indikator bersifat makroskopik dan rendah untuk penanda atau indikator bersifat sub-mikroskopik. Oleh sebab itu para guru kimia perlu menggunakan gambaran molekuler (sub-mikroskopis) pada saat mengajarkan materi atau topik perubahan fisika dan kimia.

Kata Kunci: perubahan fisika, perubahan kimia, reaksi kimia, pemahaman konsep, ciri-ciri reaksi kimia

Abstract

The purpose of this study is to identify first year university students' understanding of the concepts of physical and chemical changes. This study involved 43 students from the 2019 batch of the Chemical Education Study Program (PSPK) of the Faculty of Science and Education (FKIP) of the Syiah Kuala University (USK) which was dominated by women (only 2 men). According to the objectives, the study used a survey method and used an instrument in the form of a questionnaire containing 15 statements. Participants were asked to provide responses via google form by choosing true or false for each statement item on the questionnaire. The results of the analysis show that the understanding of the majority of students is quite good for macroscopic markers or indicators and low for sub-microscopic markers or indicators. Therefore, chemistry teachers need to use molecular (sub-microscopic) images when teaching materials or topics of physical and chemical changes.

Keywords: physical changes, chemical changes, chemical reactions, concepts understanding, characteristics of chemical reactions

doi:10.24815/jcd.v9i1.21210



Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

PENDAHULUAN

Perubahan kimia ditandai oleh adanya terbentuk zat baru, sementara perubahan fisika tidak. Pernyataan ini sangat populer di kalangan siswa yang sedang belajar kimia dan dianggap cukup memadai untuk membedakan kedua proses perubahan secara konseptual. Jika ditanya lebih lanjut bagaimana anda mengetahui adanya terbentuk zat baru? Yakinlah, anda akan mendapat jawaban beragam dari siswa SMA atau bahkan mahasiswa tahun I. Adanya ledakan, perubahan warna, atau lepasnya gas menjadi jawaban yang sering

terdengar dari siswa dan ini digunakan sebagai lawan dari definisi perubahan fisika [1], [2].

Dari sudut pandang mereka yang telah bertahun-tahun mempelajari kimia, membedakan antara perubahan kimia dan fisika adalah sesuatu yang sangat sederhana [3], jika anda tidak ingin mengatakan mudah. Tetapi pemahaman yang tidak holistik tentang perubahan kimia berdampak kepada pemahaman konsep selanjutnya, seperti gagal memahami peran ikatan dan energi pada reaksi kimia [4], dan jenis reaksi [5]. Siswa juga mengalami hambatan menyetarakan,

memprediksi produk, dan menterjemahkan dari narasi ke persamaan reaksi [6].

Pemahaman yang tidak holistik dan hanya fokus pada satu tujuan/penjelasan terhadap mengapa reaksi kimia terjadi berpotensi menyebabkan siswa melakukan generalisasi berlebihan. Kondisi demikian menurut Talanquer dapat menggiring siswa kepada salah konsep [7]. Potensi ini menjadi lebih besar jika guru hanya menerangkan reaksi kimia dari sudut pandang makroskopik saja [3]. Lebih lanjut ditegaskan bahwa mengajarkan materi reaksi kimia sebagai materi atau topik penting tidak cukup hanya mereduksi dari kerangka prinsip dasar fisika. Jadi, perlu menggunakan kerangka prinsip dasar kimia, ikon, simbolis, dan permodelan [8], [9].

Tujuan Riset

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan pemahaman konsep perubahan fisika dan kimia mahasiswa tahun pertama.

METODE PENELITIAN

Studi ini mengadaptasi metode survey yang digunakan oleh Furió-Más et al. [10].

Partisipan

Partisipan pada penelitian ini adalah mahasiswa tahun pertama PSPK FKIP USK angkatan 2019 yang akan mengambil mata kuliah Kimia Dasar I. Jumlah partisipan adalah 43 orang yang didominasi perempuan (hanya 2 orang laki-laki) dan bersifat suka rela. Hasil survei tidak mempengaruhi penilaian pada mata kuliah Kimia Dasar I karena bagian terpisah dari materi perkuliahan.

