

## Identifikasi Miskonsepsi Pada Konsep Ion Menggunakan Tes Diagnostik *Four-tier Test* Berbasis Representasi Jamak

Muhammad Ikhsan Sukaria\*

Jurusan PGSD, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Makassar  
muhammad.ikhsan@unm.ac.id

\*corresponding author

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi miskonsepsi yang dialami dengan menggunakan instrumen diagnostic *four-tier*. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan menggambarkan beragam miskonsepsi yang dialami siswa pada konsep ion. Tes diagnostik *four-tier* digunakan untuk menemukan miskonsepsi ini. Tes diagnostik *four-tier* terdiri dari empat tingkat pertanyaan. Tingkat pertama mengacu pada pertanyaan utama, tingkat kedua mengacu pada keyakinan siswa dalam menjawab pertanyaan tingkat pertama, tingkat ketiga mengacu pada alasan siswa memilih pertanyaan tingkat pertama, dan tingkat keempat mengacu pada keyakinan siswa dalam menjawab pertanyaan tingkat ketiga. Representasi pada soal menggunakan representasi jamak yang terdiri dari representasi makroskopik, submikroskopik, dan representasi simbol. Instrumen yang dikembangkan valid ditunjukkan dengan pengujian validitas oleh validator ahli. Subjek penelitian, siswa SMP kelas IX yang mempelajari materi atom molekul dan ion, memiliki reliabilitas tes sebesar 0,6. Penelitian ini berhasil menemukan miskonsepsi yang terjadi pada siswa yang berkaitan dengan konsep ion antara lain ; molekul merupakan gabungan ion-ion; muatan positif pada ion menandakan penambahan jumlah elektron sedangkan muatan negatif menandakan kehilangan elektron; molekul dan ion merupakan bentuk lain dari atom.

**Kata Kunci:** Miskonsepsi; Representasi Jamak; Tes Diagnostik Four-Tier

### Abstract

*This research aims to identify misconceptions experienced using a four-tier diagnostic instrument. The research method employed is qualitative descriptive, depicting various misconceptions encountered by students regarding the concept of ions. The four-tier diagnostic test is used to uncover these misconceptions. The four-tier diagnostic test consists of four levels of questions. The first level refers to the main question, the second level refers to the student's confidence in answering the first-level question, the third level refers to the reasons the student chooses the first-level question, and the fourth level refers to the student's confidence in answering the third-level question. Representation in the problem uses multiple representations consisting of macroscopic, submicroscopic, and symbolic representations. The developed instrument is shown to be valid through validity testing by expert validators. The research subjects, ninth-grade junior high school students studying atomic molecules and ions, have a test reliability of 0.6. This research successfully identified misconceptions among students related to the concept of ions, including: molecules are a combination of ions; a positive charge on an ion indicates an increase in the number of electrons, while a negative charge indicates a loss of electrons; molecules and ions are different forms of atoms.*

**Keywords:** Misconception; Multiple Representation; Four-Tier Diagnostic Test

Diterima (3 September 2024)

Disetujui (29 September 2024)

Dipublikasikan (30 September 2024)

## PENDAHULUAN

*Multiple representation* atau representasi jamak adalah penggunaan lebih dari satu jenis representasi dalam merepresentasikan suatu konsep yang sama. Misalnya, representasi dengan

menggunakan verbal, grafik, angka, dan diagram. Representasi jamak digunakan dengan mengintegrasikan representasi yang berbeda untuk mengomunikasikan ide, membuat sebuah penalaran, dan menjelaskan alasan (Hilton & Nichols, 2011; Mufida et al., 2024). Dalam sains, dikenal tiga level representasi yaitu submikroskopik, makroskopik, dan representasi symbol (Bergey et al., 2015; Corradi et al., 2014; Hilton & Nichols, 2011; Rau, 2015; Savinainen et al., 2017). Kemampuan dalam menghubungkan ketiga level representasi menjadi tantangan tersendiri bagi siswa. Mereka sulit dalam merepresentasikan fenomena sains pada level submikroskopik dan simbolik dan menghubungkan keduanya (Corradi et al., 2014)

