

# KEMAMPUAN BERPIKIR ILMIAH SISWA DAN MISKONSEPSI PADA MATERI ELEKTROKIMIA

Risa Asnawi<sup>1</sup>, Effendy<sup>2</sup>, dan Yahmin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SMA Ar-Risalah Kota Kediri, Jl. Aula Mukhtamar 2 Kediri 64117

<sup>2</sup> Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang 65145

e-mail: risaasnawi@gmail.com

**Abstract: Student's Scientific Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Electrochemistry.** This research examines the relationship between students' scientific reasoning ability (SRA) and misconceptions in Electrochemistry, involving 170 of Year-12 science students of *SMA Negeri 3 Kediri* and *SMA Ar-Risalah Kediri*. The students' SRA was measured by the Classroom Test of Scientific Reasoning (CTSR), while their misconceptions were identified by Electrochemistry Diagnostic Instruments (EDI). The data were analyzed through Pearson Product Moment Correlation Coefficient and analysis of variance (ANOVA). The results of the study show that 45.3% of the students were at the concrete level of SRA, 35.9% at the low formal level of SRA, and 18.8% at the upper formal level of SRA, that as many as 20 misconceptions were identified, five of which were new ones, never being reported in previous studies, and that the students with low level of SRA were more likely to hold misconceptions than those with high level of SRA.

**Keywords:** scientific reasoning ability, misconceptions, Electrochemistry

**Abstrak. Kemampuan Berpikir Ilmiah Siswa dan Miskonsepsi pada Materi Elektrokimia.** Penelitian tentang keterkaitan kemampuan berpikir ilmiah (KBI) siswa dengan potensi terjadinya miskonsepsi pada materi Elektrokimia dilakukan pada 170 siswa kelas XII SMA program IPA yang berasal dari SMA Negeri 3 Kediri dan SMA Ar-Risalah Kediri. KBI siswa diukur dengan *The Classroom Test of Scientific Reasoning (CTSR)* sedangkan miskonsepsi siswa diidentifikasi dengan Instrumen Diagnostik Elektrokimia (IDE). Hubungan antara KBI siswa dengan potensi terjadinya miskonsepsi dihitung menggunakan persamaan *Pearson Product Moment*. Hasil penelitian menunjukkan adanya keterlambatan perkembangan kemampuan berpikir ilmiah siswa. Sebanyak 45,3% siswa masih berada pada tingkat *concrete*, 35,9% siswa berada pada tingkat *low formal* dan 18,8% siswa berada pada tingkat *upper formal*. Dalam pembelajaran materi Elektrokimia miskonsepsi yang terjadi pada siswa sebagian besar sama dengan yang terjadi pada siswa di luar negeri. Ditemukan lima miskonsepsi baru yaitu: (1) Elektrode yang lebih mudah mengalami oksidasi daripada elektrode hidrogen standar mempunyai potensial reduksi standar berharga positif; (2) Ketika kedua elektrode pada sel Galvani memiliki potensial reduksi standar berharga negatif, maka tidak dapat terjadi reaksi redoks spontan; (3) Katode pada sel elektrolisis adalah elektrode yang terhubung dengan kutub positif baterai; (4) Pada sel elektrolisis elektrode yang terhubung dengan kutub positif baterai menjadi kutub negatif dan sebaliknya; dan (5) Air ikut bereaksi pada elektrolisis suatu leburan garam. Ada kecenderungan berkurangnya jumlah miskonsepsi yang terjadi dengan meningkatnya KBI siswa.

**Kata kunci:** kemampuan berpikir ilmiah, miskonsepsi, Elektrokimia

Ilmu kimia dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit dipahami oleh siswa (Colburn, 2009; de Berg, 2012). Hal ini disebabkan sedikitnya oleh dua faktor, yaitu kimia terdiri dari konsep-konsep yang sebagian besar bersifat abstrak dan fenomena kimia digambarkan dalam tiga representasi yaitu makros-

kopik, submikroskopik, dan simbolik (Colburn, 2009).

Salah satu materi ilmu kimia yang dipelajari oleh siswa kelas XII IPA di SMA dan MA adalah Elektrokimia. Materi Elektrokimia terdiri dari konsep-konsep abstrak (Osman dan Lee, 2012)

yang mana dalam pembelajarannya melibatkan berbagai pengamatan kimia (representasi makroskopik), cara berlangsungnya reaksi kimia (representasi submikroskopik), dan simbol-simbol (representasi simbolik) (Ahmad dan Lah, 2013). Oleh karena itu, Elektrokimia berpotensi menjadi materi yang sulit dipahami oleh siswa. Rahayu *et al.* (2011) melaporkan bahwa tingkat pemahaman konsep-konsep dalam materi Elektrokimia pada siswa Indonesia hanya sebesar 44% dan pada siswa Jepang hanya sebesar 35%. Obomanu dan Onuoha (2012) melaporkan bahwa 84% dari konsep-konsep dalam Elektrokimia sulit dipahami oleh siswa.