Prosedur

Partisipan diminta untuk menjawab kuesioner tentang perubahan fisika dan kimia sebelum mengikuti perkuliahan Kimia Dasar I untuk pertama kalinya. Kuesioner bersifat tertutup dan berisikan 15 item pernyataan. Partisipan memberi respon terhadap pernyataan kuesioner dengan cara memilih benar atau salah dan survei menggunakan *platform google form*. Partisipan juga diingatkan di awal tentang perbedaan makna penggunaan kataa "dapat" dan "selalu". Kata "selalu" dimaknai sebagai "harus ada" atau "tidak boleh tidak ada" atau mutlak harus ada". Oleh karena materi pernyataan telah dipelajari di sekolah menengah, maka durasi untuk menjawab diberikan 22 menit. Seluruh pernyataan di kuesioner mengarah kepada penelusuran pemahaman partisipan tentang definisi perubahan fisik dan perubahan kimia.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisa secara deskriptif menggunakan persentase [11] dan dibahas secara

kualitatif. Oleh sebab itu pembahasan dilakukan dengan membandingkan berbagai pendapat ahli, informasi yang disampaikan di textbook, buku IUPAC, dan buku pelajaran IPA atau Kimia. Adapun penafsiran terhadap persentase dimodifikasi dari [11] seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pedoman Analisa.

Persentase	Penafsiran
>70	Mayoritas
50-70	Rerata
< 50	Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi jawaban benar partisipan untuk masing-masing pernyataan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Tanggapan Mahasiswa

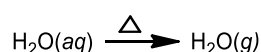
No	Pernyataan	Tanggapan yang Benar	
		N	%
1	Perubahan kimia (reaksi kimia) berbeda dengan perubahan fisika	42	100
2	Ciri-ciri atau penanda antara perubahan kimia dan perubahan fisika "selalu berbeda"	27	64
3	Ada ciri-ciri "yang sama" antara perubahan kimia dan perubahan fisika	30	71
4	Perubahan fisika ditandai oleh terjadinya perubahan wujud (gas, cair, padat)	40	95
5	Perubahan fisika ditandai oleh terjadinya perubahan bentuk fisik/ukuran (misal: bongkahan menjadi tepung, besar menjadi kecil)	39	93
6	Ciri-ciri terjadinya perubahan fisika mungkin lebih dari satu.	41	98
7	Ciri-ciri terjadinya perubahan kimia mungkin lebih dari satu.	40	95
8	Perubahan kimia ditandai oleh terjadinya pemutusan dan pembentukan ikatan antar atom penyusun molekul yang bereaksi/berubah	42	100
9	Perubahan kimia ditandai oleh terjadinya pembentukan molekul atau senyawa baru.	40	95
10	Perubahan kimia ditandai oleh terjadinya perubahan yang irreversibel (tidak dapat balik)	32	76
11	Perubahan kimia ditandai oleh terjadinya perubahan sifat molekul	36	86
12	Perubahan kimia ditandai oleh terjadinya perubahan energi	34	81
13	Perubahan kimia ditandai oleh terjadinya perubahan wujud/fasa (gas, cair, padat)	21	50
14	Perubahan kimia ditandai oleh terjadinya perubahan struktur molekul/kristal (misal tetrahedral menjadi planar, rombik menjadi kubus)	31	74
15	Perubahan kimia (reaksi kimia) ditandai oleh terjadinya pelepasan atau penyerapan energi (panas).	33	95

Pernyataan nomor 1 menelusuri keyakinan mahasiswa bahwa perubahan fisika berbeda dengan perubahan kimia dan ini diyakini oleh seluruh partisipan. Keyakinan demikian pada mahasiswa memang sudah terbangun sejak mereka masuk ke sekolah menengah pertama yang kemudian diperkuata di sekolah menengah atas. Pemahaman perbedaan antara perubahan fisika dan kimia diperoleh siswa pada saat proses pencapaian Kompetensi Dasar (KD) 3.3 untuk kelas VII yaitu menjelaskan konsep campuran, zat dan contoh perubahannya dalam kehidupan sehari-hari. Jadi,

pemahaman perubahan fisika dan kimia sudah sangat dini diperkenalkan ke mahasiswa sehingga wajar jika seluruhnya memilih "benar" untuk pernyataan nomor 1.