Miskonsepsi yang muncul pada siswa harus menjadi perhatian guru dan siswa sendiri. Guru harus menemukan miskonsepsi pada siswa sejak awal karena miskonsepsi akan tertanam kuat dalam pemahaman siswa dan akan membutuhkan banyak upaya untuk memperbaikinya. (Won et al., 2014). Siswa akan mengalami kesulitan dalam belajar jika mereka tidak mengidentifikasi sejak awal. Ini disebabkan oleh fakta bahwa konsep-konsep sains sangat terkait satu sama lain, sehingga kegagalan untuk memahami salah satu dari mereka akan menyebabkan konsep-konsep sains lainnya menjadi kurang jelas (Savinainen et al., 2017). Akibatnya, dibutuhkan alat untuk mengidentifikasi kemungkinan miskonsepsi siswa.

Siswa mudah saja menuliskan representasi dalam bentuk simbol yang berupa persamaan, rumus, dan notasi akan tetapi mereka tidak memahami makna yang direpresentasikan simbol tersebut pada level submikroskopiknya (Samsudin et al., 2024). Sementara dalam sains terdapat beberapa konsep yang hanya bisa dipahami melalui integrasi lebih dari satu jenis representasi (Caleon & Subramaniam, 2010). Oleh karena itu, siswa dituntut untuk mengembangkan kemampuan representasi dalam memahami konsep-konsep tersebut. Beberapa konsep sains yang membutuhkan kemampuan dalam menghubungkan ketiga jenis representasi tersebut antara lain: ikatan kimia, teori partikel atom, hukum newton, dan proses pernafasan pada manusia (Bergey et al., 2015; Corradi et al., 2014; Hilton & Nichols, 2011; Rau, 2015; Savinainen et al., 2017)

Konsep-konsep sains seperti ikatan kimia dan partikel atom merupakan konsep yang sangat penting karena sangat berkaitan dengan materi atau konsep kimia yang lain. Kegagalan dalam memahami konsep mengenai ikatan kimia akan menyebabkan pengaruh yang besar terhadap kemampuan siswa dalam memahami materi kimia selanjutnya (Mufida et al., 2024). Konsep-konsep yang telah disebutkan di atas merupakan konsep tidak dapat diamati secara langsung sehingga siswa mengalami kesulitan dalam membangun model mentalnya.

Karena beberapa fenomena yang mengandung konsep kimia bersifat abstrak dan bahasa yang sulit digunakan, sangat mungkin bahwa siswa akan membuat kesalahan dalam memahami konsep kimia (Nichols et al., 2017; Zambak et al., 2017). Tidak jarang, ketika orang belajar tentang sains, mereka memiliki pemahaman yang salah tentang hal itu. Situasi ini seperti yang disebutkan di atas dikenal sebagai miskonsepsi. Salah satu konsep sains yang paling dasar, atom, harus dipahami oleh siswa. Gagal memahaminya akan membuat lebih sulit untuk memahami konsep sains lainnya.

Salah satu konsep dasar kimia, konsep atom, memberikan referensi untuk konsep kimia lainnya. Konsep ini menjelaskan bagaimana proton, neutron, dan elektron terdiri dari atom dan bagaimana ketiga partikel ini membentuk molekul. Siswa sering mengalami miskonsepsi karena sebagian besar konsep atom abstrak. Miskonsepsi ini biasanya berkaitan dengan kesalahan pemahaman tentang perbedaan antara atom, molekul, dan ion serta hubungan antara partikel atom dalam pembentukan molekul. (Kaltakci-Gurel et al., 2017; Lin et al., 2016; Wang, 2004). Oleh karena itu, penting bagi siswa untuk memahami materi dasar atom sejak awal. Ini dilakukan agar siswa dapat mengidentifikasi dan memperbaiki miskonsepsi mereka. Munculnya tes diagnostik *four-tier* juga dalam rangka menyempurnakan bentuk tes lain yang digunakan untuk mengidentifikasi miskonsepsi. Wawancara memiliki kelemahan dalam hal efektivitas. Untuk membuat generalisasi yang lebih luas, dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mewawancarai sampel yang besar. Administrasi,

pelaksanaan, dan penilaian tes pilihan ganda mudah. namun mereka tidak dapat membedakan jawaban benar dari hasil penalaran yang benar dan jawaban benar dari hasil penalaran yang salah. (Matijašević et al., 2016; Taban & Kiray, 2022).

