

ORBITAL : JURNAL PENDIDIKAN KIMIA

Website : jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/orbital

ISSN 2580-1856 (print) ISSN 2598-0858 (online)

TELAAH TOPIK STOIKIOMETRI SMA: MISKONSEPSI DAN STRATEGI PEMBELAJARANNYA

Indah R Anugrah

Jurusan Tadris Biologi, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, IAIN Syekh Nurjati Cirebon

E-mail: indahanugrah@syekhnurjati.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received September 2019

Revised form October 2019

Accepted December 2019

Published online December 2019

Abstract: The problem of student's misconceptions of stoichiometry is still happening even though there have been so many studies done for identify misconception experienced by students. It is because most of those research is only focused on revealing student's misconceptions. The purpose of this study is to identify the tendency of misconceptions experienced by students and examine the appropriate learning strategies that can be applied to avoid those misconceptions. Comparative study is performed to determine misconceptions appeared in the identification process through various diagnostic instruments, namely two-tier test, three-tier test and certainty of response index. The result of this study shows that most of misconceptions appeared because students are too focused on the algorithmic aspects and put aside the conceptual aspects in solving stoichiometric problems. It is caused by the instruction process which emphasizes the success of using formulas to solve numeric problems so students ignore understanding of related concepts. The use of chemical representation visualization through student-generated sub-micro diagrams is considered capable of being a link between macroscopic and symbolic phenomena so as to enhance students's understanding of concepts related to stoichiometry.

Keyword: misconception, multiple representation, stoichiometry, student-generated sub-micro diagrams

Abstrak: Problematika miskonsepsi siswa pada topik stoikiometri sampai saat ini masih terjadi meskipun studi tentang identifikasi miskonsepsi sudah banyak dilakukan. Hal ini dikarenakan sebagian besar fokus penelitian tersebut hanya ditujukan pada cara mengungkap miskonsepsi siswa. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kecenderungan miskonsepsi yang dialami oleh siswa dan menelaah strategi pembelajaran yang sesuai yang dapat diterapkan untuk menghindari miskonsepsi tersebut. Studi komparatif dilakukan untuk mengetahui miskonsepsi stoikiometri yang muncul dari proses identifikasi melalui beragam instrumen diagnostik, yaitu *two-tier test*, *three-tier test* dan *certainty of response index*. Hasil studi komparatif menunjukkan bahwa sebagian besar miskonsepsi muncul karena siswa lebih berfokus pada aspek algoritmik dan mengesampingkan aspek konseptual dalam menyelesaikan soal stoikiometri. Hal ini diakibatkan oleh proses pembelajaran topik stoikiometri yang lebih menekankan pada keberhasilan menggunakan rumus untuk menyelesaikan soal-soal hitungan sehingga siswa mengabaikan pemahaman konsep terkait stoikiometri. Penggunaan visualisasi representasi kimia melalui *student-generated sub-micro diagram* dianggap mampu menjadi penghubung keterkaitan fenomena makroskopik dengan simbolik sehingga dapat meningkatkan pemahaman konsep terkait stoikiometri.

Kata kunci: miskonsepsi, multi representasi, stoikiometri, student-generated sub-micro diagram

Pendahuluan

Stoikiometri merupakan salah satu topik paling penting dalam mata pelajaran Kimia di tingkat sekolah menengah atas. Jika ditelaah dari Kompetensi Dasar Kurikulum 2013 (Kemendikbud, 2013), stoikiometri merupakan salah satu topik awal dalam peta sekuensi topik-topik Kimia SMA/MA. Hal ini mengindikasikan bahwa stoikiometri menjadi salah satu dasar bagi siswa untuk dapat memahami konsep Kimia lainnya. Dengan demikian, pemahaman siswa terhadap topik ini perlu dipastikan agar tidak menjadi kendala bagi siswa untuk memahami konsep-konsep lainnya.