Hasil yang mengejutkan muncul pada pernyataan nomor 2 ada 36% (27 orang) yang meyakini bahwa "ciri-ciri atau penanda antara perubahan kimia (reaksi kimia) dan perubahan fisika "selalu berbeda", tetapi 48% (12 orang) diantaranya meyakini bahwa ada penanda yang sama untuk kedua jenis perubahan (pernyataan nomor 3). Selanjutnya ada 24% (10 orang) mahasiswa yang memilih benar untuk pernyataan nomor 2 tetapi memilih "salah" pada pernyataan nomor 3.

Kontradiksi tersebut dipercaya sebagai akibat mahasiswa tidak memahami bahwa indikator atau penanda suatu reaksi yaitu perubahan warna, pembentukan padatan atau endapan, pelepasan gas, dan pel;epasan atau penyerapan panas [12] adalah sifat fisik zat [13]. Salah satu contoh adalah perubahan wujud zat, semisal air menjadi uap air.



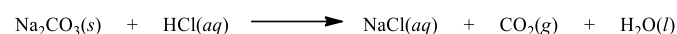
Uap air yang terbentuk tentu tidak dapat diakui sebagai produk perubahan kimia atau reaksi kimia akibat adanya pemanasan atau pemberian energi terhadap sistem cairan air. Padahal pada peristiwa tersebut terjadi pelepasan gas sebagai bukti telah terjadi perubahan wujud. Mahasiswa ini boleh jadi beranggapan bahwa perubahan wujud adalah akibat dari proses kimia sebagaimana ada siswa yakin jika air menguap akan membentuk H_2 dan O_2 [14]. Apakah tanda anak panah menyebabkan mahasiswa bingung bahwa yang berubah hanya untuk entiti zat, tidak untuk zatnya?

Tanggapan untuk pernyataan nomor 4, 5, dan 6 secara umum sudah saling mendukung. Hanya ada 2 orang yang meyakini perubahan wujud tidak menjadi indikator perubahan fisik, meski demikian yakin perubahan bentuk termasuk menandai adanya perubahan fisik. Satu mahasiswa dari 2 orang tersebut ternyata yakin bahwa tidak ada penanda yang sama untuk perubahan fisik dan kimia (pernyataan nomor 3).

Pernyataan nomor 7-15 mengidentifikasi pemahaman mahasiswa tentang apa yang terjadi pada perubahan kimia dalam sudut pandang mikroskopis dan makroskopis. Pemahaman mikroskopis terbukti membantu mahasiswa untuk memahami konsep kimia, termasuk reaksi kimia [15]. Sehingga penerapan dalam pembelajaran dilakukan secara bersamaan atau beriringan dengan makroskopis. Dengan demikian mahasiswa dapat memahami bahwa apa yang menjadi entiti zat ada kaitannya dengan keadaan molekuler.

Pernyataan nomor 11, 12, 13, dan 15 lebih mengarah kepada pemahaman makroskopis artinya

dapat terdeteksi oleh panca indra [16], [17]. Pemahaman mahasiswa tentang indikator makroskopis perubahan kimia belum memuaskan, terutama tanggapan pernyataan nomor 13. Mahasiswa tidak menyadari bahwa ada reaksi kimia yang ditandai oleh perubahan wujud/fasa, padahal wujud termasuk salah satu entiti zat [13]. Berikut satu contoh perubahan kimia yang ditandai adanya perubahan wujud.