Tes pilihan ganda bertingkat dua, tiga, dan empat dibuat untuk mengatasi kelemahan tes pilihan ganda konvensional. Tes pilihan ganda dua tingkat, yang terdiri dari materi pertanyaan di tingkat pertama dan pilihan alasan di tingkat kedua, memungkinkan siswa untuk menemukan dan menghitung proporsi jawaban yang salah dengan penalaran yang benar dan jawaban yang benar dengan penalaran yang salah, tetapi mereka tidak dapat membedakan antara kedua jenis tes. (Rodriguez & Towns, 2021; Taban & Kiray, 2022).

Kemungkinan tes two-tier mengabaikan faktor kurangnya pengetahuan sebagai penyebab miskonsepsi, yang mengakibatkan salah identifikasi penyebab miskonsepsi. Karena itu, tes three-tier memberikan alat diagnostik tambahan, yaitu tingkat keyakinan siswa dalam memilih opsi jawaban pada tes dua tingkat sebelumnya. Dengan demikian, pilihan tingkat keyakinan siswa akan memberikan informasi tambahan yang akan digunakan untuk menentukan faktor penyebab terjadinya miskonsepsi pada siswa (Chu et al., 2009; Rau, 2015; Rodriguez & Towns, 2021; Yuanita & Ibrahim, n.d.).

Salah satu kelemahan tes diagnostik three-tier adalah bahwa itu tidak dapat membedakan tingkat keyakinan pertama untuk pertanyaan utama dan tingkat keyakinan tiga tingkat untuk pilihan alasan. Akibatnya, skor siswa dapat lebih-lebihkan dan tes ini mungkin tidak memperhitungkan kesalahan karena kekurangan pengetahuan. Oleh karena itu, tes two-tier diubah menjadi four-tier. Ini dilakukan dengan menambah kepercayaan pada tingkat pertama dan alasan untuk tiga tingkat. (Adadan & Savasci, 2012; Wahyuni et al., 2019). Tes diagnostik empat-tier terdiri dari pertanyaan utama pada tingkat pertama, tingkat keyakinan pada tingkat kedua, pilihan alasan pada tingkat ketiga, dan tingkat keyakinan pada tingkat keempat. Oleh karena itu, kehadiran tes ini memungkinkan untuk menghilangkan kedua kemungkinan tersebut dengan menambah satu tingkat lagi pada tingkat keyakinan. (Kaltakci-Gurel et al., 2017).

Di antara metode yang disebutkan di atas, tes diagnostik *four-tier* adalah yang paling efektif untuk memberikan gambaran yang jelas tentang miskonsepsi siswa. Fitur-fitur dari tes ini dapat menutupi kelemahan dari metode identifikasi miskonsepsi lainnya. Studi telah dilakukan di dalam dan di luar negeri tentang pengembangan tes diagnostik empat tingkat. Beberapa penelitian pengembangan di luar negeri telah dilakukan pada materi fisika, termasuk materi geometri optik (Kaltakci-Gurel et al., 2017; Rodriguez & Towns, 2021) dan gelombang (Caleon & Subramaniam, 2010; Samsudin et al., 2024). Adapun penelitian yang telah dilakukan di dalam negeri diantaranya pada materi usaha dan energi (Jubaedah dkk., 2017), materi kemagnetan (Hermita, dkk., 2017), energi dan momentum (Afif et al., 2017), konsep getaran (Zaleha et al., 2017), dan konsep hukum Newton (Amiruddin et al., 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tes *four-tier* diagnostik dapat digunakan untuk menemukan miskonsepsi.