Banyak studi telah dilakukan berkaitan dengan topik stoikiometri, baik dari segi strategi pembelajarannya sampai cara mengevaluasinya. Hal yang menarik adalah konsistennya studi-studi mengenai kesulitan dan miskonsepsi siswa terhadap topik ini. Beberapa studi (Frazer dan Servant, 1986, 1987; Schmidt, 1990; Huddle dan Pillay, 1996; Boujaoude dan Barakat, 2000; Arasasingham dkk, 2004) sudah sejak lama mengeksplorasi kesulitan siswa dalam memecahkan soal-soal stoikiometri. Di Indonesia sendiri, studi tentang miskonsepsi pada topik stoikiometri sudah banyak dilakukan (Sidauruk, 2005; Anugrah dkk, 2013; Aini dkk, 2016; Astuti dkk, 2016 dan Damayanti, 2017). Tetap berlangsungnya studi-studi tentang miskonsepsi stoikiometri selama belasan tahun ini menunjukkan bahwa problematika miskonsepsi siswa masih ada dan tetap berlangsung hingga saat ini.

Dalam berbagai studi tersebut di atas, arah penelitiannya hanya berfokus pada cara mengungkap miskonsepsi siswa. Padahal, yang tidak kalah penting adalah bagaimana cara mengidentifikasi penyebab dan mencari solusi dari miskonsepsi tersebut. Oleh sebab itu, perlu adanya telaah hasil berbagai studi di atas untuk mengetahui bagaimana tren miskonsepsi yang dialami siswa pada topik stoikiometri. Hal ini perlu diketahui untuk menjadi dasar mencari solusi yang tepat terhadap miskonsepsi siswa pada topik stoikiometri. Dengan demikian, dapat ditentukan implikasi yang tepat terhadap proses pembelajaran di sekolah sehingga miskonsepsi siswa dapat dihindari dan tidak menghambat terhadap pemahaman konsep kimia lain.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Metode penelitian komparatif deskriptif digunakan dalam penelitian ini. Variabel yang dibandingkan adalah miskonsepsi siswa pada topik Stoikiometri hasil berbagai penelitian diagnosis miskonsepsi yang berlangsung dalam rentang waktu yang berbeda dengan jenis tes diagnostik yang berbeda pula.

Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di salah satu sekolah negeri di kota Bandung dengan subjek penelitian yaitu siswa kelas X. Objek penelitian ini adalah hasil studi penulis tentang diagnosis miskonsepsi topik Stoikiometri menggunakan tes *two-tier*. Hasil studi tersebut dikomparasikan dengan hasil studi serupa, yaitu studi tentang karakteristik Tes Diagnostik Stoikiometri (TDS) berjenis pilihan ganda *two-tier* dalam mengidentifikasi dan mendeskripsikan penyebab miskonsepsi yang dilakukan oleh Sidauruk (2005) dan Astuti dkk (2016) serta penelitian mengenai identifikasi miskonsepsi menggunakan instrumen *three-tier* oleh Aini dkk (2016) dan metode Certainty of Response Index (CRI) termodifikasi oleh Damayanti (2017).

Pengumpulan dan Analisis Data

Dari hasil beberapa studi tentang miskonsepsi topik Stoikiometri, dilakukan analisis data miskonsepsi apa saja yang konsisten terungkap melalui tes diagnostik yang berbeda. Analisis mendalam dilakukan terhadap temuan miskonsepsi tersebut, terutama latar belakang yang menyebabkan kesalahan persepsi siswa tersebut berdasarkan jawaban-jawaban responden. Selanjutnya dilakukan studi literatur mengenai solusi atas miskonsepsi-miskonsepsi tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Miskonsepsi Siswa pada Topik Stoikiometri

Dalam penelitian ini, fokus analisis komparasi terhadap beberapa hasil studi yang telah disebutkan di atas adalah untuk mengetahui miskonsepsi apa saja yang sering dialami oleh siswa pada topik stoikiometri, bukan pada karakteristik instrumen yang digunakannya. Hasil analisis menunjukkan ada beberapa miskonsepsi yang sama yang ditemukan pada beberapa hasil studi tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa miskonsepsi tersebut umum ditemukan pada siswa

yang mempelajari stoikiometri. Miskonsepsi tersebut adalah:

1. Zat sisa hasil reaksi tidak perlu dituliskan pada hasil reaksi. Sebagaimana siswa telah mempelajari tentang perubahan fisika dan perubahan kimia, sebagian besar memahami bahwa perbedaan mendasar antara perubahan fisika dan kimia terletak pada hasil perubahannya. Perubahan fisika menghasilkan zat yang dapat kembali ke wujud semula, sedangkan perubahan kimia menghasilkan zat baru dan tidak dapat kembali ke wujud semula. Definisi ini mengantarkan siswa pada pemahaman bahwa reaksi kimia selalu berjalan satu arah. Namun pada kenyataannya, suatu reaksi dapat berlangsung dengan menyisakan sejumlah pereaksi. Hal ini terjadi karena pereaksi tersebut bertindak sebagai pereaksi pembatas ataupun reaksi tersebut berlangsung berkesetimbangan.
2. Kesalahan menuliskan rumus molekul. Mengambil contoh hasil penelitian Damayanti (2017), pada saat responden diminta untuk menuliskan persamaan reaksi setara antara logam magnesium dan gas oksigen menjadi magnesium oksida, persamaan reaksi yang dibuat adalah $Mg(s) + O(g) \rightarrow MgO(s)$. Dalam hal ini responden menganggap oksigen yang bereaksi adalah bentuk unsurnya bukan berupa molekul. Hal ini dikarenakan cara populer bagi siswa untuk menentukan rumus molekul adalah melalui cara menghafal.
3. Mengabaikan bilangan indeks dalam perhitungan reaksi. Hal ini disebabkan karena siswa lebih mengaitkan mol dengan jumlah molekul daripada mengaitkan mol dengan jumlah atom. Miskonsepsi ini memunculkan miskonsepsi lain, yaitu bahwa jumlah molekul sama dengan jumlah mol. Hal ini disebabkan karena siswa belum mampu membedakan antara atom dan molekul sehingga terjadi penggunaan istilah yang saling berganti untuk atom, molekul dan mol.
4. Pada suatu persamaan reaksi, yang disetarakan adalah jumlah koefisiennya. Sebagaimana diketahui, untuk menyetarakan jumlah atom digunakan pemberian koefisien reaksi di depan zat-zat yang bereaksi. Terkadang guru menggunakan bahasa “setarakan koefisiennya” padahal yang dimaksud adalah “setarakan jumlah atomnya dengan menambahkan angka koefisien”. Akibatnya muncul anggapan yang disetarakan adalah koefisiennya.
5. Kesalahan hubungan mol dengan volume. Sebagian besar responden selalu menggunakan rumus $V = n \times 22,4 \text{ L}$ untuk mengerjakan soal algoritmik mengenai senyawa berwujud gas. Padahal rumus tersebut hanya berlaku jika reaksi tersebut berlangsung dalam kondisi standar. Hal tersebut diabaikan siswa asalkan dalam soal tersebut mempunyai data volume, maka rumus yang digunakan adalah rumus di atas. Pada kasus yang lain sebagian responden beranggapan jika molekul-molekul yang berbeda memiliki jumlah mol yang sama, maka molekul-molekul tersebut selalu menempati volume yang sama. Hal ini tergambar pada jawaban siswa pada penelitian Sidauruk (2005) bahwa “ $CO_2(g)$, $CaCO_3(s)$ dan $H_2O(l)$ masing-masing 1 mol, memiliki volume yang sama pada keadaan STP. Hal ini mengindikasikan bahwa siswa menempatkan hukum perbandingan volume tidak pada tempatnya. Siswa terkecoh dengan data mol yang sama dan keadaan STP untuk menentukan volume masing-

masing zat sehingga langsung mengasosiasikannya dengan hukum dasar kimia yang memiliki variabel yang sama (mol dan volume) yaitu hukum perbandingan volume tanpa memperhatikan bahwa zat tersebut tidak semuanya berwujud gas.

