



Katalog Miskonsepsi dalam Pembelajaran Ikatan Kimia

Hendrawani*

Program Studi Pendidikan Kimia, FSTT, Universitas Pendidikan Mandalika, Jl. Pemuda No. 59 A, Mataram, Indonesia. 83125

Email Korespondensi: hendrawani@undikma.ac.id

Abstrak

Kesulitan belajar pada konsep-konsep ikatan kimia dapat muncul dalam berbagai bentuk. Salah satu kesulitan yang umum terjadi adalah miskonsepsi, dimana siswa mempunyai konsep yang tidak sama dengan konsep para ilmuwan. Kesalahan konsep dalam pembelajaran ikatan kimia telah banyak dilaporkan, dan sebagian yang adalah bentuk yang berulang kali terjadi. Penelitian ini adalah review bentuk-bentuk miskonsepsi, sebagai upaya membuat katalog bentuk-bentuk miskonsepsi. Penelitian review ini mengikuti kerangka PRISMA. Paper artikel penelitian dikumpulkan melalui pencarian Google scholar. Kemudian, setelah dilakukan seleksi eligibilitas, sebanyak 103 artikel jurnal dianalisis dan dirangkum area dan bentuk miskonsepsi ikatan kimia yang dilaporkan. Beberapa miskonsepsi yang berkaitan dengan konsep-konsep ikatan ionik dan ikatan kovalen telah dirangkum dari penelitian terdahulu yang dilakukan dari tahun 2006 sampai 2003. Beberapa argumentasi dan pertimbangan yang mempengaruhi terjadinya miskonsepsi, seperti cara konsep ikatan kimia diajarkan, sumber belajar dan strategi pembelajaran telah dijelaskan dalam artikel ini. Beberapa saran dan rekomendasi untuk belajar dan pembelajaran selanjutnya yang berkaitan dengan konsep ikatan kimia telah didiskusikan dalam artikel ini.

Kata kunci: Miskonsepsi, Pembelajaran, Ikatan Kimia.

Catalog of Misconceptions in Learning Chemical Bonds

Abstract

Learning difficulties on the concept of chemical bonding can arise in a variety of forms. One common difficulty is understanding complex chemical bonds, such as covalent, ionic, and metallic bonds, as well as the relationship between molecular structure and substance properties. This review research methods followed PRISMA framework. Research paper were collected through Google scholar. After selecting the eligibilty, 103 journal articles were analyzed for cataloging the area of students difficulties and misconceptions regard to chemical bonding subject matter. Some misconceptions related to ionic bonding and covalent bonding were summarized from previous research were conducted from 2006 to 2023. Some argumentations and considerations affected on students misconceptions such as the way the concept were taught, learning resources and learning strategies, were explained in this article. Some suggestion framework for further teaching and learning recommendation related to chemical bonding are discussed in this article.

Keywords: Misconceptions, Learning, Chemical Bonding.

How to Cite: Hendrawani, H. (2023). Katalog Miskonsepsi dalam Pembelajaran Ikatan Kimia. *Empiricism Journal*, 4(2), 648–656. <https://doi.org/10.36312/ej.v4i2.1729>



<https://doi.org/10.36312/ej.v4i2.1729>

Copyright© 2023, Hendrawani

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Ikatan kimia merupakan salah satu materi yang berisi konsep-konsep mendasar dalam pembelajaran kimia. Ikatan kimia mempunyai peran yang besar dalam pembahasan ilmu kimia baik di tingkat sekolah menengah hingga perguruan tinggi (Hunter, et.al., 2022). Di Tingkat Perguruan Tinggi, materi ikatan kimia dipelajari pada mata kuliah kimia dasar atau kimia umum, mata kuliah khusus ikatan kimia. Materi ikatan kimia menjadi pondasi untuk memahami materi yang lebih kompleks yakni, kimia organik, kimia anorganik, kimia fisik, kimia analitik, dan biokimia (Peterson et al., 1989); Griffiths & Preston, 1992). Materi ikatan kimia merupakan kumpulan konsep-konsep yang abstrak (tidak dapat diamati oleh indra secara langsung), dan didominasi oleh penggunaan model-model dan representasi (Tsaparlis et al., 2018). Dalam proses belajar dan pembelajaran ikatan kimia, siswa dituntut untuk memahami konsep-konsep abstrak tersebut dan berbagai model serta representasi. Hal inilah yang menyebabkan kesulitan siswa dalam memahami materi ikatan kimia.