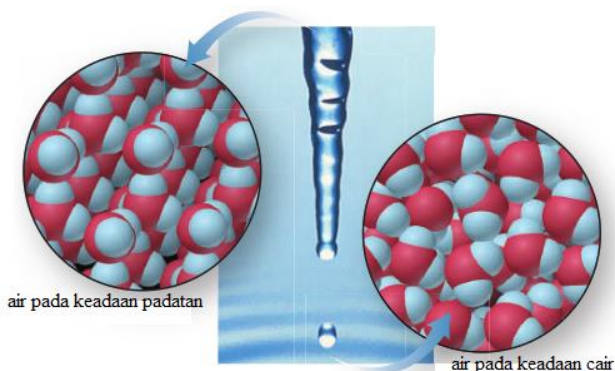


Perubahan didefinisikan sebagai hal (keadaan) berubah; peralihan; pertukaran [18]. Jadi jika diamati pada reaktan atau zat sebelum reaksi ditemukan dua wujud zat yaitu padatan dan cair, tetapi setelah bereaksi diperoleh wujud berupa gas serta cair. Meskipun demikian mahasiswa harus memahami bahwa tidak semua perubahan zat yang ditandai oleh perubahan wujud termasuk sebagai perubahan kimia, misal pada saat air bersoda dan *sparkling water* (air jenuh dengan CO_2) dikocok, maka akan keluar gelembung (gas) [19].

Respon mahasiswa terhadap pernyataan nomor 8 sudah sangat baik. Semua mahasiswa yang memberikan tanggapan bahwa pada perubahan kimia terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan. Jika hanya merujuk kepada tanggap pernyataan nomor 8, semestinya tidak ada masalah terhadap pemahaman konsep reaksi kimia. Akan tetapi jika ditelusuri lebih lanjut, ternyata masih ada mahasiswa yang belum paham penyebab dan akibat putus serta terbentuknya suatu ikatan pada reaksi kimia. Ini terbukti masih ada 19% (8 orang) dan 21% (9 orang) yang belum memahami peran energi dalam reaksi kimia. Mahasiswa seperti tidak sadar bahwa memutuskan suatu ikatan selalu membutuhkan energi yang lebih besar dari kekuatan ikatan itu sendiri dan pada saat bersamaan terbentuk ikatan yang melepaskan energi. Reaksi kimia tidak akan terjadi tanpa adanya transfer energi. Jadi, pada reaksi kimia dibutuhkan dan dilepaskan energi.[20]. Jauh sebelumnya Boo melaporkan bahwa siswa grade 12 mengalami salah konsep tentang bagaimana peran energi tersebut untuk memutuskan ikatan pada reaksi kimia [4]. Ternyata kesalahan yang sama kali ini berulang dan terjadi pada tingkat mahasiswa.

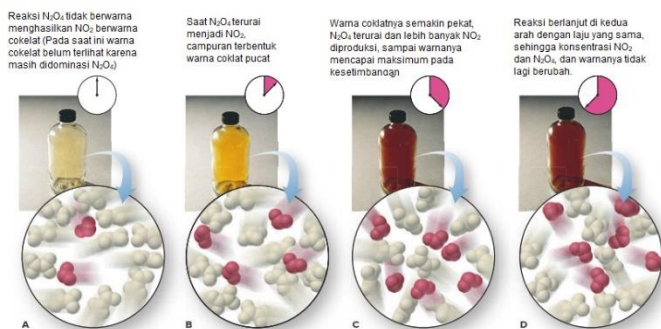
Mahasiswa juga masih sangat dipengaruhi oleh ciri-ciri atau sifat perubahan fisika yaitu perubahan yang "bersifat dapat kembali"[21], [22]. Generalisasi yang dilakukan mahasiswa boleh jadi disebabkan mereka tidak mendapatkan penjelasan secara utuh, misal melalui penggunaan gambaran sub mikroskopis tentang bagaimana kondisi molekuler air pada saat berwujud cair dan pada saat berwujud padat Air berubah wujud dari cair ke padat dengan cara menurunkan energi kinetiknya tidak menyebabkan

komposisi air pada wujud padat akan berubah (Gambar 1). Jika energi kinetiknya kembali dinaikkan, maka padatan air akan kembali menjadi cair dan komposisi juga tidak berubah [23]. Dari beberapa buku pelajaran IPA kelas VII yang ditelaah, buku karya Sopandi et al. [24] yang secara detail menerangkan sifat perubahan fisika dengan menggunakan gambaran sub mikroskopis.