6. Kesalahan menentukan pereaksi pembatas. Sebagian responden menentukan pereaksi pembatas dengan melihat pereaksi yang memiliki jumlah mol ataupun jumlah massa yang paling sedikit. Responden tersebut mengabaikan koefisien reaksi yang mempengaruhi penentuan pereaksi pembatas. Sebagian responden lain mampu menjawab dengan tepat setelah mengikutsertakan koefisien dalam perhitungannya. Namun saat ditanya bagaimana bisa zat dengan jumlah lebih besar dibandingkan pereaksi lainnya dapat menjadi pereaksi pembatas yang habis bereaksi terlebih dahulu, responden tersebut kemudian menjadi ragu dan tidak dapat memberikan alasannya.

Dari miskonsepsi yang terungkap di atas, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar miskonsepsi berasal dari kekurangpahaman siswa terhadap konsep-konsep kimia yang mendukung perhitungan kimia, seperti materi dan perubahannya (atom, molekul dan ion) serta hukum-hukum dasar kimia. Hal ini mungkin diakibatkan karena pembelajaran topik stoikiometri disampaikan oleh guru dengan lebih menekankan pada segi algoritmik dengan mengabaikan pemahaman pada konsepnya. Hal ini dikonfirmasi melalui hasil wawancara terhadap responden yang menyatakan bahwa penyampaian materi stoikiometri terlalu berfokus pada rumus-rumus perhitungan sehingga siswa lebih berfokus pada cara menyelesaikan suatu soal menggunakan rumus-rumus dengan mengabaikan segi konseptualnya.

Pada beberapa hasil temuan lain, responden nampak terlalu bergantung dengan rumus untuk menyelesaikan soal-soal stoikiometri. Saat diminta untuk menjelaskan makna dari soal tersebut, siswa nampak tidak yakin dengan jawabannya. Penggunaan soal-soal perhitungan tradisional yang digunakan guru untuk mengukur keterampilan siswa menggunakan rumus rupanya dapat menutupi miskonsepsi siswa. Teknik manipulasi rumus yang dilakukan siswa saat mengerjakan soal menyebabkan miskonsepsi yang dialami tidak terdeteksi. Pendekatan aljabar yang digunakan kebanyakan guru dalam menyampaikan materi stoikiometri kurang dapat mengembangkan pemahaman konseptual siswa meskipun siswa dapat menyelesaikan perhitungan kimia. Fenomena *algorithmic-dependent* yang dialami siswa ini menunjukkan bahwa keberhasilan siswa mengerjakan soal-soal stoikiometri tidak menjadi jaminan akan pemahaman siswa terhadap pemahaman konsep stoikiometri.

Adanya kesenjangan antara pemahaman konseptual dengan kemampuan siswa mengerjakan soal algoritmik ini konsisten dengan hasil penelitian Nurrenbern dan Pickering(1987). Menurut studi tersebut, disaat siswa mampu mengerjakan soal-soal kimia yang bersifat algoritmik, mereka mengalami kesulitan untuk menjawab soal-soal konseptual, meski pada topik yang sama. Kemampuan siswa untuk menyelesaikan soal perhitungan kimia menggunakan algoritma tanpa kemampuan menalar dan memproses yang merepresentasikan pemahaman konseptual secara bersamaan dengan kemampuan algoritmik juga banyak terdokumentasi pada banyak studi (Niaz dan Robinson, 1992; Nakhleh

dkk., 1996; Boujaoude dan Barakat, 2000; Sanger, 2005, Papaphotis dan Tsaparlis, 2008). Bahkan, menurut Stamovlasis *dkk* (2004, 2005) kompetensi dalam mengerjakan soal algoritmik tidak mempunyai relasi dengan kompetensi dalam soal-soal yang bersifat konseptual.

Student-generated Submicro Diagram Sebagai Alat Pembelajaran Reaksi Kimia dan Stoikiometri

Berdasarkan uraian di atas, pembelajaran stoikiometri yang hanya menekankan pada rumus dan perhitungan rawan menyebabkan miskonsepsi pada siswa. Pengalaman belajar yang didapatkan siswa melalui pendekatan algoritmik tidak dapat memfasilitasi pemahaman konseptual. Hasilnya, seperti diungkapkan Dahsah dan Coll (2008), pembelajaran kimia yang hanya berfokus pada algoritma akan menghasilkan pemahaman yang dangkal. Hal ini diakibatkan karena soal-soal algoritmik dapat diselesaikan dengan menghafal urutan prosedur, sedangkan soal-soal konseptual membutuhkan penyelesaian berdasarkan pemahaman suatu konsep. Oleh karena itu, dalam membelajarkan stoikiometri, siswa tidak boleh hanya belajar menggunakan algoritma, namun juga harus mampu memahami fenomena reaksinya.