Kesulitan siswa dan mahasiswa dalam mempelajari ikatan kimia dapat muncul dalam berbagai bentuk. Salah satu bentuk kesulitan yang umum adalah dalam memahami ikatan kimia yang kompleks, ikatan ionik, ikatan kovalen, ikatan logam, gaya antar molekul, dan kaitan ikatan kimia dengan struktur molekul dan sifat suatu zat (Majeed et al., 2023). Akibat pengajaran yang tidak tepat, penggunaan model dan representasi yang tidak dijelaskan dengan tepat, siswa maupun mahasiswa dapat membangun konsep-konsep ikatan kimia yang tidak sesuai dengan konsep-konsep ilmiah yang difahami oleh ilmuwan (Sunyono & Meristin, 2018). Hal inilah yang disebut sebagai miskonsepsi atau kesalahan konsep (Croft & de Berg, 2014 ;Griffiths & Preston,1992; Gudyanga & Madambi, 2014; Yayon et al., 2012; Othman et al., 2008; (Taber, 2013). Kesalahan konsep ini jika dibiarkan akan menjadi penghambat bagi siswa untuk belajar konsep-konsep kimia lainnya yang lebih kompleks (Nakhleh, 1992). Pengajar kimia perlu memahami bentuk-bentuk kesalahan konsep dan kemungkinan sumber-sumbernya (Bergqvist et al., 2013, 2016a; Bergqvist & Chang Rundgren, 2017a) , agar dapat mewaspadai terjadinya kesalahan konsep yang berulang di dalam pembelajaran, dan dapat merencanakan strategi pembelajaran yang tepat untuk menghindari kemungkinan terjadinya miskonsepsi dalam pembelajaran ikatan kimia (Dhindsa & Treagust, 2014); (Erman, 2017).