Kesulitan siswa dalam memahami konsep-konsep dalam materi Elektrokimia memungkinkan terjadinya pemahaman yang salah. Bila hal ini terjadi secara konsisten dapat menimbulkan terjadinya kesalahan konsep atau miskonsepsi (Berg, 1991). Helm (dalam Treagust, 1988) menyatakan bahwa seseorang dikatakan mengalami miskonsepsi atau kesalahan konsep apabila pemahamannya tentang suatu konsep berbeda dengan pemahaman yang secara umum diterima oleh masyarakat ilmiah. Miskonsepsi-miskosepsi dalam materi Elektrokimia yang telah dilaporkan diberikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Miskonsepsi Siswa pada Materi Elektrokimia yang Telah Teridentifikasi oleh Penelitian-Penelitian Sebelumnya**

Miskonsepsi	Sumber
<b>Aliran arus listrik pada sel Galvani</b>	
1. Elektron memasuki larutan dari katode, bergerak dalam larutan dan melalui jembatan garam bergerak menuju anode untuk melengkapi sirkuit.	Garnett dan Treagust, 1992b; Sanger dan Greenbowe, 1997a; 1997b; Özkaya <i>et al.</i> , 2003.
2. Elektron bergerak dalam larutan tanpa bantuan dari ion-ion (kation atau anion).	Sanger dan Greenbowe, 1997a; 1997b.
3. Elektron bergerak dalam larutan dari satu ion ke ion yang lain.	Sanger dan Greenbowe, 1997b.
<b>Elektrode pada sel Galvani</b>	
4. Dalam tabel potensial reduksi standar, spesies dengan harga $E^\circ$ lebih positif adalah anode.	Garnett dan Treagust, 1992b.
5. Identifikasi anode dan katode bergantung pada penempatan fisik setengah sel.	Garnett dan Treagust, 1992b; Sanger dan Greenbowe, 1997a; Özkaya <i>et al.</i> , 2003.
6. Anode seperti anion yang selalu bermuatan negatif dan katode seperti kation yang selalu bermuatan positif.	Sanger dan Greenbowe, 1997a.
7. Katode adalah tempat terjadinya reaksi pelepasan elektron.	Schmidt <i>et al.</i> , 2007.
<b>Potensial elektrode dan potensial sel</b>	
8. Penentuan potensial elektrode suatu spesies tidak memerlukan setengah sel standar.	Garnett dan Treagust, 1992b.
9. Potensial setengah sel bukan merupakan sifat intensif.	Sanger dan Greenbowe, 1997a.
10. Potensial setengah sel bersifat mutlak dan dapat digunakan untuk memprediksi kespontanan reaksi setengah sel.	Sanger dan Greenbowe, 1997a; Özkaya <i>et al.</i> , 2003.
11. Potensial sel diperoleh dengan menambahkan secara langsung potensial reduksi masing-masing elektrode.	Sanger dan Greenbowe, 1997a.
<b>Elektrode pada sel elektrolisis</b>	
12. Polaritas terminal pada sumber listrik yang digunakan tidak berpengaruh pada penentuan sisi anode dan katode.	Garnett dan Treagust, 1992b; Sanger dan Greenbowe, 1997a; 1997b; Özkaya <i>et al.</i> , 2003.
13. Proses yang terjadi di anode dan katode pada sel elektrolisis adalah kebalikan dari yang terjadi pada sel Galvani, sehingga pada sel elektrolisis oksidasi terjadi pada katode dan reduksi terjadi pada anode.	Garnett dan Treagust, 1992b
<b>Produk elektrolisis dan perkiraan besarnya potensial sel elektrolisis</b>	
14. Reaksi sel tidak terjadi jika digunakan elektrode-elektrode inert.	Garnett dan Treagust, 1992b; Sanger dan Greenbowe, 1997a; 1997b; Özkaya <i>et al.</i> , 2003.
15. Ketika pada sel elektrolisis digunakan elektrode-elektrode yang sama, reaksi yang sama terjadi pada kedua elektrode.	Garnett dan Treagust, 1992b; Sanger dan Greenbowe, 1997a; 1997b; Özkaya <i>et al.</i> , 2003.
16. Elektrode-elektrode inert dapat teroksidasi atau tereduksi.	Sanger dan Greenbowe, 1997a.
17. Air tidak ikut bereaksi selama elektrolisis suatu larutan.	Sanger dan Greenbowe, 1997a.
18. Ketika terdapat lebih dari satu kemungkinan setengah reaksi oksidasi atau reduksi maka tidak dapat ditentukan reaksi mana yang akan terjadi.	Sanger dan Greenbowe, 1997a.
19. Arus listrik memecah elektrolit menjadi ion positif dan ion negatif.	Ogude dan Bradley, 1996.
20. Terbentuknya warna kecoklatan pada katode besi ketika larutan $\text{CuCl}_2$ dielektrolisis dikarenakan besi mengalami korosi.	Al-Balushi <i>et al.</i> , 2012.
21. Tidak terdapat hubungan antara besarnya potensial sel secara teoritis pada suatu sel elektrolisis dengan besarnya tegangan yang harus disuplai baterai untuk berlangsungnya reaksi.	Garnett dan Treagust, 1992b.

Garnett, *et al.* (1990) mengidentifikasi beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya miskonsepsi pada materi Elektrokimia, yaitu pengetahuan prasyarat yang tidak cukup, interpretasi bahasa siswa, pemakaian berbagai definisi dan mo-

del, dan penggunaan berbagai konsep dan rumus yang lebih bersifat menghafal daripada untuk memahami dan menganalisa suatu masalah. Sanger dan Greenbowe (1999) melaporkan bahwa buku-buku teks kimia juga dapat menyebabkan terja-

dinya miskonsepsi akibat penggunaan bahasa yang tidak sesuai untuk menjelaskan konsep-konsep dalam Elektrokimia.