## METODE

Untuk mengidentifikasi miskonsepsi pada materi ion, penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan menggambarkan jenis miskonsepsi yang dialami siswa serta jumlah siswa yang mengalaminya. Tes diagnostik *four-tier* yang digunakan sebagai instrumen telah dilakukan validasi melalui *expert judgement* dan *content validity* dengan nilai 0,1406 dengan tingkat signifikansi 5%. Realibilitas tes dengan nilai 0.62 berada pada kategori tinggi. Tingkat kesukaran soal terdapat 6 soal dengan kategori mudah ( $0,70 < P \leq 1,00$ ), 15 soal pada kategori sedang ( $0,30 < P \leq 0,70$ ), dan 3 soal pada kategori sukar ( $0 < P \leq 0,30$ ). Merujuk pada proporsi penyebaran tingkat kesukaran pada suatu perangkat tes, ketiga kategori (mudah, sedang, sukar) baiknya mempunyai persentase dengan perbandingan 3:5:2. Diantara 24 butir soal, terdapat 3 soal dengan daya pembeda lemah

( $D \leq 0,20$ ), 5 soal dengan kategori baik ( $0,40 < D \leq 0,70$ ), 16 butir soal dengan kategori sedang ( $0,20 < D \leq 0,40$ )

Sumber data diperoleh dari hasil pengerjaan tes diagnostik oleh siswa kelas IX untuk Sekolah Menengah Pertama. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 80 siswa kelas IX yang tersebar pada dua Sekolah Menengah Pertama di Kabupaten Bone. Sebanyak 80 siswa yang menjadi sampel pada aplikasi penggunaan instrumen tes diagnostik *four-tier* kemudian dianalisis kombinasi jawaban yang mereka berikan. Kombinasi jawaban yang dianalisis hanya untuk soal-soal yang memenuhi kriteria valid. Jumlah soal yang akan dianalisis kombinasi jawabannya berjumlah 24 sesuai dengan jumlah butir soal yang valid. Kombinasi jawaban yang diberikan siswa akan menentukan letak level konsepsinya. Berdasarkan kriteria yang diajukan Kaltacki (2017) terdapat 5 level konsepsi siswa yaitu *misconception*, *lack of knowledge*, *scientific conception*, *false positif*, *false negatif*.

Untuk mengkategorikan kombinasi jawaban siswa ke dalam level-level konsepsi, tes diagnostik *four-tier* harus dijawab atau diisi oleh siswa. Jika salah satu tingkat di antaranya tidak dijawab, ini akan membuat tes tidak akurat dalam menempatkan siswa pada level konsepsi yang mereka miliki saat ini. Oleh karena itu, untuk menghindari hal ini terjadi, setiap butir soal layak dianalisis. Karena beberapa siswa tidak menjawab soal secara keseluruhan, mereka tidak dihitung untuk menghitung jumlah dan persentase siswa pada masing-masing tingkat konsepsi.. Kombinasi jawaban yang tidak lengkap pada analisis jawaban siswa dikode dengan istilah *error*. Setelah semua jawaban siswa untuk semua tingkat atau *tier* pada setiap butir soal ditabulasi, diperoleh jumlah siswa dan persentase untuk setiap level konsepsi. Jawaban yang telah ditabulasi tadi kemudian diolah untuk mendapatkan kombinasi jawaban yang diajukan oleh Kaltacki (2017). Pengolahan data dilakukan pada aplikasi Microsoft Exel. Untuk setiap jawaban benar pada *tier* pertama (pokok pertanyaan) dan ketiga (alasan) diberi nilai 1 dan nilai 0 untuk jawaban salah. Untuk tingkat kepercayaan pada *tier* kedua dan keempat, jika siswa menjawab yakin diberi nilai 1 dan jika tidak yakin diberi nilai 0. Jika siswa tidak menjawab atau merespons butir soal, maka diberi tanda garis mendatar dan pada pengolahannya diberi keterangan kosong.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