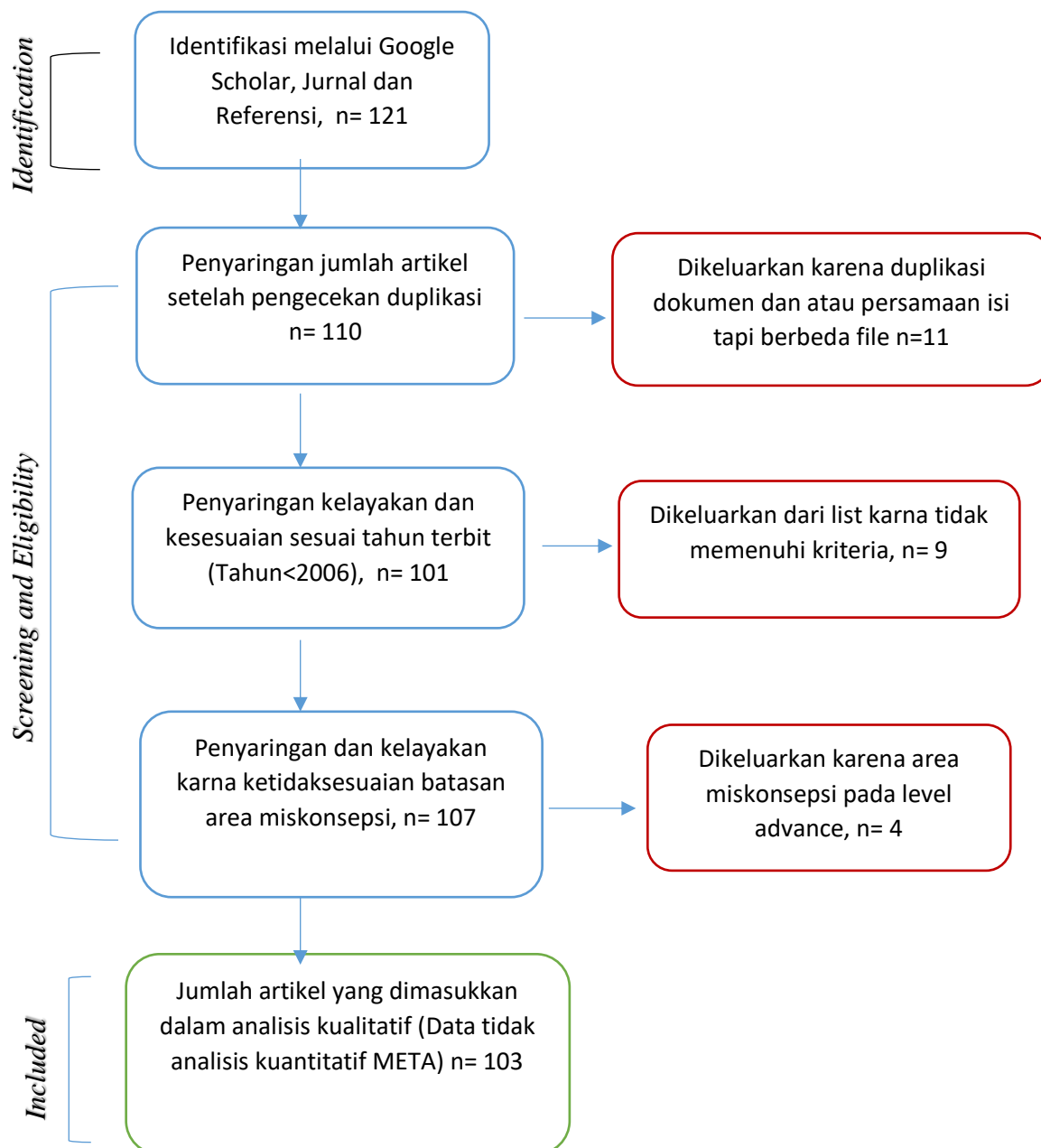
Penelitian terdahulu tentang kesulitan belajar siswa maupun mahasiswa dalam mempelajari ikatan kimia telah banyak dilaporkan. Laporan penelitian tentang kesalahan konsep dalam ikatan kimia dari rujukan yang ada sejak tahun 1989 (Peterson et al., 1989). Hingga tahun 2023, telah ada 103 artikel jurnal pada publisher ternama yang melaporkan tentang kesalahan konsep ikatan kimia. Bentuk-bentuk miskonsepsi yang terjadi sebagian merupakan bentuk yang berulang kali dilaporkan, terjadi pada siswa maupun mahasiswa. Review terhadap miskonsepsi ikatan kimia telah dilakukan dua kali oleh penelitian sebelumnya, yakni pada tahun 2006 (Unal et al., 2006) dan pada tahun 2000 (Hunter et al., 2022). Terdapat tenggang waktu dari tahun 2000 hingga tahun 2023, dimana telah ada laporan bentuk miskonsepsi pada konsep ikatan kimia. Review miskonsepsi yang dilaporkan pada tahun 2023 fokus pada review terhadap paper penelitian pada beberapa jurnal utama yakni CERP, JCE, dan beberapa lainnya. Review yang dilakukan pada penelitian sebelumnya merupakan suatu literatur review secara sistematis dan menampilkan data hasil analisis kuantitatif dan kualitatif dari keseluruhan isi paper artikel. Sementara, review pada penelitian ini fokus pada analisis kualitatif berupa rangkuman bentuk miskonsepsi pada pembelajaran ikatan kimia, baik yang terjadi pada siswa maupun mahasiswa. Review pada artikel ini menggunakan bahasa Indonesia, dengan tujuan memberikan informasi kepada guru atau pengajar kimia dasar bentuk dan area miskonsepsi yang dapat terjadi pada siswa atau mahasiswa, terkait konsep-konsep mendasar pada ikatan ionik dan ikatan kovalen. Dengan demikian, dalam pembelajaran berikutnya, pengajar dapat mewaspadai kemungkinan terjadinya miskonsepsi yang sama pada siswa. Pembelajar juga dapat menyiapkan strategi, serta mewaspadai sumber-sumber miskonsepsi yang mungkin dapat terjadi.

METODE

Artikel review ini mengikuti petunjuk yang dipublikasikan oleh editor *Chemistry Education Research and Practice* (Graulich et al., 2021) dan rekomendasi dari *the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)* (Moher et al., 2009) dan pertimbangan review research sebelumnya (Thompson et al., 2023). Kriteria sampel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) paper riset yang diterbitkan pada jurnal peer-review dan prosiding konferensi dengan kriteria (2) berbahasa Inggris (3) fokus pada konsep-konsep dasar materi ikatan kimia (Ikatan Ionik, Kovalen, d) (4) pengujian pada sekolah menengah maupun Perguruan Tinggi. Peneliti tidak memasukkan buku teks atau sumber lainnya. Penelitian ini merupakan literatur review artikel jurnal tentang miskonsepsi pada materi ikatan kimia sejak tahun 2006 hingga 2023. Peneliti memasukkan juga hasil review dari penelitian terdahulu pada Tahun 2006 (Unal et al., 2006) dan Tahun 2022 (Hunter et al., 2022), sebagai sumber rujukan. Penelitian ini difokuskan pada area miskonsepsi dan bentuk miskonsepsi pada materi ikatan kimia secara kualitatif.