Identifikasi kesalahan konsep dan penyebab terjadinya kesalahan konsep dalam materi Elektrokimia telah banyak dilaporkan. Namun, penelitian kesalahan konsep dalam materi tersebut yang dikaitkan dengan kemampuan berpikir ilmiah (KBI) dapat dianggap belum pernah dilaporkan. KBI diperlukan dalam mempelajari ilmu kimia, khususnya untuk materi Elektrokimia. KBI mencakup keterampilan-keterampilan berpikir yang terlibat dalam inkuiri, eksperimentasi, evaluasi fakta-fakta, menarik kesimpulan dan argumentasi, yang dilakukan untuk memfasilitasi perubahan konsep atau pemahaman ilmiah (Zimmerman, 2005). KBI tersusun dari pola-pola berpikir tingkat tinggi yang meliputi isolasi dan kontrol variabel-variabel, berpikir kombinatorial (*combinatorial reasoning*), berpikir korelasional (*correlation reasoning*), berpikir probabilitas (*probabilistic reasoning*), berpikir proporsional (*proporsional reasoning*) dan kemampuan berpikir hipotetiko-deduktif (Lawson, 2004). Pola-pola berpikir tersebut cenderung dapat dioperasikan dengan baik oleh siswa yang telah mencapai tingkat operasi formal atau *postformal*. Berdasarkan teori perkembangan intelek, tingkat operasi formal dapat dicapai oleh individu pada usia antara 12 sampai 15 tahun (Sund dan Trowbridge, 1973:43). Tingkat operasi *postformal* dapat dicapai individu pada usia 18 tahun (Lawson, 2004; Lawson *et al.*, 2007). Tingkat *postformal* merupakan tingkat berpikir yang lebih abstrak dan kompleks dibandingkan tingkat operasi formal (Lawson *et al.*, 2007). Individu yang sudah mencapai tingkat operasi formal dan *postformal* mampu menguji hipotesis kausal yang tidak mampu dilakukan oleh individu yang masih berada pada tingkat operasi konkrit (Lawson, 2004).

Beberapa penelitian melaporkan adanya hubungan antara miskonsepsi dalam Biologi dengan KBI siswa (Lawson dan Thompson, 1988; Lawson dan Weser, 1990; Lawson dan Worsnop, 1992). Temuan yang dilaporkan adalah siswa dengan KBI lebih tinggi cenderung mengalami lebih sedikit miskonsepsi dibandingkan siswa dengan KBI lebih rendah. Fenomenon yang sama mungkin juga terjadi dalam materi Elektrokimia. Hal ini dikarenakan kimia merupakan mata pelajaran yang paling menuntut KBI dibandingkan dengan mata pelajaran lain yang termasuk dalam IPA (Martin dalam Wiseman, 1981). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan KBI siswa dan hubungannya dengan potensi terjadinya miskonsepsi

pada materi Elektrokimia. Informasi-informasi yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para pengajar dalam menyusun strategi dan bahan pembelajaran materi Elektrokimia yang efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa dan dapat meminimalisasi terjadinya miskonsepsi.

## METODE

Subyek penelitian terdiri dari 170 siswa kelas XII program IPA tahun pelajaran 2014/2015 yang terdiri dari 61 siswa putra dan 109 siswa putri dengan rentangan usia 16 sampai 18 tahun. Subyek penelitian berasal dari dua SMA di Kota Kediri, yang terdiri dari 126 siswa dari SMA Negeri 3 Kediri dan 44 siswa dari SMA Ar-Risalah Kota Kediri. Penelitian dilaksanakan setelah seluruh subyek penelitian memperoleh pembelajaran materi Elektrokimia.

Data penelitian adalah KBI siswa dan miskonsepsi siswa pada materi Elektrokimia. KBI siswa diukur menggunakan instrumen *The Classroom Test of Scientific Reasoning (CTSR)* edisi revisi tahun 2000 yang dikembangkan oleh Lawson. *CTSR* terdiri dari 24 item soal pilihan ganda yang meliputi pertanyaan-pertanyaan tentang konservasi, identifikasi dan kontrol variabel-variabel, berpikir korelasional, berpikir proporsional, berpikir probabilitas, dan berpikir hipotetiko-deduktif. Koefisien reliabilitas *CTSR* yang telah diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia, dihitung dengan rumus KR-20, adalah 0,76. KBI siswa ditentukan berdasarkan kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Kriteria Tingkat KBI Siswa Berdasarkan Skor CTSR**

No.	Skor CTSR	Tingkat KBI
1	0 – 9	Concrete
2	10 – 14	Low formal
3	15 – 19	Upper formal
4	20 – 24	Post-formal

(sumber: A.E. Lawson, *Personal Communication*, March 19<sup>th</sup>, 2014)

Miskonsepsi siswa pada materi Elektrokimia diidentifikasi menggunakan instrumen tes pilihan ganda *two-tier* materi Elektrokimia yang selanjutnya disebut dengan Instrumen Diagnostik Elektrokimia (IDE). IDE dikembangkan berdasarkan prosedur pengembangan instrumen pilihan ganda *two-tier* yang diusulkan oleh Al-Balushi *et al.* (2012). IDE dikembangkan dengan memperhatikan cakupan materi Elektrokimia dalam Kurikulum 2013 dan buku-buku teks yang digunakan dalam pembelajaran serta temuan miskonsepsi materi Elektrokimia yang dilaporkan dalam penelitian-penelitian sebelumnya.

IDE terdiri dari 17 butir soal yang mencakup lima area konsep penting pada materi Elektrokimia, yaitu (1) aliran arus listrik pada sel Galvani, (2) elektrode pada sel Galvani, (3) potensial elektrode dan potensial sel, (4) elektrode pada sel elektrolisis, serta (5) produk elektrolisis dan perkiraan besarnya potensial sel elektrolisis. Validasi isi instrumen diperoleh berdasarkan penilaian oleh tiga orang ahli, yaitu dua orang dosen mata kuliah kimia fisika dan satu orang guru kimia senior. Berdasarkan penilaian dari para ahli tersebut, diperoleh validitas isi sebesar 98%. Saran-saran dari validator digunakan untuk memperbaiki butir-butir tes sehingga lebih mudah dipahami oleh siswa dan lebih valid secara ilmiah. Koefisien reliabilitas IDE, dihitung dengan rumus KR-20, adalah 0,76. Contoh soal IDE disajikan dalam Lampiran.