Sebagaimana kita ketahui, karakteristik konsep kimia memiliki tiga level representasi fenomena, yaitu makroskopik, sub-mikroskopik dan simbol. Oleh karena itu, menurut Johnstone (2006), pembelajaran kimia hendaknya menekankan pada tiga level representasi tersebut. Pemanfaatan gambar, skema atau diagram untuk menggambarkan ketiga representasi kimia kini telah banyak dijumpai. Saat ini, telah banyak ditemukan buku-buku teks kimia universitas yang menggunakan diagram multi representasi. Bahkan ditemukan pula studi pengembangan bahan ajar berbasis representasi kimia untuk level SMA. Penguasaan siswa dalam memahami representasi kimia pada ketiga level tersebut menentukan pemahaman pada konsep kimia secara keseluruhan (Treagust *dkk*, 2003).

Fenomena reaksi, terutama pada tingkat molekuler, tentu tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata, tetapi dapat dibantu dengan model visualisasi. Menurut Chandrasegaran *dkk*, (2007) dan Johnstone, (1991) model visualisasi yang menggambarkan ketiga fenomena makroskopik, sub-mikroskopik dan simbolik dapat meningkatkan pemahaman konsep kimia. Berdasarkan hal tersebut, pembelajaran berbasis multi representasi perlu diterapkan dalam topik stoikiometri. Namun, akan sulit bagi pembelajar pemula untuk secara luwes beralih dari satu fenomena ke fenomena lain.

Miskonsepsi yang banyak muncul pada stoikiometri diakibatkan oleh kesulitan siswa untuk menghubungkan konsep abstrak kimia dengan fenomena yang dirasakan dan terlihat secara kasat mata. Penekanan pada aspek algoritmik membuat siswa terlalu berfokus pada fenomena simbolik sehingga kehilangan makna fenomena makroskopiknya. Sebagai contoh, bagi pembelajar pemula, persamaan reaksi sederhana yang telah disetarakan merupakan hasil dari penerapan suatu aturan tertentu. Bagi mereka, persamaan reaksi bisa saja tidak menunjukkan hubungan antara representasi simbolik reaksi tersebut dan perubahan kimia yang berlangsung secara nyata (Laugier dan Dumon, 2004).

Visualisasi representasi fenomena submikro dengan pemodelan dapat menjadi salah satu kunci pertautan level representasi kimia yang dapat membantu siswa dalam memahami konsep kimia (Metafisika, 2014). Jika kemampuan siswa untuk mempertautkan tiga level representasi serta mengaitkan konsep yang akan dipelajari dengan yang telah dipelajari meningkat, maka pemahaman siswa terkait konsep dapat lebih mendalam (Treagust dan Chandrasegaran, 2009). Oleh karena itu, penting bagi siswa untuk terbiasa dengan fenomena sub-mikro. Pembiasaan ini dapat ditempuh melalui penyampaian dan pemberian contoh oleh guru ataupun penggunaan buku teks yang menyajikan ketiga representasi tersebut, terutama pada level sub-mikro. Namun, akan lebih baik jika siswa mampu membuat sendiri diagram mikro. Hal ini sesuai dengan teori konstruktivisme.