Peneliti menggunakan pencarian melalui platform *Google Scholar* untuk identifikasi awal artikel, dengan kata kunci "*Misconception in Chemical Bonding Teaching and*

Learning". Beberapa paper yang dimasukkan sebagai pencarian utama, diantaranya adalah pada jurnal-jurnal bereputasi seperti *Chemistry Education Research and Practice*, *Journal of Chemical Education*, dan artikel-artikel terkait dari publisher *Wiley*. Artikel proses tahun 2006 hingga 2023. Proses pemilihan sampel dapat dilihat pada gambar 1. Pemilihan artikel dilakukan dengan pertimbangan Tahun terbit dari tahun 2006 , karena pada tahun 2006 telah ada review tentang miskonsepsi pada Ikatan Kimia. Pada Tahun 2022 telah ada review meliputi semua aspek baik kualitatif maupun kuantitatif. Artikel ini fokus pada pendataan area dan bentuk miskonsepsi secara kualitatif, dalam bahasa Indonesia.



Gambar 1. Diagram alir PRISMA rangkuman proses identifikasi penyaringan kelayakan dan pemasukan artikel

Sebanyak 103 artikel kemudian dianalisis. Fokus analisis adalah pada area dan bentuk miskonsepsi pada konsep dasar ikatan ionik dan kovalen, baik hasil laporan untuk siswa sekolah menengah maupun Perguruan Tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ikatan Ion Pada bagian ini dipaparkan beberapa bentuk miskonsepsi yang sering dilaporkan pada penelitian terdahulu dapat di lihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Miskonsepsi berkaitan dengan Ikatan Ionik

Bentuk Miskonsepsi	Sumber Rujukan
Senyawa ion tersusun dari molekul-molekul yang mengandung ion-ion (tidak mengindahkan struktur lattis kristal senyawa ion).*	Coll; Luxford and Bretz, Nimmermack et.al.; Otman et.al.; Pappa and Tsaparis; Smith&Nakhleh, Taber et.al.; Taber et.al.; Vladusic et.al.; Vrabec&Proksa; Wang&Burrow.
Menjelaskan ikatan ionik dengan narasi transfer elektron dianggap lebih akurat daripada gaya tarik muatan-muatan.*	Bergqvist&Rundren; Bergqvist et.al.; Doymus; Luxford&Bretz ^{1,2} ; Prodjosantoso et.al.; Rohmah et.al Sendur; Taber et.al.; Vrabec&Proksa;
Senyawa ionik rapuh karena ikatan yang lemah.*	Coll;
Ikatan ion hanya dapat terjadi antara logam Alkali dengan golongan Halogen,* atau semua senyawa yang terdiri dari atom logam dan non logam adalah senyawa ionik	Ozmen et.al.; Safitri, dkk.; Ardiansah
Menganggap ion poliatomik tidak terlibat dalam ikatan ionik.*	Prodjosantoso et.al.,
Semua senyawa yang terdiri dari atom logam dan non logam adalah senyawa ionik	Rohmah et.al
Kebingungan antara konsep ikatan ionik dengan ikatan kovalen. A. Menganggap ikatan ionik terbentuk karena pemakaian bersama pasangan elektron dari atom-atom yang berikatan (kebingungan antara konsep ikatan ionik dengan ikatan kovalen) B.	Safitri, dkk.; Ardiansah.

Tanda * menandakan miskonsepsi yang sama sudah dilaporkan dalam review pada tahun 2006 oleh Unal et.al. dan pada tahun 2022 oleh Hunter et.al.

Kesalahan konsep yang umum terjadi pada ikatan ionik adalah ketidaksinkronan pemahaman siswa dan atau mahasiswa dengan kerangka gaya tarik elektrostatis. Hal ini karena selama pembelajaran di kelas maupun dari sumber bahan ajar yang ada, fokus pada kerangka narasi “transfer elektron” saja. Seringkali pengajar membangun pemaaman konsep siswa dengan penjelasan proses terjadinya ikatan ionik, yakni terjadi transfer elektron dari atom logam dan non logam. Penjelasan ini, tidak dilanjutkan dengan konsep dasarnya yakni, ikatan ionik adalah gaya tarik menarik elektrostatis antara kation dan anion (Effendy, 2016:82). Hal ini tidak hanya terjadi di Indonesia, Bergqvist dan kawan-kawan (2013) melaporkan hasil analisis textbook kimia umum untuk tingkat sekolah menengah, yang menjelaskan konsep ikatan ionik secara spesifik sebagai suatu proses transfer elektron.