Respon siswa pada IDE dianalisis secara individu dan secara kelompok. Analisis respon siswa secara individu dilakukan untuk menentukan jumlah miskonsepsi yang dialami masing-masing siswa. Hal ini dilakukan dengan mengklasifikasikan respon siswa menjadi lima kategori pemahaman sebagaimana yang diusulkan oleh Renner *et al.* (1990), yaitu paham (*sound understanding*), setengah paham (*partially understood*), miskonsepsi (*specific misconception*), tidak paham (*no understanding*), dan tanpa respon (*no response*).

Kriteria pengklasifikasian respon siswa dalam menjawab butir-butir soal IDE disajikan pada Tabel 3. Jumlah miskonsepsi yang dialami masing-masing siswa ditentukan dengan menjumlahkan seluruh respon yang termasuk ke dalam kriteria miskonsepsi dari masing-masing siswa dalam menjawab butir-butir soal IDE. Hubungan antara KBI dan miskonsepsi ditentukan dengan persamaan *Pearson Product Moment* yang dihitung menggunakan program *SPSS Statistics 20*.

Analisis respon siswa secara kelompok dilakukan untuk mengidentifikasi miskonsepsi yang signifikan. Pada penelitian ini, miskonsepsi yang signifikan diperoleh berdasarkan kombinasi respon siswa pada IDE yang menghasilkan jawaban salah dan melibatkan sedikitnya 20% dari total subyek penelitian. Metode yang sama telah diterapkan oleh Peterson *et al.* (1986), Peterson dan Treagust (1989), Dhindsa dan Treagust (2009) serta Al-Balushi *et al.* (2012).

**Tabel 3. Klasifikasi Respon Siswa pada IDE berdasarkan kriteria yang dikemukakan oleh Renner *et al.* (1990)**

Klasifikasi Respon Siswa	Kriteria
Paham	Siswa dapat memberikan jawaban yang benar pada kedua <i>tier</i> pada suatu butir soal IDE
Setengah Paham	Siswa memberikan jawaban yang benar hanya pada salah satu <i>tier</i> pada suatu butir soal IDE
Miskonsepsi	Siswa menjawab salah pada <i>tier</i> 1 dan <i>tier</i> 2 yang saling berkaitan pada suatu butir soal IDE
Tidak Paham	Siswa menjawab salah pada <i>tier</i> 1 dan <i>tier</i> 2 yang tidak saling berkaitan pada suatu butir soal IDE
Tanpa Respon	Siswa tidak memberikan jawaban pada suatu butir soal IDE

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Perkembangan KBI Siswa*

Sebaran tingkat KBI siswa kelas XII SMA diberikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Sebaran Tingkat Perkembangan KBI Siswa**

Tingkat KBI	Jumlah Siswa	%
<i>Concrete</i>	77	45,3
<i>Low formal</i>	61	35,9
<i>Upper formal</i>	32	18,8
<i>Post formal</i>	0	0,0
<b>Total</b>	<b>170</b>	<b>100,0</b>

Ditinjau dari segi usia, siswa kelas XII SMA yang sebagian besar telah berusia 18 tahun seharusnya sudah dapat mencapai tingkat operasi formal atau bahkan mencapai tingkat operasi *post formal*. Data pada Tabel 4 menunjukkan adanya keterlambatan perkembangan KBI siswa. Temuan ini analog dengan temuan yang telah dilaporkan

dalam penelitian-penelitian sebelumnya (Lawson, 1983; Valanides, 1997; Ardhana, 1983; Esnawi, 2006).

Adanya keterlambatan perkembangan KBI siswa tersebut menunjukkan bahwa usia bukanlah satu-satunya faktor yang mempengaruhi perkembangan KBI siswa. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa adanya intervensi pembelajaran di kelas dapat mempengaruhi perkembangan KBI siswa (Effendy, 1985; Adey dan Shayer, 1990). Metode-metode pembelajaran yang sarat dengan stimulasi intelektual memungkinkan lebih cepatnya perkembangan KBI siswa daripada metode-metode pembelajaran yang memberikan stimulasi intelektual lebih sedikit. Pavelich dan Abraham (1977) serta Effendy (1985) melaporkan bahwa pembelajaran kimia dengan pendekatan inkuiri terbimbing menghasilkan perkembangan KBI yang lebih cepat dibandingkan pendekatan verifikasi.