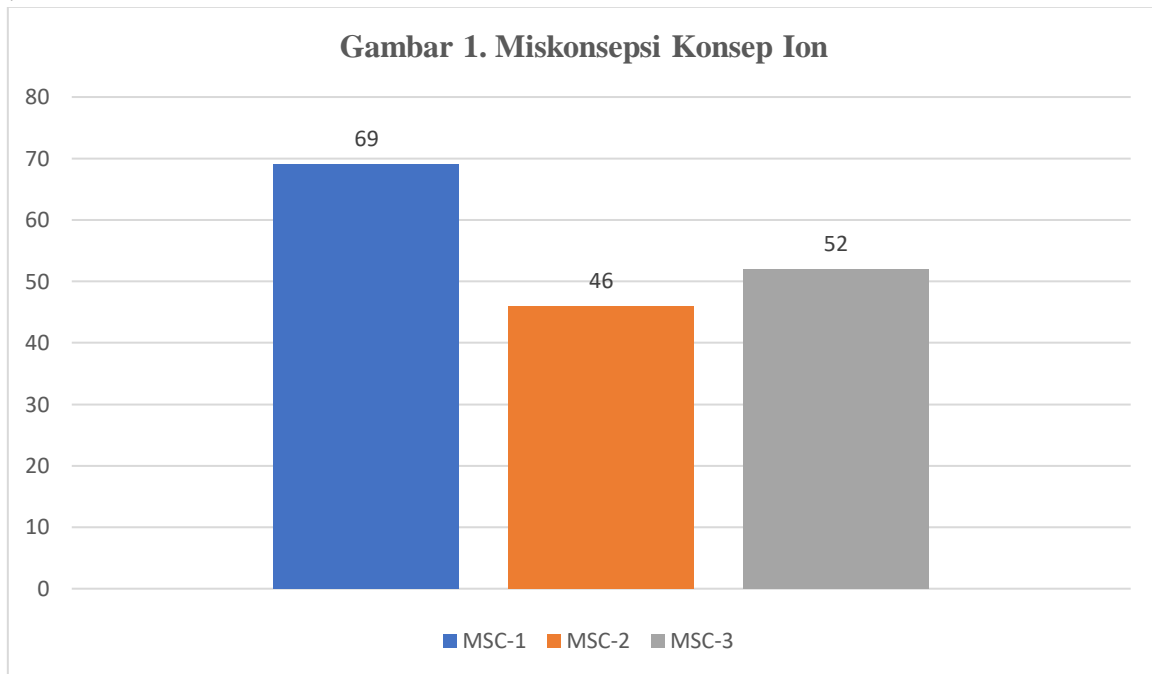
### HASIL

Untuk setiap butir soal terdapat tiga jenis miskonsepsi yang dapat diidentifikasi dengan instrumen tes diagnostik ini.. Keputusan terhadap jenis miskonsepsi yang dialami siswa untuk setiap butir soal ditentukan dari pilihan jawaban yang dipilih siswa pada *tier* kedua dan keempat. Jika siswa yakin dengan pilihan jawaban salah pada pertanyaan utama di tier pertama dan juga yakin dengan pilihan alasan pada *tier* atau tingkat ketiga maka siswa tersebut mengalami miskonsepsi. Setelah soal diberikan, siswa diminta menjawab setiap tingkat dari soal yang ada. Konstruksi setiap butir soal mengandung miskonsepsi pada konsep ion. Berikut tabel yang menyajikan data mengenai indikator miskonsepsi pada konsep ion

**Tabel 1. Indikator Miskonsepsi Konsep Ion**

Konsep	Kode	Butir Soal	Target Miskonsepsi
Ion	MSC-1	1, 2, 5, 6	Molekul merupakan gabungan ion-ion
	MSC-2	3, 8	Muatan positif pada ion menandakan penambahan jumlah elektron sedangkan muatan negatif menandakan kehilangan elektron
	MSC-3	4, 7	Molekul dan ion merupakan bentuk lain dari atom

Ragam miskonsepsi yang telah teridentifikasi kemudian ditempatkan sesuai dengan level konsepsi siswa. Level miskonsepsi siswa yang dimaksud terdiri dari lima level konsepsi yaitu *misconception*, *lack of knowledge*, *scientific conception*, *false positif*, *false negatif*.



## Pembahasan

Miskonsepsi pada konsep ion juga terbagi menjadi tiga bagian sesuai dengan indikator dari kisi-kisi butir soal. Setiap indikator ini diwakili oleh beberapa butir soal.