Bentuk miskonsepsi pada konsep ikatan ionik lainnya adalah pemahaman siswa dan atau mahasiswa yang menganggap bahwa semua senyawa yang tersusun dari atom logam dan non logam adalah senyawa ionik. Ardiansah melaporkan miskonsepsi siswa berkaitan dengan hal ini, yakni menganggap NaCl terikat oleh ikatan kovalen selama pembentukan molekul. Selain itu siswa kebingungan menentukan senyawa ionik dan ikatan kovalen. Siswa kebingungan menentukan senyaw-senyawa poliatomik apakah itu suatu senyawa ionik atau kovalen. Seperti senyawa NH_4Cl . Siswa bingung menentukan senyawa berikut termasuk ionik atau kovalen yakni pada senyawa CaBr_2 , AlBr_3 , NH_4Br , HBr (Rohmah et al., 2022). Padahal, senyawa CaBr dan NH_4Br adalah suatu senyawa ionik, sementara AlBr_3

dan HBr adalah molekul kovalen. Selain itu, siswa menganggap bahwa NaH dan AgCl sebagai senyawa ionik. Hal ini bertentangan dengan pemahaman ilmuwan bahwa keduanya adalah suatu senyawa kovalen. Hal ini dapat ditinjau berdasarkan data perbedaan keelektronegatifan antara atom-atom penyusunnya karena merupakan senyawa biner. Perbedaan keelektronegatifan pada NaH dan AgCl, adalah masing-masing kurang dari 1,7. Menurut Effendy (buku ikatan kimia), senyawa-senyawa yang memiliki perbedaan keelektronegatifan kurang dari 1,7 adalah suatu molekul kovalen. Penyebab utama miskonsepsi pada sub topik ini adalah karena kerangka pemahaman siswa yang dibangun adalah ikatan ionik terjadi antara atom logam dengan non logam. Beberapa peneliti menganggap penyebab utama miskonsepsi pada area ini adalah karena skema pengajaran ikatan ionik dan ikatan kovalen yang tradisional. Dimana pada skema tradisional ini terdapat dua katagori utama ikatan kimia yakni ikatan intramolekuler dan ikatan antarmolekul (Levy Nahum et al., 2013). Kemudian ada dikotomi antara ikatan ionik, ikatan kovalen dan ikatan logam (Bergqvist, 2013). Kerangka konsep dimana ikatan kimia diajarkan berdasarkan perbedaan kekuatan ikatan sebagaimana yang disarankan oleh De Jong (2014), masih jarang dilakukan.

Miskonsepsi siswa atau mahasiswa juga meliputi anggapan bahwa ikatan ionik lebih lemah dari ikatan kovalen. Ini karena ikatan ionik digambarkan sebagai dua ion yang berdekatan, sementara ikatan kovalen digambarkan sebagai dua atom yang saling tumpang tindih, sehingga persepsi siswa adalah menganggap ikatan kovalen lebih kuat dari ikatan ionik, karena jarak antar inti yang lebih dekat pada ikatan kovalen. Dalam hal ini, beberapa penelitian menyarankan pembelajaran ikatan kimia dengan kerangka berdasarkan kekuatan ikatan (Dhindsa & Treagust, 2014) (Nahum et al., 2013).

Miskonsepsi juga terjadi karena kebingungan siswa antara konsep ikatan ionik dengan ikatan kovalen. Safitri dkk., melaporkan miskonsepsi siswa dimana siswa menggambarkan senyawa $MgCl_2$ dengan representasi ikatan kovalen, yaitu berupa struktur Lewis ikatan kovalen. Hal ini terjadi karena siswa menganggap bahwa ikatan ionik terjadi karena pemakaian bersama pasangan elektron dari atom-atom yang berikatan (Safitri, dkk., 2018).

Ikatan Kovalen. Beberapa bentuk miskonsepsi pada ikatan kovalen dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Miskonsepsi pada ikatan kovalen yang paling umum adalah ketidakmampuan siswa atau mahasiswa membedakan ikatan ionik dengan kovalen. Adapun untuk area miskonsepsi yang spesifik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Miskonsepsi berkaitan dengan ikatan kovalen

Bentuk Miskonsepsi Pada konsep Ikatan Kovalen	Sumber Rujukan
Ikatan kovalen terjadi karena atom-atom yang berikatan menggunakan satu atau lebih pasangan elektron bebas (PEB)	Erman
Ikatan kovalen koordinasi terjadi jika suatu PEB berasal dari salah satu atom yang berikatan.	
Dalam suatu molekul yang stabil, setiap atom harus mengikuti aturan oktet, khususnya atom pusat.	
Ikatan kovalen polar terjadi jika terdapat perbedaan afinitas elektron antara kedua atom yang berikatan.	
Bentuk suatu molekul tergantung pada jumlah atom yang terikat pada atom pusat molekul tersebut.	
Molekul nonpolar dapat mempunyai momen Dipol $\mu > 0$ jika spesimen positif dan negatif terpisah dengan jarak tertentu dan molekul polar dapat mempunyai momen dipol $\mu = 0$ jika spesimen negatif dan spesimen positif tidak terpisah	
Semua ikatan dalam molekul polar adalah polar jika mempunyai arah yang sama, dan semua ikatan pada	