Dalam penelitian yang dilakukan Sunyono dkk (2003), pembelajaran multi representasi diterapkan pada mahasiswa untuk mengetahui efektivitasnya dalam membangun model mental mahasiswa. Hasil studi tersebut mengungkapkan bahwa melalui strategi pembelajaran ini, model mental mahasiswa menjadi terbentuk pada kategori baik dan sangat baik. Sementara itu, pengaruh visualisasi representasi fenomena submikro melalui pemodelan *student-generated sub-micro diagram* telah diteliti oleh Davidowitz dkk (2009). Menurutnya, dengan siswa menggambar sendiri diagram submikro, guru dapat memahami gagasan siswa terkait persamaan reaksi dan stoikiometri. Strategi ini menjadi bermanfaat, terutama untuk siswa pemula. Dalam penelitian lain (Mullford dan Robinson, 2002; Sanger, 2005; Wood dan Breyfogle, 2006) diagram submikro digunakan dalam format pilihan ganda untuk menyelidiki pemahaman siswa pada topik stoikiometri. Pada penelitian ini, pilihan jawaban yang disediakan memberikan petunjuk jawaban. Hal ini dikarenakan tanpa diberikan petunjuk, banyak siswa bergantung pada pemahaman mereka sendiri. Berdasarkan beberapa studi tersebut di atas, terdapat kesimpulan bahwa dengan mengarahkan siswa untuk membuat diagram sub-mikro sendiri dapat memberikan wawasan dan pemahaman tentang reaksi kimia dan stoikiometri.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Melalui studi komparasi dari berbagai hasil penelitian tentang miskonsepsi topik stoikiometri, diketahui bahwa problematika miskonsepsi siswa pada topik ini sampai saat ini masih terus berlangsung. Miskonsepsi ini tidak terungkap dalam pembelajaran konvensional. Hal ini dikarenakan pembelajaran stoikiometri umumnya lebih menekankan pada aspek algoritmik dengan mengesampingkan pendalaman pemahaman konsep terkait stoikiometri. Pemahaman siswa pemula terhadap kimia akan sulit dicapai jika tidak dapat mengaitkan ketiga representasi kimia. Penggunaan visualisasi pemodelan sub-mikro dalam pembelajaran, terutama yang dibuat sendiri oleh siswa, dapat menjembatani kesenjangan pemahaman siswa pada fenomena makroskopik dengan fenomena simboliknya sehingga dapat meningkatkan pemahaman siswa terkait stoikiometri.

Saran

Pembelajaran berbasis multi representasi saat ini memang masih jarang diterapkan dalam pembelajaran kimia, khususnya pada topik stoikiometri. Namun, mengingat pentingnya pemahaman konsep terkait stoikiometri, pendekatan ini perlu diterapkan. Untuk menerapkan visualisasi melalui *student-generated sub-micro diagram*, siswa perlu beradaptasi melalui pengenalan oleh guru serta menggunakan modul atau buku teks yang menyajikan ketiga representasi kimia, termasuk dalam aspek evaluasi pembelajarannya. Oleh karena itu perlu dilakukan studi-studi mengenai kemampuan guru dalam menerapkan pembelajaran berbasis multi representasi serta studi mengenai pengembangan bahan ajar dan evaluasi berbasis multi representasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, R.G., Ibnu, S. & Budiasih, E. (2016). Identifikasi miskonsepsi dalam materi stoikiometri melalui soal diagnostik *three-tier*. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 1(2), 50-56.
- Anugrah, I.R., Nahadi, N. & Siswaningsih, W. (2013). *Mengungkap miskonsepsi topic stoikiometri pada siswa kelas X melalui tes diagnostic two-tier*(Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia.
- Arasasingham, R.D., Taagepera, M., Potter, F. & Lonjers, S. (2004). Using knowledge space theory to assess student understanding of stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 81(10), 1517-1523.
- Astuti, F., Redjeki, T. & Nurhayati, N.D. (2016). Identifikasi miskonsepsi dan penyebabnya pada siswa kelas XI MIA SMA Negeri 1 Sukoharjo tahun pelajaran 2015/2016 pada materi pokok stoikiometri. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 5(2), 10-17.
- Boujaoude, S. & Barakat, H. (2000). Secondary school students' difficulties with stoichiometry. *School Science Review*, 81(296), 91-98.
- Chandrasegaran, A.L., Treagust, D.F. & Mocerino, M. (2007). Enhancing students' use of multiple levels of representation to describe and explain chemical reactions. *School Science Review*, 88(325), 115-118.
- Dahsah, C. & Coll, R. K. (2008). Thai grade 10 and 11 students' understanding of stoichiometry and related concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 573-600.
- Damayanti, E.T. (2017). *Analisis miskonsepsi pesertadidik dengan menggunakan metode certainty of response index (CRI) termodifikasi pada konsep stoikiometri di SMA Negeri 5 Semarang*(Skripsi). Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang.
- Davidowitz, B., Chittleborough, G. & Murray, E. (2010). Student-generated submicrodiagrams: a useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chem. Educ. Res and Prac*, 11(3), 154-164.