**Tabel 5. Miskonsepsi Materi Elektrokimia yang Teridentifikasi Menggunakan IDE (n = 170)**

Miskonsepsi	Notasi	% Siswa Mengalami Miskonsepsi
<b>Arus listrik pada Sel Galvani</b>		
1. Elektron memasuki larutan di setengah sel katode, bergerak melalui larutan dan jembatan garam menuju anode untuk melengkapi sirkuit.	S1-A(i)	31,2
2. Elektron dapat bergerak dalam larutan pada sel Galvani dengan bantuan ion-ion.	S1-A(ii)	32,9
3. Kawat logam dapat menggantikan fungsi jembatan garam pada sel Galvani karena kawat logam merupakan konduktor listrik yang baik.	S2-B(ii)	45,3
<b>Elektrode pada Sel Galvani</b>		
4. Dalam penggambaran sel Galvani, anode selalu diletakkan di sebelah kiri dan katode di sebelah kanan.	S3-B(i)	39,4
5. Elektrode dengan harga potensial reduksi standar lebih tinggi adalah anode.	S3-A(ii)	22,9
<b>Potensial Elektrode dan Potensial sel</b>		
6. Potensial setengah sel bukan merupakan sifat intensif.	S5-B(i)	43,5
7. Elektrode yang lebih mudah mengalami oksidasi daripada elektrode hidrogen standar mempunyai potensial reduksi standar berharga positif. *)	S6-A(ii)	30,0
8. $E^{\circ}_{sel}$ diperoleh dengan menjumlahkan secara langsung potensial reduksi standar dari setengah sel oksidasi dan setengah sel reduksi.	S7-A(i)	25,9
9. Potensial setengah sel dapat digunakan untuk memprediksi kespontanan reaksi setengah sel.	S8-A(i)	68,2
10. Ketika kedua elektrode pada sel Galvani memiliki potensial reduksi standar berharga negatif, maka tidak dapat terjadi reaksi redoks spontan. *)	S9-C(iii)	25,3
<b>Elektrode pada Sel Elektrolisis</b>		
11. Katode pada sel elektrolisis adalah elektrode yang terhubung dengan kutub positif baterai. *)	S10-A(ii)	29,4
12. Pada sel elektrolisis elektrode yang terhubung dengan kutub positif baterai menjadi kutub negatif dan sebaliknya. *)	S11-A(i)	27,1
<b>Produk Elektrolisis dan Perkiraan Besarnya Potensial Sel Elektrolisis</b>		
13. Air tidak ikut bereaksi pada elektrolisis suatu larutan (dengan pelarut air).	S12-A(i)	24,1
14. Ketika terdapat beberapa kemungkinan reaksi setengah sel oksidasi dan reduksi yang dapat terjadi pada suatu sel elektrolisis, perkiraan produk reaksi tidak dapat ditentukan.	S12-C(iii)	21,2
15. Elektrolisis menyebabkan elektrolit terionisasi/terdisosiasi menjadi ion positif dan ion negatif.	S13-B(i)	35,3
16. Elektrode inert dapat bereaksi selama elektrolisis.	S13-C(iii)	25,3
17. Terbentuknya warna kecoklatan pada katode besi ketika larutan $CuCl_2$ dielektrolisis dikarenakan besi mengalami korosi.	S14-A(i)	37,6
18. Air ikut bereaksi pada elektrolisis suatu leburan garam. *)	S15-B(ii)	32,4
19. Potensial sel yang dihitung pada sel elektrolisis dapat berharga positif.	S16-A(i) & S16-B(ii)	52,9
20. Tidak terdapat hubungan antara besarnya potensial sel secara teoritis pada suatu sel elektrolisis dengan besarnya voltase yang harus disuplai baterai untuk berlangsungnya reaksi.	S17-C(i)	55,3

Keterangan: \*) miskonsepsi materi elektrokimia baru.

#### **Miskonsepsi Siswa pada Materi Elektrokimia**

Miskonsepsi siswa pada materi Elektrokimia yang berhasil diidentifikasi menggunakan IDE diberikan pada Tabel 5. Pada tabel tersebut diberikan notasi soal tes yang digunakan untuk mengidentifikasi miskonsepsi. Sebagai contoh, miskonsepsi dengan notasi S1-A(i) diidentifikasi dengan soal nomor 1 dengan pilihan jawaban A pada *tier* 1 dan pilihan jawaban (i) pada *tier* 2.

Sebagian besar miskonsepsi yang teridentifikasi adalah sama dengan miskonsepsi yang telah dilaporkan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Dari 20 miskonsepsi yang teridentifikasi, terdapat 5 miskonsepsi baru yang belum pernah dilaporkan

dalam penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu miskonsepsi nomor 7, 10, 11, 12, dan 18.

Miskonsepsi yang teridentifikasi dikelompokkan dalam lima kelompok, yaitu miskonsepsi berkaitan dengan (1) Arus listrik pada Sel Galvani; (2) Elektrode pada Sel Galvani; (3) Potensial Elektrode dan Potensial sel; (4) Elektrode pada Sel Elektrolisis; dan (5) Produk Elektrolisis dan Perkiraan Besarnya Potensial Sel Elektrolisis.

#### **(1) Miskonsepsi berkaitan dengan Arus listrik pada Sel Galvani**

Pemahaman siswa tentang aliran arus listrik pada sel Gavani diidentifikasi dengan soal nomor 1 dan 2. Berdasarkan hasil analisis jawaban siswa

ditemukan miskonsepsi nomor 1, 2, dan 3. Miskonsepsi nomor 1 dan 2 disebabkan oleh anggapan siswa bahwa aliran arus listrik pada sel Galvani terjadi karena pergerakan (aliran) elektron saja tanpa mempertimbangkan pergerakan ion-ion dalam larutan. Miskonsepsi nomor 3 terjadi pada 45,3% siswa. Mereka menganggap bahwa jembatan garam dapat menggantikan fungsi kawat platina untuk mengalirkan arus listrik dalam larutan dari setengah sel oksidasi ke setengah sel reduksi pada sel Galvani.

#### (2) Miskonsepsi berkaitan dengan Elektrode pada Sel Galvani

Pemahaman siswa tentang elektrode pada sel Galvani diidentifikasi dengan soal nomor 3 dan 4. Berdasarkan hasil analisis jawaban siswa ditemukan dua miskonsepsi, yaitu miskonsepsi nomor 4 dan 5. Terjadinya miskonsepsi nomor 4 dan 5 menunjukkan ketidakpahaman siswa dalam menggunakan dan menafsirkan data potensial reduksi standar untuk menentukan anode dan katode pada sel Galvani.