Bentuk Miskonsepsi Pada konsep Ikatan Kovalen	Sumber Rujukan
<p>molekul nonpolar adalah nonpolar.</p> <p>Jumlah ikatan pada suatu molekul tergantung pada keelektronegatifannya. Jika kedua atom mempunyai keelektronegatifan yang sama maka terjadi ikatan rangkap, sementara jika keelektronegatifan kedua atom berbeda maka hanya terjadi ikatan tunggal.</p> <p>Panjang ikatan tergantung pada jenis ikatan dalam molekul</p> <p>Semua unsur dalam ikatan kovalen menyumbangkan jumlah elektron yang sama tanpa menghiraukan perbedaan keelektronegatifan unsur-unsur tersebut.*</p>	<p>Coll(Coll & Taylor, 2001); Luxford and Bretz(Luxford & Bretz, 2014); Unal et al.(Ünal et al., 2006); ozmen et al.(Özmen, 2008); Vrabec& Prokša(Özmen, 2008); Wang&Burrow.</p>
<p>Polaritas suatu ikatan ditentukan oleh elektron valensi</p> <p>Ikatan kovalen hanya dapat terjadi antara atom-atom nonlogam.</p> <p>Tarik menarik terjadi antar inti atom-atom yang berikatan kovalen.*</p> <p>Tidak ada rekognisi tentang gaya tarik menarik antara inti atom dengan elektron-elektron.*</p> <p>Tidak ada rekognisi tentang gaya tolak menolak yang terjadi antar inti atom-atom yang terlibat dalam ikatan kovalen.</p>	<p>Burrows&Mooring; özmen et al.; Wright and Oliver Hoyo Prodjosantoso et al.(Prodjosantoso & Hertina, 2019) Shahani&Jenkinson(Salyani et al., 2020); Sendur(Sen & Yilmaz, 2017); Wang&Burrow; Zohar&Levy(Zohar & Levy, 2019)</p>

KESIMPULAN

Bentuk miskonsepsi pada materi ikatan kimia, khususnya pada ikatan ionik dan ikatan kovalen sebagian merupakan pengulangan dari diagnosa miskonsepsi dari penelitian-penelitian yang berulang sebelumnya. Meskipun menggunakan alat tes diagnosa yang berbeda. Miskonsepsi pada konsep-konsep mendasar ikatan kimia terjadi baik pada siswa maupun mahasiswa perguruan tinggi. Miskonsepsi yang terjadi yang paling mendasar dan berulang adalah ketidakmampuan siswa maupun mahasiswa dalam membedakan ikatan ionik dan ikatan kovalen. Sebab utama yang didapatkan adalah karena kerangka pengenalan konsep materi ikatan kimia, dimana siswa tidak dibelajarkan dengan kerangka gaya tarik menarik elektrostatik. Sebab lainnya kurang diterapkannya kerangka pembelajaran yang memperhatikan urutan kekuatan ikatan, dan menghadirkan contoh-contoh makroskopik yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari siswa.

REKOMENDASI

Banyaknya laporan miskonsepsi dengan berbagai tambahan identifikasi pada konsep-konsep ikatan kimia, menjadi tantangan bagi pengajar ikatan kimia baik di Sekolah Menengah maupun Perguruan Tinggi. Pembelajaran ikatan kimia dapat memperhatikan proses pembentukan konsep pada siswa. Berbagai kerangka dalam pembelajaran ikatan kimia dapat diikuti, diantaranya dengan mengubah pola pengajaran dengan mengganti urutan materi ikatan kimia berdasarkan kekuatan energi secara kontinum (Nahum et al., 2007) (Gudyanga & Madambi, 2014) (Nahum et al., 2013)(Tsaparlis et al., 2018) (Dhindsa & Treagust, 2014) (Venkataraman, 2017).