Gambar 1. Gambaran molekuler air pada keadaan cair dan padat[25].

Tanggapan mahasiswa terhadap pernyataan nomor 10 menunjukkan betapa rendah pemahaman mereka terhadap perbedaan sifat perubahan fisika dan kimia. Ada 24% (10 orang) mahasiswa yang berpendapat bahwa perubahan kimia harus bersifat irreversibel atau tidak dapat balik/kembali ke zat semula. Pemahaman tersebut juga menunjukkan kegagalan mereka memahami konsep reaksi kesetimbangan yang pernah dipelajari di sekolah menengah atas. Sekali lagi, gagal paham ini diduga karena mereka gagal memahami gambaran sub-mikroskopik untuk reaksi kesetimbangan [26], [27]. Semestinya konsep kesetimbangan kimia tersebut dijelaskan dengan menggunakan gambar molekuler (Gambar 2) dimana terlihat bahwa terjadi perubahan jumlah reaktan (dalam kasus ini N_2O_4 di awal ada 11 molekul) dari waktu ke waktu. Pada saat kesetimbangan tercapai jumlah molekul reaktan dan produk (dalam kasus ini NO_2) tetap.

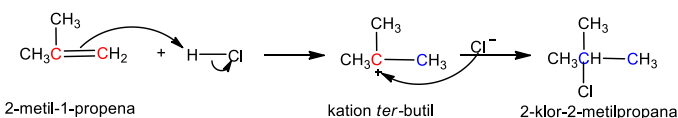


Gambar 2. Gambar Molekuler atau Representasi Sub-Mikroskopis Reaksi Kesetimbangan $N_2O_4(g)$ [25]

Proses kesetimbangan dinamik yang terjadi pada saat tercapai kesetimbangan kimia dapat digambarkan ke siswa dengan menggunakan animasi atau video[26], misalnya menggunakan simulasi PhET yang dikembangkan Universitas Colorado [28].

Penggunaan term kesetimbangan secara tidak tepat juga dikhawatirkan menyebabkan siswa atau mahasiswa gagal membedakan kesetimbangan dan reaksi kesetimbangan. IUPAC mendefinisikan kesetimbangan (*equilibration*) sebagai operasi dimana sistem dua fase atau lebih dibawa ke kondisi di mana tidak terjadi perubahan lebih lanjut seiring perubahan. Sedangkan reaksi kesetimbangan (sering disebut "kesetimbangan kimia") didefinisikan jika reaktan pada keadaan awal memenuhi distribusi Boltzmann. [13]. Oleh sebab itu guru kimia perlu mempertegas perbedaan keduanya pada saat mengajarkan konsep kesetimbangan. Mengajarkan konsep demikian, guru perlu memberikan contoh dan non contoh lalu melakukan elaborasi[29].

Temuan terakhir yang patut menjadi perhatian kita sebagai guru kimia adalah ada 26% (11 orang) yang belum paham hubungan struktur molekul/kristal dengan reaksi kimia. Sebenarnya perubahan struktur disebabkan terjadinya pemutusan ikatan dan pembentukan ikatan baru. Sehingga jelas pada reaksi kimia melibatkan perubahan struktur, baik bersifat sementara (pada intermediat) atau permanen (pada produk)[30], [31]. Contoh sederhana dapat diperhatikan pada reaksi berikut.