#### (3) Miskonsepsi berkaitan dengan Potensial Elektrode dan Potensial Sel

Pemahaman siswa tentang potensial elektrode dan potensial sel diidentifikasi dengan soal nomor 5 sampai 9. Berdasarkan hasil analisis jawaban siswa ditemukan miskonsepsi nomor 6, 7, 8, 9, dan 10. Miskonsepsi 6 terjadi pada 43,5% siswa. Mereka menganggap bahwa ketika koefisien reaksi setengah sel dinaikkan dua kali maka harga  $E^\circ$  menjadi dua kali. Mereka tidak memahami bahwa potensial setengah sel merupakan sifat intensif yang harganya tidak tergantung pada koefisien reaksi. Miskonsepsi 7 terjadi pada 30,0% siswa. Mereka menganggap bahwa potensial sel yang dihasilkan oleh suatu elektrode dengan elektrode hidrogen standar selalu menunjukkan potensial reduksi standar dari elektrode tersebut dengan mengabaikan reaksi yang terjadi pada elektrode tersebut. Miskonsepsi 8 terjadi pada 25,9% siswa. Mereka menganggap bahwa harga  $E^\circ_{\text{sel}}$  diperoleh dengan menjumlahkan secara langsung potensial reduksi standar dari setengah sel oksidasi dan setengah sel reduksi. Miskonsepsi 9 terjadi pada 68,2% siswa. Mereka menganggap bahwa reaksi setengah sel dengan  $E^\circ$  berharga positif dapat berlangsung spontan. Miskonsepsi 10 terjadi pada 25,3% siswa. Mereka menganggap bahwa ketika kedua elektrode pada sel Galvani memiliki potensial reduksi standar berharga negatif, maka reaksi redoks spontan tidak dapat terjadi. Miskonsepsi 10 ini berhubungan dengan miskonsepsi 8 dimana untuk memperoleh  $E^\circ_{\text{sel}}$  dapat dilakukan dengan men-

jumlahkan secara langsung potensial reduksi standar dari setengah sel oksidasi dan setengah sel reduksi.

#### (4) Miskonsepsi berkaitan dengan Elektrode pada Sel Elektrolisis

Pemahaman siswa tentang elektrode pada sel elektrolisis diidentifikasi dengan soal nomor 10 dan 11. Dua miskonsepsi ditemukan dari jawaban siswa, yaitu miskonsepsi nomor 11 dan 12. Miskonsepsi 11 menunjukkan ketidakpahaman siswa dalam menentukan katode dan anode pada sel elektrolisis. Walaupun lebih dari 90% siswa sudah memahami bahwa anode dan katode pada sel elektrolisis berhubungan dengan polaritas terminal baterai yang digunakan, tetapi 29,4% siswa menganggap bahwa katode adalah elektrode yang terhubung dengan kutub positif baterai. Miskonsepsi nomor 12 menunjukkan adanya *overgeneralizations* terhadap suatu informasi bahwasannya prinsip kerja sel elektrolisis berkebalikan dengan sel Galvani. Siswa dengan miskonsepsi ini beranggapan bahwa baterai merupakan sel Galvani, sehingga kutub-kutubnya akan berkebalikan dengan kutub-kutub pada sel elektrolisis. Oleh karena itu, elektrode yang terhubung dengan kutub positif baterai menjadi kutub negatif dan elektrode yang terhubung dengan kutub negatif baterai menjadi kutub positif.

#### (5) Miskonsepsi berkaitan dengan Produk Elektrolisis dan Perkiraan Besarnya Potensial Sel Elektrolisis

Pemahaman siswa tentang produk elektrolisis dan perkiraan besarnya potensial sel elektrolisis diidentifikasi dengan soal nomor 12 sampai 17. Berdasarkan analisis jawaban siswa ditemukan delapan miskonsepsi, yaitu miskonsepsi nomor 13 sampai 20. Miskonsepsi nomor 13 dan 14 menunjukkan ketidakpahaman siswa pada fungsi data potensial reduksi standar untuk memprediksi spesi-spesi yang bereaksi pada proses elektrolisis. Siswa dengan kedua miskonsepsi tersebut cenderung mengabaikan data potensial reduksi standar dari spesi-spesi yang diberikan pada soal dalam memprediksi spesi yang mungkin bereaksi di katode maupun di anode.

Miskonsepsi nomor 15 terjadi pada 35,3% siswa. Mereka memahami bahwa pada elektrolisis larutan HCl, ion-ion hasil ionisasi molekul-molekul HCl terionisasi membentuk ion  $H^+$  dan ion  $Cl^-$  saja. Mereka tidak memahami bahwa ion  $H^+$  tereduksi menjadi gas  $H_2$  dan ion  $Cl^-$  teroksidasi menjadi gas  $Cl_2$ . Mereka beranggapan bahwa elektrolisis hanya menyebabkan elektrolit terionisasi/terdisosiasi menjadi ion positif dan ion negatif.

Tabel 6. Skor Tes KBI dan Jumlah Miskonsepsi Siswa

Skor Tes KBI (CTSR)	Tingkat KBI	N	Jumlah Miskonsepsi	Rata-Rata Jumlah Miskonsepsi
0 – 9	<i>Concrete</i>	77	746	10
10 – 14	<i>Low formal</i>	61	460	8
15 – 19	<i>Upper formal</i>	32	187	6

Miskonsepsi nomor 16 terjadi pada 25,3% siswa. Mereka memahami bahwa massa elektrode platina berkurang karena mengalami oksidasi ketika larutan HCl dielektrolisis. Siswa dengan miskonsepsi ini tidak memahami bahwa elektrode inert tidak dapat bereaksi selama elektrolisis.

Miskonsepsi nomor 17 terjadi pada 37,6% siswa. Mereka memahami bahwa terbentuknya warna kecoklatan pada katode besi ketika larutan  $\text{CuCl}_2$  dielektrolisis dikarenakan besi mengalami korosi. Miskonsepsi nomor 18 terjadi pada 32,4% siswa. Mereka menganggap bahwa dalam leburan NaCl terdapat molekul-molekul air, sehingga mereka berkeyakinan bahwa air akan teroksidasi di anode ketika leburan NaCl dielektrolisis. Siswa dengan miskonsepsi ini dapat dianggap tidak memahami perbedaan antara leburan garam dan larutan garam.

