

CHEMICAL BONDING DIAGNOSTIC TOOL (CBDT): INSTRUMEN EVALUASI PEMAHAMAN KONSEPTUAL MAHASISWA BERKONTEKS LAHAN BASAH

Rizki Nur Analita^{1*}, Iriani Bakti², Rosyidah Syafaatur Rohmah³, Yunilia Nur Pratiwi⁴

¹Pendidikan Kimia, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

²Pendidikan Profesi Guru, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

³Pendidikan Kimia, Universitas Billfath, Lamongan, Indonesia

⁴SMA Ar-Rohmah Islamic Boarding School, Malang, Indonesia

*Corresponding Author: rizki.analita@ulm.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received ...

Received in revised form

...

Accepted ...

Available online ...

Kata Kunci: pemahaman konseptual, instrumen evaluasi, Chemical Bonding Diagnostic Tool, lahan basah.

Keywords: conceptual understanding, evaluation instrument, Chemical Bonding Diagnostic Tool (CBDT), wetlands.

ABSTRAK

Pemahaman konseptual yang benar dari peserta didik merupakan tujuan utama dalam setiap pembelajaran kimia, terutama pada materi ikatan kimia. Oleh karena itu, perlu adanya instrumen evaluasi untuk menganalisis sejauh mana pemahaman konseptual yang dimiliki peserta didik. Penelitian berikut berupa pengembangan instrumen evaluasi bernama *Chemical Bonding Diagnostic Tool* (CBDT) yang berkonteks lahan basah. Tujuan dari penelitian adalah menghasilkan suatu instrumen evaluasi yang valid dan reliabel, serta dapat memperkenalkan tentang pengertian lahan basah. Tahapan metode penelitian meliputi: (1) Peninjauan pustaka; (2) Pengembangan butir soal; (3) Uji validitas konstruk; (4) Revisi instrumen evaluasi; (5) Uji coba instrumen evaluasi; dan (6) Analisis butir soal dan instrumen evaluasi. Melalui penelitian yang dilakukan terhadap sampel 238 orang mahasiswa di enam perguruan tinggi negeri di Indonesia, diperoleh hasil berupa instrumen evaluasi yang sangat valid dan reliabel. Berdasarkan hasil tersebut, maka instrumen evaluasi CBDT dapat digeneralisasikan pada pembelajaran ikatan kimia di Indonesia.

ABSTRACT

The student's correct conceptual understanding always became the major purpose of every chemistry learning, especially in chemical bonding. The evaluation instrument is needed to analyze how far the student's conceptual understanding was. This study was about developing the evaluation instrument called Chemical Bonding Diagnostic Tool (CBDT) with wetlands context. The study aimed to get an evaluation instrument that is valid and reliable, as well as to introduce the interpretation of wetlands. There were steps of the method: (1) Reviewing literature; (2) Developing items; (3) Testing the construct validity; (4) Revising the evaluation instrument; (5) Experimenting the evaluation instrument; and (6) Analyzing the items and evaluation instrument. There were valid and reliable evaluation instruments through the research of 238 undergraduate students in six state universities in Indonesia. Based on the result, the CBDT evaluation instrument can be generalized in chemical bonding content learning in Indonesia.

Pendahuluan

Pemahaman konseptual yang dimiliki peserta didik dapat berbeda satu sama lain walaupun mereka memperoleh pembelajaran di waktu dan tempat yang bersamaan. Peserta didik yang salah dalam menerapkan konsep seringkali dianggap kurang memiliki kemampuan kognitif, padahal dapat terjadi karena individu tersebut telah memahami pengetahuan dasar, tetapi kurang tepat dalam mengaplikasikannya ke dalam suatu contoh (Chhabra & Baveja, 2012; Maskiewicz & Lineback, 2013; Sands, 2014). Pemahaman konseptual yang benar diperoleh dari pengetahuan dasar yang telah dibentuk, diperbaiki, ditambah, dan ditingkatkan berulang kali (Seidel & Budke, 2019). Beberapa dimensi yang

berhubungan erat dengan pemahaman konseptual, antara lain: pengetahuan secara faktual dan prosedural, koneksi dan transfer ilmu, pembelajaran bermakna, serta metakognisi (Badie, 2016; Mills, 2016). Berdasarkan dimensi-dimensi tersebut, dapat diketahui bahwa hal yang menyokong pemahaman konseptual adalah suatu proses pembelajaran berkelanjutan.