- Frazer, M.J. & Servant, D. (1986). Aspects of stoichiometry titration calculations. *Education in Chemistry*, 23(2), 54-56.
- Frazer, M.J. & Servant, D. (1987). Aspects of stoichiometry, where do students go wrong? *Education in Chemistry*, 24(3), 73-75.
- Huddle, P.A. & Pillay, A.E. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 65-77.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75-83.
- Johnstone, A.H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. 7(2), 49 – 63.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran pada Kurikulum 2013 pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah. Jakarta: Kemendikbud. Diakses dari: <https://bsnp-indonesia.org/2016/08/24/peraturan-menteri-pendidikan-dan-kebudayaan-nomor-24-tahun-2016/>
- Laugier, A. & Dumon, A. (2004). The equation of reaction: a cluster of obstacles which are difficult to overcome. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 5(3), 327-342.
- Metafisika, K. (2014). *Pengembangan model buku teks pelajaran berbasis representasi kimia pada pokok bahasan kelarutan dan hasil kali kelarutan* (Tesis). Universitas Pendidikan Indonesia.
- Mullford, D. R. & Robinson, W.R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. *J. Chem. Educ.*, 79(7), 739-744.
- Nakhleh, M.B., Lowry, K.A. & Mitchell, R. C. (1996). Narrowing the gap between concepts and algorithms in freshman chemistry. *J. Chem. Educ.*, 73(8), 758-762.
- Niaz, M. & Robinson, W.R. (1992). Manipulation of logical structure of chemistry problems and its effect on student performance. *J. Res. Sci. Teach.*, 29(3), 211-226.
- Nurrenberg, S.C. & Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510.
- Papaphotis, G. & Tsapalis, G. (2008). Conceptual versus algorithmic learning in high school chemistry: the case of basic quantum chemical concepts, Part 1, Statistical analysis of a quantitative study. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9(4), 323-331.

- Sanger, M.J. (2005). Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing. *J. Chem. Educ.*, 82(1), 131-134.
- Schmidt, H.J. (1990). Secondary school students' strategies in stoichiometry. *International Journal of Science Education*, 12(4), 457-471.
- Sidauruk, S. (2005). Miskonsepsi stoikiometri pada siswa SMA. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 7(2), 253-272.
- Stamovlasis, D., Tsaparlis, G., Kamilatos, C., Papaoikonomou, D. & Zarotiadou, E. (2004). Conceptual understanding versus algorithmic problem solving: a principal component analysis of a national examination. *The Chemical Educator*, 9 (2), 398-405.
- Stamovlasis, D., Tsaparlis, G., Kamilatos, C., Papaoikonomou, D. & Zarotiadou, E. (2005). Conceptual understanding versus algorithmic problem solving: further evidence from a national chemistry examination. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 104-118.
- Stamovlasis, D., Tsaparlis, G., Kamilatos, C., Papaoikonomou, D. & Zarotiadou, E. (2005). Conceptual understanding versus algorithmic problem solving: further evidence from a national chemistry examination. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 104-118.
- Sunyono, S., Yuanita, L. & Ibrahim, M. (2003). Efektivitas model pembelajaran berbasis multipel representasi dalam membangun model mental mahasiswa topik stoikiometri reaksi. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 3(1), 73-87.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G. & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *Int. J. Sci. Educ.*, 25(11), 1353-1368.
- Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A.L. (2009). The Efficacy of an Alternative Instructional Program Designed to Enhance Secondary Student's Competence in the Triplet Relationship. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.). *Multiple Representation in Chemical Education*. Boston: Springer.
- Wood, C. & Breyfogle, B. (2006). Interactive demonstrations for mole ratios and limiting reagents. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 741-748.