### Molekul Merupakan Gabungan Ion-Ion (MSC-1)

Berdasarkan hasil analisis terhadap jawaban yang diberikan siswa, ditemukan beberapa miskonsepsi mengenai pembentukan ion dan atom. Pada butir soal nomor 1, terdapat 15 siswa yang memberikan jawaban pada pilihan alasan A yaitu molekul merupakan gabungan ion-ion. Menurut teori yang ada, molekul terbentuk bukan berasal dari proses bergabungnya ion-ion, akan tetapi merupakan gabungan atom-atom. Meskipun dalam prosesnya, molekul dapat terurai membentuk ion-ion. Dugaan terhadap penyebab miskonsepsi itu terjadi karena siswa menginterpretasi reaksi pada pokok pertanyaan dapat berjalan sebaliknya sehingga mereka menganggap bahwa ion-ion yang bergabung akan membentuk molekul. Pada butir soal nomor 2 masih mengenai pembentukan ion dari atom. Ada beberapa kesalahpahaman atau miskonsepsi siswa dalam memahami proses pembentukan ion dari atom. Terdapat sebanyak 4 siswa yang menjawab bahwa ketika unsur  ${}_{12}\text{Q}$  membentuk ion, unsur tersebut akan menerima dua elektron. Kesalahan ini mungkin terjadi karena siswa tidak menguasai konsep dasar mengenai atom. Sementara kaitan antara konsep atom dan konsep ion merupakan mempunyai keterkaitan yang sangat erat. Terdapat pula pilihan jawaban siswa pada option lain yang teridentifikasi miskonsepsi sebanyak 9 yaitu bahwa pembentukan ion tidak mengurangi jumlah elektron. Kesalahan ini mungkin disebabkan karena anggapan siswa bahwa atom dan ion merupakan dua istilah yang sinonim. Ion hanya merupakan istilah lain untuk menyebut atom.

Pada butir soal nomor 6, teridentifikasi pula miskonsepsi mengenai notasi unsur ketika melepaskan elektron. Butir soal ini mengukur kemampuan representasi simbolik siswa. Terdapat sebanyak 17 siswa yang mengalami miskonsepsi bahwa ketika  ${}_{12}^{24}\text{Mg}$  melepaskan elektron, unsur Mg

akan memiliki lambang  $Mg^{-2}$  yang menandakan bahwa atom tersebut kehilangan elektron. Miskonsepsi ini mungkin disebabkan karena siswa tersebut menganggap bahwa muatan negatif menandakan ada jumlah yang berkurang sehingga ketika membaca pokok pertanyaan melepaskan elektron, pikiran siswa mengarah pada pilihan jawaban dengan notasi yang bertanda negatif ( $Mg^{-2}$ ). Sumber miskonsepsi seperti ini disebut sebagai kesalahan konteks (Amiruddin et al., 2024). Siswa tidak memperhatikan konteks penggunaan dan makna dari tanda negatif pada pembentukan ion. Mereka menggunakan konteks tanda negatif dalam matematika sehingga menyimpulkan tanda negatif itu mengurangi jumlah. Padahal pada pembentukan ion, ketika suatu atom melepaskan elektron, atom menjadi tidak netral lagi. Karena melepaskan elektron jumlah proton dalam atom tersebut lebih banyak dari jumlah elektron sehingga menyebabkan muatan atom didominasi oleh muatan proton yang kita ketahui bermuatan positif. Alasan ini menyebabkan ketika atom melepaskan elektron, notasinya akan bermuatan positif sejumlah elektron yang dilepaskan.

### **Muatan Positif Pada Ion Menandakan Pertambahan Jumlah Elektron dan Muatan Negatif Menandakan Kehilangan Elektron (MSC-2)**

Butir soal nomor 3 dan 8 bertujuan untuk mengidentifikasi miskonsepsi terkait perbedaan atom dan ion. Miskonsepsi ini hampir sama dengan indikator sebelumnya mengenai proses pembentukan ion dan atom. Bedanya adalah butir soal indikator ini telah menjelaskan proses pembentukan ion dari atom pada pokok pertanyaannya sehingga siswa hanya diminta untuk menentukan perbedaan antara atom dan ion. Berdasarkan jawaban siswa pada soal nomor 3, ditemukan miskonsepsi bahwa ion natrium ( $Na$ ) dan ion natrium ( $Na^+$ ) berbeda karena ion natrium menangkap satu proton lebih dari ion natrium, sehingga siswa menganggap bahwa ion natrium melepaskan proton bermuatan positif, sehingga ion natrium bertanda positif. Penulis percaya bahwa kesalahan penalaran siswa menyebabkan miskonsepsi. Muatan positif oleh siswa diartikan sebagai muatan dari partikel proton sehingga mereka menyimpulkan bahwa yang dilepaskan oleh atom natrium adalah proton. Padahal tanda positif pada ion Natrium menandakan bahwa jumlah proton yang bermuatan positif lebih banyak dari jumlah elektron setelah atom natrium melepaskan satu elektron.