Miskonsepsi nomor 19 terjadi pada 52,9% siswa. Mereka menganggap bahwa potensial sel pada sel elektrolisis dapat berharga positif. Yang benar adalah potensial sel pada sel elektrolisis berharga negatif sehingga perlu bantuan energi listrik arus searah agar reaksi elektrolisis dapat berlangsung.

Miskonsepsi nomor 20 terjadi pada 55,3% siswa. Mereka menganggap bahwa dalam elektrolisis tidak terdapat hubungan antara besarnya potensial sel dengan besarnya voltase yang harus disuplai baterai untuk berlangsungnya elektrolisis.

#### **Tingkat KBI dan Potensi Terjadinya Miskonsepsi**

Data tentang tingkat KBI siswa dan jumlah miskonsepsi yang mereka alami diberikan pada Tabel 6.

Data pada Tabel 6 menunjukkan adanya kecenderungan bahwa semakin tinggi tingkat KBI siswa, jumlah miskonsepsi yang mereka alami semakin sedikit. Temuan ini menunjukkan bahwa miskonsepsi tidak hanya terjadi dalam Biologi sebagaimana dilaporkan oleh Lawson dan Thompson (1988), Lawson dan Weser (1990) serta Lawson

dan Worsnop (1992), tetapi juga terjadi dalam Ilmu Kimia.

Skor tes KBI siswa dan jumlah miskonsepsi yang terjadi memberikan koefisien korelasi, dihitung dengan rumus *Pearson Product Moment*, sebesar  $-0,52$  ( $p < 0,001$ ). Harga tersebut memperkuat adanya kecenderungan bahwa semakin tinggi tingkat KBI siswa, jumlah miskonsepsi yang mereka alami semakin sedikit. Kecenderungan tersebut konsisten dengan temuan Lawson dan Thompson (1988) yaitu terdapat hubungan berlawanan antara KBI dengan jumlah miskonsepsi pada materi genetika dan seleksi alam.

#### **SIMPULAN**

Terjadi keterlambatan perkembangan kemampuan berpikir ilmiah siswa SMA dan MA kelas XII IPA. Seharusnya semua siswa sudah mencapai tingkat *formal* atau bahkan *postformal*. Namun, 45,3% siswa masih berada pada tingkat *concrete*. Hanya 35,9% siswa berada pada tingkat *low formal* dan 18,8% siswa berada pada tingkat *upper formal*. Dalam pembelajaran materi Elektrokimia miskonsepsi yang terjadi pada siswa sebagian besar sama dengan yang terjadi pada siswa di luar negeri. Beberapa miskonsepsi baru yang berhasil diidentifikasi yaitu (1) Elektrode yang lebih mudah mengalami oksidasi daripada elektrode hidrogen standar mempunyai potensial reduksi standar berharga positif; (2) Ketika kedua elektrode pada sel Galvani memiliki potensial reduksi standar berharga negatif, maka tidak dapat terjadi reaksi redoks spontan; (3) Katode pada sel elektrolisis adalah elektrode yang terhubung dengan kutub positif baterai; (4) Pada sel elektrolisis elektrode yang terhubung dengan kutub positif baterai menjadi kutub negatif dan sebaliknya; dan (5) Air ikut bereaksi pada elektrolisis suatu leburan garam. Ada kecenderungan berkurangnya jumlah miskonsepsi yang terjadi dengan meningkatnya KBI siswa.

#### **DAFTAR RUJUKAN**

Adey, P. & Shayer, M. 1990. Accelerating the Development of Formal Thinking in Middle and High

School Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3): 267 – 285.