Dalam pengajaran ikatan ionik dan kovalen secara khusus, representasi yang digunakan harus sangat diperhatikan oleh pengajar. Dalam ikatan ionik dan kovalen, diantaranya yang perlu diperhatikan penggunaan kerangka gaya elektrostatik, daripada mengenalkan ikatan ionik dengan proses transfer elektron(Taber, 2011)(Venkataraman,

2017). Selain itu, perlu dihindari penggunaan bahasa anthromorphic agar siswa atau mahasiswa tidak membangun konsep yang tidak sesuai, dan punya mental model yang salah terhadap ikatan kimia. Selain itu, pengajar sangat perlu memperhatikan sumber-sumber belajar yang digunakan. Karena, miskonsepsi dapat terjadi karena siswa membangun konsep yang salah bersumber dari sumber belajar baik berupa buku teks (Bergqvist et al., 2013) atau lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada LPPM UNDIKMA yang telah mensupport dana penelitian dan publikasi terkait “analisis konsep ikatan kimia” pada periode hibah sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Analita, N. R. (2022). *Analysis of Students' Chemical Bonding Misconception with A Four-Tier Diagnostic Test*.
- Ardiansah. (2018). Colleges Students' Misconception about Type of Bonding. *MATEC Web of Conferences*, 150, 05079.
- Ardiansyah, A., Jahro, I. S., & Darmana, A. (2021). Identification of High School Students' Misconceptions on Chemical Bonding With Three Tier Test. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 10(3).
- Awan, A. S., & Khan, T. M. (2013). Investigating Pakistani Students' alternative Ideas regarding the Concept of Chemical Bonding. *Bulletin of Education and Research*, 35(1), 17–29.
- Awan, A. S., Iqbal, M. Z., Khan, T. M., Mahmood, T., & Mohsin, M. N. (2012). Pupils' ideas in learning concept of the chemical bonding among Pakistani students. *International Journal of Applied*, 2(6).
- Bergqvist, A., & Chang Rundgren, S. N. (2017b). The influence of textbooks on teachers' knowledge of chemical bonding representations relative to students' difficulties understanding. *Research in Science and Technological Education*, 35(2), 215–237. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1295934>
- Bergqvist, A., & Chang Rundgren, S.-N. (2017a). The influence of textbooks on teachers' knowledge of chemical bonding representations relative to students' difficulties understanding. *Research in Science & Technological Education*, 35(2), 215–237.
- Bergqvist, A., Drechsler, M., & Chang Rundgren, S. N. (2016b). Upper Secondary Teachers' Knowledge for Teaching Chemical Bonding Models. *International Journal of Science Education*, 38(2), 298–318. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1125034>
- Bergqvist, A., Drechsler, M., & Chang Rundgren, S.-N. (2016a). Upper secondary teachers' knowledge for teaching chemical bonding models. *International Journal of Science Education*, 38(2), 298–318.
- Bergqvist, A., Drechsler, M., De Jong, O., & Rundgren, S.-N. C. (2013). Representations of chemical bonding models in school textbooks—help or hindrance for understanding? *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 589–606.
- Coll, R. K., & Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 171–191.
- Croft, M., & de Berg, K. (2014). From Common Sense Concepts to Scientifically Conditioned Concepts of Chemical Bonding: An Historical and Textbook Approach Designed to Address Learning and Teaching Issues at the Secondary School Level. *Science and Education*, 23(9), 1733–1761. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9683-0>
- Dhindsa, H. S., & Treagust, D. F. (2014). Prospective pedagogy for teaching chemical bonding for smart and sustainable learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 435–446.
- Doymus, K. (2008). Teaching chemical bonding through jigsaw cooperative learning. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 47–57.
- Erman, E. (2017). Factors contributing to students' misconceptions in learning covalent bonds. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(4), 520–537.
- Graulich, N., Lewis, S. E., Kahveci, A., Nyachwaya, J. M., & Lawrie, G. A. (2021). Writing a