### **Molekul dan Ion Merupakan Bentuk Lain Dari Atom (MSC-3)**

Miskonsepsi yang diperoleh dari kedua butir soal ini adalah siswa menganggap bahwa jika dua atom yang berbeda bergabung maka akan terbentuk molekul. Pada butir soal nomor 4, siswa menjawab bahwa gabungan antara ion  $Na^+$  dan  $Cl^-$  akan membentuk molekul senyawa dengan alasan bahwa keduanya merupakan gabungan antara dua atom yang berbeda. Padahal menurut teori yang ada, pasangan atau gabungan ion-ion tidak membentuk molekul melainkan membentuk senyawa ionik. Miskonsepsi yang dialami oleh siswa mungkin disebabkan karena siswa melakukan overgeneralisasi terhadap pengertian dari molekul (Samsudin et al., 2024). Anggapan siswa bahwa semua atom atau unsur ketika bergabung akan membentuk molekul termasuk ion merupakan suatu anggapan keliru yang muncul karena proses penalaran yang salah mengenai pengertian dari molekul. Kemungkinan penyebab lain adalah karena siswa salah dalam memahami penjelasan yang disampaikan oleh guru. Tidak hanya menjelaskan hasil penelitian, tetapi pembahasan dimaksudkan untuk menginterpretasikan dan memaknai temuan penelitian sesuai dengan teori yang digunakan. Pembahasan harus diperkaya dengan merujuk atau membandingkan hasil penelitian sebelumnya yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah berkualitas.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Siswa sering salah memahami konsep ion. Misalnya, mereka salah mengartikan bahwa molekul terdiri dari gabungan ion dan ion; kation memiliki muatan positif karena melepaskan

elektron, sedangkan setiap atom hanya dapat melepaskan satu elektron untuk membentuk ion, dan ion dengan muatan positif menunjukkan bahwa atom mengalami penambahan jumlah elektron.

Penelitian mengenai miskonsepsi ini masih sangat banyak dialami oleh siswa terutama untuk konsep yang tidak dapat diamati secara langsung sehingga membutuhkan pendekatan pembelajaran dan penggunaan media belajar yang mampu mengakomodir keterbatasan itu. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya sangat bermanfaat jika mampu memaksimalkan pendekatan representasi jamak dan model identifikasi yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adadan, E., & Savasci, F. (2012). An analysis of 16–17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a *two-tier* diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2011.636084>
- Afif, N. F., Nugraha, M. G., & Samsudin, A. (2017). *Developing energy and momentum conceptual survey (EMCS) with four-tier diagnostic test items*. 050010. <https://doi.org/10.1063/1.4983966>
- Amiruddin, M. Z. B., Samsudin, A., Suhandi, A., & Costu, B. (2024). Bibliometric Investigation in Misconceptions and Conceptual Change Over Three Decades of Science Education. *International Journal of Educational Methodology, volume-10-2024*(volume-10-issue-3-august-2024), 367–385. <https://doi.org/10.12973/ijem.10.3.367>
- Bergey, B. W., Cromley, J. G., Kirchgessner, M. L., & Newcombe, N. S. (2015). Using diagrams versus text for spaced restudy: Effects on learning in 10th grade biology classes. *British Journal of Educational Psychology*, 85(1), 59–74. <https://doi.org/10.1111/bjep.12062>
- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010). Development and Application of a Three-Tier Diagnostic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves. *International Journal of Science Education*, 32(7), 939–961. <https://doi.org/10.1080/09500690902890130>
- Chu, H., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2009). A stratified study of students' understanding of basic optics concepts in different contexts using two-tier multiple-choice items. *Research in Science & Technological Education*, 27(3), 253–265. <https://doi.org/10.1080/02635140903162553>
- Corradi, D. M. J., Elen, J., Schraepen, B., & Clarebout, G. (2014). Understanding Possibilities and Limitations of Abstract Chemical Representations for Achieving Conceptual Understanding. *International Journal of Science Education*, 36(5), 715–734. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.824630>
- Hilton, A., & Nichols, K. (2011). Representational Classroom Practices that Contribute to Students' Conceptual and Representational Understanding of Chemical Bonding. *International Journal of Science Education*, 33(16), 2215–2246. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.543438>
- Kaltakci-Gurel, D., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2017). Development and application of a *four-tier* test to assess pre-service physics teachers' misconceptions about geometrical optics. *Research in Science & Technological Education*, 35(2), 238–260. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1310094>
- Lin, S.-W., Liu, Y., Chen, S.-F., Wang, J.-R., & Kao, H.-L. (2016). Elementary School Students' Science Talk Ability in Inquiry-Oriented Settings in Taiwan: Test Development, Verification, and Performance Benchmarks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(7), 1199–1214. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9663-0>
- Matijašević, I., Korolija, J. N., & Mandić, L. M. (2016). Translation of  $P = kT$  into a pictorial external representation by high school seniors. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 656–674. <https://doi.org/10.1039/C6RP00030D>