Keterangan: C adalah sp^2 sehingga berbentuksegi tiga planar. C adalah sp^3 sehingga berbentuk tetrahedral

Implikasi Pedagogik

Berdasarkan temuan pada studi ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan para pengajar pada saat mengajarkan konsep perubahan fisika dan kimia antara lain:

- 1) Indikator perubahan kimia ada yang sama dengan indikator perubahan fisika atau demikian pula sebaliknya.
- 2) Mungkin lebih dari satu indikator yang teramati pada perubahan fisika atau kimia
- 3) Secara makroskopik, perubahan kimia ditunjukkan oleh sifat fisika zat yang merupakan entiti zat.
- 4) Secara sub-mikroskopik, perubahan kimia ditunjukkan oleh adanya perubahan komposisi zat yang terjadi karena adanya pemutusan dan pembentukan ikatan.
- 5) Pemutusan dan pembentukan ikatan pada reaksi kimia terjadi karena adanya keterlibatan energi

- 6) Reaksi kimia dapat bersifat irreversibel atau reversibel
- 7) Perlu menggunakan gambaran molekuler atau sub-mikroskopik dalam memberikan pemahaman konsep perubahan fisika dan kimia.

KESIMPULAN

Secara umum atau mayoritas mahasiswa tahun pertama PSPK memahami konsep perubahan fisika dan kimia. Kelemahan paling menonjol terlihat pada kemampuan memahami perubahan fisika dan kimia pada tingkat molekuler (sub-mikroskopis). Sebagai akibatnya memunculkan kebingungan mahasiswa saat berhadapan dengan masalah yang menuntut pemahaman sub-mikroskopik. Mahasiswa masih menganggap penanda (indikator) perubahan fisika tidak pernah sama dengan penanda perubahan kimia; perubahan kimia (reaksi kimia) ditandai oleh terjadinya perubahan yang irreversibel (tidak dapat balik); perubahan wujud serta perubahan struktur molekul/kristal tidak menandai kemungkinan terjadinya perubahan kimia, dan tidak terlalu memperhatikan pelepasan atau penyerapan energi (panas) sebagai tanda terjadinya suatu reaksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- 1) Ketua Jurusan Pendidikan Kimia FKIP USK yang telah memberi izin pelaksanaan penelitian
- 2) Mahasiswa PSPK angkatan 2019 yang bersedia menjadi partisipan secara sukarela.
- 3) Tim Pengajar Mata Kuliah Kimia Dasar I atas semua kerja samanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Stavridou and C. Solomonidou, "Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education," *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 20, no. 2, pp. 205-221, 2007, doi: 10.1080/0950069980200206.
- [2] P. Johnson, "Children's understanding of substances, Part 2 : Explaining chemical change," *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 24, no. 10, pp. 37-41, 2010, doi: 10.1080/09500690110095339.
- [3] K. S. Taber, "Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education," *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 14, no. 2, pp. 156-168, 2013, doi: 10.1039/c3rp00012e.
- [4] H. K. Boo, "Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions," *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 35, no. 5, pp. 569-581, 1998.
- [5] B. Andersson, "Pupils' Explanations of Some Aspects of Chemical Reactions," *Learning*, vol. 70, no. 1983, pp. 549-563, 1986.
- [6] R. Baah and J. G. Ampiah, "Senior High School Students' Understanding and Difficulties with Chemical Equations," *Int. J. Sci. Res. Educ.*, vol. 5, no. 3, pp. 162-170, 2012.
- [7] V. Talanquer, "Explanations and teleology in chemistry education," *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 29, no. 7, pp. 853-870, 2007, doi: 10.1080/09500690601087632.
- [8] T. Vicente, "Chemistry Education : Ten Facets to Shape Us," *J. Chem. Educ.*, vol. 90, no. 7, pp. 832-838, 2013.
- [9] A. L. Chandrasegaran, D. F. Treagust, and M. Mocerino, "The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation," *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 8, no. 3, pp. 293-307, 2007, doi: 10.1039/B7RP90006F.
- [10] C. Furió-Más, M.-L. Calatayud, and S. L. Bárcenas, "Surveying Students' Conceptual and Procedural Knowledge of Acid-Base Behavior of Substances," *J. Chem. Educ.*, vol. 84, no. 10, 2007, doi: 10.1021/ed084p1717.
- [11] M. Potgieter, A. Harding, and J. Engelbrecht, "An experimental investigation of some properties of individual iconic ...," *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 45, no. 2, pp. 1086-1109, 2008, doi: 10.1002/tea.
- [12] R. H. Petrucci, F. G. Herring, J. D. Madura, and C. Bissonnette, *General Chemistry Principles and Modern Applications*, Tenth edit. Toronto, 2007.
- [13] IUPAC, *Compendium of Chemical Terminology: Gold Book*. Zurich: IUPAC, 2014.
- [14] D. R. Mulford and W. R. Robinson, "An Inventory for Alternate Conceptions among First-Semester General Chemistry Students," *J. Chem. Educ.*, vol. 79, no. 6, pp. 739-744, 2002.
- [15] D. F. Treagust and A. G. Harrison, "Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds : A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds : A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry," *Sci. Educ.*, 2000, doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84.
- [16] J. R. B. Pérez, M. E. B. Pérez, M. L. Calatayud, and J. V Sabater, "Student's Misconceptions on Chemical Bonding : A Comparative Study between High School and First Year University Students," *Asian J. Educ. e-Learning*, vol. 05, no. 01, 2017.
- [17] I. Farida, I. Helsy, I. Fitriani, and M. A. Ramdhani,