- Ahmad, N.J. & Lah, Y.C. 2013. A Designed Teaching Sequence as A Tool to Improve Students' Conceptual Understanding of the Conductivity in the Electrolytic Cell. *Asian Social Science*, 9(2): 298 – 304.
- Al-Balushi, S. M., Ambusaidi, A. K., Al-Shuaili, A. H., & Taylor, N. 2012. Omani Twelfth Grade Students' Most Common Misconceptions in Chemistry. *Science Education International*, 23(3): 221 – 240.
- Ardhana, W. 1983. *Kesanggupan Berpikir Formal ala Piaget dan Kemajuan Belajar Di Sekolah*. Disertasi tidak diterbitkan. Malang: IKIP Malang.
- Berg, V.D. 1991. *Miskonsepsi Fisika dan Remediasi*. Sebuah pengantar berdasarkan lokakarya di Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga, 7 – 10 Agustus 1990. Salatiga: Universitas Satya Wacana.
- Colburn, A. 2009. Alternative Conceptions in Chemistry. *The Science Teacher*, 76(6): 10.
- de Berg, K. 2012. A Study of First-Year Chemistry Students' Understanding of Solution Concentration at the Tertiary Level. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(1): 8 – 16.
- Dhindsa, H.S., & Treagust, D.F. 2009. Conceptual Understanding of Bruneian Tertiary Students: Chemical Bonding and Structure. *Brunei International Journal of Science & Mathematics Education*, 1(1): 33 – 51.
- Effendy. 1985. *Pengaruh Pengajaran Ilmu Kimia dengan Cara Inkuiri Terbimbing dan dengan Cara Verifikasi terhadap Perkembangan Intelek dan Prestasi Belajar Mahasiswa IKIP Jurusan Pendidikan Kimia Tahun Pertama*. Tesis tidak diterbitkan. Jakarta: Fakultas Pasca Sarjana IKIP Jakarta.
- Esnawi, 2006. *Analisis Pemahaman Konseptual dan Algoritmik Materi Laju Reaksi Ditinjau dari Tingkat Berpikir Formal Mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Haluoleo*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: UM.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J., & Treagust, D.F. 1990. Implications of Research of Students' Understanding of Electrochemistry for Improving Science Curricula and Classroom Practice. *International Journal of Science Education*, 12: 147 – 156.
- Garnett, P.J. & Treagust, D.F. 1992a. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electric Circuits and Oxidation-Reduction Equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2): 121 – 142.
- Garnett, P.J. & Treagust, D.F. 1992b. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electrochemical (Galvanic) and Electrolytic Cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10): 1079 – 1099.
- Lawson, A.E. 1983. Predicting Science Achievement: The Role of Developmental Level, Disembedding Ability, Mental Capacity, Prior Knowledge, and Beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2): 117 – 129.
- Lawson, A.E. 2004. The Nature and Development of Scientific Reasoning: A Synthetic View. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3): 307 – 338.
- Lawson, A.E., Debra L. Banks, D.L., & Logvin, M. 2007. Self-Efficacy, Reasoning Ability, and Achievement in College Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5): 706 – 724.
- Lawson, A.E., & Thompson, L.D. 1988. Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetics and Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9): 733 – 746.
- Lawson, A.E., & Weser, J. 1990. The Rejection of Non-scientific Beliefs as A Function of Instruction and Reasoning Ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(6): 589 – 606.
- Lawson, A.E., & Worsnop, W.A. 1992. Learning about Evolution and Rejecting A Belief in Special Creation: Effects of Reflective Reasoning Skill, Prior Knowledge, Prior Belief and Religious Commitment. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2): 143 – 166.
- Obomanu, B.J. & Onuoha, C. O. 2012. Students Conceptual Difficulties in Electrochemistry in Senior Secondary Schools. *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies*, 3(1): 99 – 102.
- Ogude, N.A. & Bradley, J.D. 1996. Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells: Precollege and College Student Interpretation. *Journal of Chemical Education*, 73(12): 1145 – 1149.
- Osman, K. & Lee, T.T. 2012. *Interactive Multimedia Module with Pedagogical Agent in Electrochemistry*, *Interactive Multimedia*. Dr Ioannis Deliyannis (Ed.), ISBN: 978-953-51-0224-3, InTech. (Online), (<http://www.intechopen.com/books/interactive-multimedia/interactive-multimedia-module-withpedagogical-agent-in-electrochemistry>), diakses tanggal 24 April 2014.
- Özkaya, A.R., Üce, M., & Şahin, M. 2003. Prospective Teachers. Conceptual Understanding of Electrochemistry: Galvanic and Electrolytic Cells. *University Chemistry Education*, 7(1): 1 – 12.
- Pavelich, M.J. & Abraham, M.-R. 1977. Guided Inquiry laboratories for General Chemistry Students, *Journal of College Science Teaching*, VII(1): 23-26.
- Peterson, R., Treagust, D., & Garnett, P. 1986. Identification of Secondary Students' Misconceptions of Covalent Bonding and Structure Concepts Using a Diagnostic Instrument. *Research in Science Education*, 16(1): 40 – 48.

- Peterson, R.F., & Treagust, D. F. 1989. Grade-12 Students' Misconceptions of Covalent Bonding and Structure. *Journal of Chemical Education*, 66(6): 459 – 460.
- Rahayu, S., Treagust, D.F., Chandrasegaran, A.L, Kita, M., & Ibnu, S. 2011. Assessment of Electrochemical Concepts: A Comparative Study Involving Senior High-School Students in Indonesia and Japan. *Research in Science & Technological Education*, 29(2): 169 – 188.
- Renner, J.W., Abraham, M.R., Grzybowski, E.B., & Marek, E.A. 1990. Understandings and Misunderstandings of Eighth Graders of Four Physics Concepts Found in Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1): 35 – 54.
- Sanger, M.J. & Greenbowe, T.J. 1997a. Common Student Misconceptions in Electrochemistry: Galvanic, Electrolytic, and Concentration Cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4): 377 – 398.
- Sanger, M.J. & Greenbowe, T.J. 1997b. Students' Misconceptions in Electrochemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge. *Journal of Chemical Education*, 74(7): 819 – 823.
- Sanger, M.J. & Greenbowe, T.J. 1999. An Analysis of College Chemistry Textbooks As Sources of Misconceptions and Errors in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 76: 853 – 860.
- Schmidt, H.-J., A. Marohn, and A.G. Harrison. 2007. Factors that prevent learning in electrochemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2): 258–83.
- Sund, R.B. & Trowbridge, L.W. 1973. *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Treagust, D.F. 1988. Development and Use of Diagnostics test to evaluate students' misconception in science, *International Journal of Science Education*, 10(2): 159-169
- Valanides, N. 1997. Formal Reasoning Abilities and School Achievement. *Studies in Educational Evaluation*, 23(2): 169 – 185.
- Wiseman, F.L. 1981. The Teaching of College Chemistry: Role of Student Development Level. *Journal of Chemical Education*, 58(6): 484 – 488.
- Zimmerman, C. 2005. *The Development of Scientific Reasoning: What Psychologists Contributeto An Understanding of Elementary Science Learning*. Paper Commissioned by the National Academies of Science (National Research Council's Board of Science Education, Consensus Study on Learning Science, Kindergarten through Eighth Grade). (Online), ([http://www7.nationalacademies.org/bose/Corinne\\_Zimmerman\\_Final\\_Paper.pdf](http://www7.nationalacademies.org/bose/Corinne_Zimmerman_Final_Paper.pdf)), diakses tanggal 19 Maret 2014.