- review article: What to do with my literature review. In *Chemistry Education Research and Practice* (Vol. 22, Issue 3, pp. 561–564). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d1rp90006d>
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611–628.
- Gudyanga, E., & Madambi, T. (2014). Pedagogics of chemical bonding in Chemistry; perspectives and potential for progress: The case of Zimbabwe secondary education. *International Journal of Secondary Education*, 2(1), 11–19.
- Hanson, R. (2017). Unearthing conceptions about types of chemical bonding through the use of tiered worksheets: A case study. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*, 8(2), 3112–3122.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 247–264.
- Hunter, K. H., Rodriguez, J. M. G., & Becker, N. M. (2022). A Review of Research on the Teaching and Learning of Chemical Bonding. In *Journal of Chemical Education* (Vol. 99, Issue 7, pp. 2451–2464). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00034>
- Jenkins, J. L., & Shoopman, B. T. (2019). Identifying Misconceptions That Limit Student Understanding of Molecular Orbital Diagrams. *Science Education International*, 30(3), 152–157.
- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Taber, K. S. (2010). Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, 46(2), 179–207.
- Luxford, C. J., & Bretz, S. L. (2014). Development of the bonding representations inventory to identify student misconceptions about covalent and ionic bonding representations. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 312–320.
- Majeed, S. (2023). An Exploration of Students' Common Misconceptions in the Subject of Chemistry at Secondary Level. *Annals of Human and Social Sciences*, 4(II). [https://doi.org/10.35484/ahss.2023\(4-II\)25](https://doi.org/10.35484/ahss.2023(4-II)25)
- Majeed, S., Ahmad, R., & Mazhar, S. (2023). An Exploration of Students' Common Misconceptions in the Subject of Chemistry at Secondary Level. *Annals of Human and Social Sciences*, 4(2), 265–272.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. In *BMJ (Online)* (Vol. 339, Issue 7716, pp. 332–336). <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Nahum, T. L., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Ziva, B.-D. (2004). Can Final Examinations Amplify Students' misconceptions In Chemistry? *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 301–325.
- Nahum, T. L., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2013). Teaching and learning of the chemical bonding concept: Problems and some pedagogical issues and recommendations. In *Concepts of matter in science education* (pp. 373–390). Springer.
- Nahum, T. L., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Krajcik, J. (2007). Developing a new teaching approach for the chemical bonding concept aligned with current scientific and pedagogical knowledge. *Science Education*, 91(4), 579–603.
- Nakhleh, M. B. (1992) Why some students don't learn chemistry?, *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196.
- Othman, J., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). An investigation into the relationship between students' conceptions of the particulate nature of matter and their understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531–1550.
- Ozmen, H. (2008). The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey. *Computers & Education*, 51(1), 423–438.

- Peterson, R. F., Treagust, D. F., & Garnett, P. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and-12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 301–314.
- Prodjosantoso, A. K., & Hertina, A. M. (2019). The Misconception Diagnosis on Ionic and Covalent Bonds Concepts with Three Tier Diagnostic Test. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1477–1488.
- Rohmah, R. S., Sholichah, N., Pratiwi, Y. N., & Analita, R. N. (2022). Analysis of Students' Chemical Bonding Misconception with A Four-Tier Diagnostic Test. *Vol*, 2, 166–174.
- Salah, H., & Dumon, A. (2014). Conceptual integration of covalent bond models by Algerian students. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 675–688. <https://doi.org/10.1039/c4rp00041b>
- Salyani, R., Nurmaliah, C., & Mahidin, M. (2020). Application of the 5E learning cycle model to overcome misconception and increase student learning activities in learning chemical bonding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460(1), 012102.
- Sunyono, S., & Meristin, A. (2018). The Effect Of Multiple Representation-Based Learning (Mrl) To Increase Students' understanding Of Chemical Bonding Concepts. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 399–406.
- Taber, K. S. (1997). *Understanding Chemical Bonding: The development of A level students' understanding of the concept of chemical bonding*. University of Surrey (United Kingdom).
- Taber, K. S. (2011). Models, molecules and misconceptions: a commentary on “secondary school students' misconceptions of covalent bonding”. *Journal of Turkish Science Education*, 8(1), 3–18.
- Taber, K. S. (2013). A common core to chemical conceptions: Learners' conceptions of chemical stability, change and bonding. *Concepts of Matter in Science Education*, 391–418.
- Thompson, B., Bunch, Z., & Popova, M. (2023). A Review of Research on the Quality and Use of Chemistry Textbooks. *Journal of Chemical Education*, 100(8), 2884–2895. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00385>
- Tsaparlis, G., Pappa, E. T., & Byers, B. (2018). Teaching and learning chemical bonding: research-based evidence for misconceptions and conceptual difficulties experienced by students in upper secondary schools and the effect of an enriched text. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1253–1269.
- Unal, S., Çalık, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies: needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 141–172.
- Venkataraman, B. (2017). Emphasizing the significance of electrostatic interactions in chemical bonding. *Journal of Chemical Education*, 94(3), 296–303.
- Vladusic, R., Bucat, R. B., & Ozic, M. (2023). Understanding covalent bonding—a scan across the Croatian education system. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 108–131.
- Vrabec, M., & Prokša, M. (2016). Identifying misconceptions related to chemical bonding concepts in the Slovak school system using the bonding representations inventory as a diagnostic tool. *Journal of Chemical Education*, 93(8), 1364–1370.
- Yayon, M., Mamlok-Naaman, R., & Fortus, D. (2012). Characterizing and representing student's conceptual knowledge of chemical bonding. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 248–267.
- Zohar, A. R., & Levy, S. T. (2019). Students' reasoning about chemical bonding: The lacuna of repulsion. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(7), 881–904.