- "Learning Material of Chemistry in High School Using Multiple Representations," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 288, no. 1, pp. 0-6, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/288/1/012078.
- [18] "<https://kbbi.web.id/> (diakses 31 Mei 2021)." .
- [19] "<https://www.healthline.com/> (diakses 31 Mei 2021)." .
- [20] J. W. Moore, C. L. Stanitski, and P. C. Jurs, *Chemistry: The Molecular Science*. Belmont: Brooks/Cole, 2011.
- [21] T. Sugiyarto and E. Ismawati, *Ilmu pengetahuan alam 1: untuk SMP/MTs/ kelas VII Teguh*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [22] K. Ida, S. Karim, Y. N. Fauzia, and W. Sopandi, *Belajar IPA Membuka Cakrawala Alam Sekitar untuk Kelas VII Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
- [23] S. Winarni, "Concept Approval Strategy to Prevent Material Misconceptions of Solution Compulsive Properties," Malang State University.
- [24] A. Suryatna and E. T. R, *IPA : untuk SMP dan MTs Kelas VII*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
- [25] M. S. Stuart and P. G. Amateis, *Chemistry : the molecular nature of matter and change*, Ninth edit. New York: McGraw Hill, 2021.
- [26] H. Herunata, I. Rosyida, O. Sulistina, and H. W. Wijaya, "Correlational analysis of conceptual understanding, chemical representation, and representational competence on chemistry equilibrium," in *AIP Conference Proceedings*, 2021, vol. 2330, doi: 10.1063/5.0043116.
- [27] A. Bernal-Ballen and Y. Ladino-Ospina, "Assessment: A suggested strategy for learning chemical equilibrium," *Educ. Sci.*, vol. 9, no. 174, 2019, doi: 10.3390/educsci9030174.
- [28] [https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/reversible-reactions.](https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/reversible-reactions) .
- [29] S. Syahrial and S. Winarni, "Isomerisme: Adakah yang Miskonsepsi?," *J. Paedagog.*, vol. 9, no. 1, 2020.
- [30] A. Plech et al., "Visualizing chemical reactions in solution by picosecond x-ray diffraction," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 92, no. 12, 2004, doi: 10.1103/PhysRevLett.92.125505.
- [31] D. G. de Oteyza et al., "Direct Imaging of Covalent Bond," *Science (80-.)*, vol. 340, pp. 1434-1437, 2013, [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23722428>.