- Mufida, S. N., Kaniawati, I., Samsudin, A., Suhendi, E., Aminudin, A. H., Umar, F. A., Astuti, I. R. W., Kunaedi, J., & Dewi, F. H. (2024). Developing Multitier Open-ended Transverse Wave Instrument (MOTWI): How to Assess Students' Misconceptions? *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i13.16006>
- Nichols, K., Burgh, G., & Kennedy, C. (2017). Comparing Two Inquiry Professional Development Interventions in Science on Primary Students' Questioning and Other Inquiry Behaviours. *Research in Science Education*, 47(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9487-5>
- Rau, M. A. (2015). Enhancing undergraduate chemistry learning by helping students make connections among multiple graphical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 654–669. <https://doi.org/10.1039/C5RP00065C>
- Rodriguez, J.-M. G., & Towns, M. H. (2021). Analysis of biochemistry students' graphical reasoning using misconceptions constructivism and fine-grained constructivism: Why assumptions about the nature and structure of knowledge matter for research and teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(4), 1020–1034. <https://doi.org/10.1039/D1RP00041A>
- Samsudin, A., Zulfikar, A., Saepuzaman, D., Suhandi, A., Aminudin, A. H., Supriyadi, S., & Coştu, B. (2024). Correcting grade 11 students misconceptions of the concept of force through the conceptual change model (CCM) with PDEODE E tasks. *Journal of Turkish Science Education*, 2. <https://doi.org/10.36681/tused.2024.012>
- Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2017). The Effect of Using a Visual Representation Tool in a Teaching-Learning Sequence for Teaching Newton's Third Law. *Research in Science Education*, 47(1), 119–135. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9492-8>
- Taban, T., & Kiray, S. A. (2022). Determination of Science Teacher Candidates' Misconceptions on Liquid Pressure with *Four-tier* Diagnostic Test. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(8), 1791–1811. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10224-8>
- Wahyuni, A. S. A., Rustaman, N., Rusdiana, D., & Muslim. (2019). Analyze of conceptions and misconceptions on pre-service teacher about light. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(5), 052071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052071>
- Wang, J.-R. (2004). Development and Validation of a *Two-tier* Instrument to Examine Understanding of Internal Transport in Plants and the Human Circulatory System. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 131–157. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-9323-2>
- Won, M., Yoon, H., & Treagust, D. F. (2014). Students' Learning Strategies With Multiple Representations: Explanations of the Human Breathing Mechanism: LEARNING STRATEGIES WITH MULTIPLE REPRESENTATIONS. *Science Education*, 98(5), 840–866. <https://doi.org/10.1002/sce.21128>
- Yuanita, L., & Ibrahim, M. (n.d.). *Supporting Students in Learning with Multiple Representation to Improve Student Mental Models on Atomic Structure Concepts*.
- Zaleha, Z., Samsudin, A., & Nugraha, M. G. (2017). Pengembangan Instrumen Tes Diagnostik VCCI Bentuk *Four-tier* Test pada Konsep Getaran. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 3(1), 36. <https://doi.org/10.25273/jpfk.v3i1.980>
- Zambak, V. S., Alston, D. M., Marshall, J. C., & Tyminski, A. M. (2017). *Convincing Science Teachers for Inquiry-Based Instruction: Guskey's Staff Development Model Revisited*. 25(2).