Proses pembelajaran yang tidak mampu diterima dengan utuh oleh peserta didik dapat membentuk suatu konsep alternatif. Konsep alternatif adalah cara berpikir peserta didik ketika dia memahami hampir keseluruhan proses suatu fenomena, akan tetapi salah dalam mengambil kesimpulan akhir dari fenomena tersebut (Chhabra & Baveja, 2012; Leonard et al., 2014; Maskiewicz & Lineback, 2013; Sands, 2014). Banyak penelitian yang membahas tentang konsep alternatif dalam pembelajaran kimia, salah satunya pada materi ikatan kimia. Materi ikatan kimia dipandang sebagai materi terpenting dalam ilmu kimia. Materi tersebut juga dipandang sebagai materi yang tersulit oleh para peserta didik. Sebagian besar materi tersebut bersifat abstrak, sehingga peserta didik sulit memahami mengapa dan bagaimana terbentuk suatu ikatan kimia (Awan & Khan, 2013; Luxford & Bretz, 2013; Taber et al., 2012).

Penelitian tentang pemahaman terhadap konsep materi ikatan kimia telah banyak dilakukan di Indonesia terhadap subyek pendidik ataupun peserta didik. Penelitian tersebut juga menghasilkan kesimpulan berupa konsep alternatif yang dibentuk oleh para subyek penelitian. Pada Tabel 1 berikut merupakan penjabaran konsep alternatif yang umum ditemukan pada materi ikatan kimia di Indonesia.

Tabel 1. Beberapa Konsep Alternatif yang Umum Ditemukan pada Materi Ikatan Kimia di Indonesia

No.	Konsep Alternatif	Sumber Penelitian
1.	Ikatan ionik terbentuk dari atom logam dengan atom nonlogam.	(Mellyzar, 2021; Prodjosantoso et al., 2019; Safitri et al., 2018)
2.	Ikatan ion terbentuk melalui transfer elektron dari atom logam ke atom nonlogam, membentuk kation dan anion.	(Aryungga et al., 2017)
3.	Ikatan ionik terbentuk melalui pemakaian bersama pasangan bersama elektron dari atom-atom yang berikatan.	(Safitri et al., 2018)
4.	Jari-jari ion natrium lebih besar dari atomnya, jari-jari ion klorida lebih kecil dari atomnya, dan jari-jari ion natrium lebih besar dari jari-jari ion klorida.	(Aryungga et al., 2017)
5.	HCl termasuk ke dalam senyawa ionik karena dapat mengion menjadi H^+ dan Cl^- .	(Prodjosantoso et al., 2019)
6.	Ikatan kovalen terbentuk dari atom nonlogam dengan atom nonlogam.	(Mellyzar, 2021; Prodjosantoso et al., 2019)
7.	Ikatan kovalen terbentuk melalui interaksi antara kation dan anion.	(Prodjosantoso et al., 2019)
8.	Setiap atom dalam suatu molekul harus mengikuti aturan oktet agar stabil, terutama atom pusat.	(Aryungga et al., 2017; Erman, 2017; Fadillah & Salirawati, 2018)
9.	NH_4Cl termasuk ke dalam senyawa kovalen karena senyawanya terbentuk dari atom nonlogam.	(Mellyzar, 2021; Prodjosantoso et al., 2019)
10.	Pada struktur Lewis senyawa HCl, pasangan elektron ikatan terletak seimbang di antara atom H dan atom Cl.	(Islami et al., 2019)
11.	Pada senyawa NH_3 terdapat ikatan kovalen koordinasi karena terdapat pasangan elektron bebas pada atom N untuk berikatan dengan atom H.	(Erman, 2017; Prodjosantoso et al., 2019)
12.	Pada senyawa HNO_3 terdapat ikatan kovalen koordinasi yang ikatannya berasal dari atom N dan salah satu atom O.	(Islami et al., 2019)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar subyek memiliki berbagai macam konsep alternatif terhadap materi ikatan kimia, akan tetapi belum ada tolak ukur yang dapat digunakan terhadap sebagian besar subyek peserta didik di Indonesia. Oleh karena itu perlu adanya instrumen evaluasi sebagai tolak ukur yang dapat digeneralisasikan untuk menganalisis pemahaman konseptual terhadap materi ikatan kimia.

Salah satu penelitian yang dapat dilakukan untuk menganalisis pemahaman konsep adalah dengan menggunakan instrumen evaluasi berbentuk tes diagnostik (*diagnostic test*). Tes diagnostik merupakan instrumen evaluasi dengan bentuk soal yang saling bertautan satu sama lain (Bakti & Analita, 2020; Bretz & McClary, 2015; Kaltakci-Gurel et al., 2017; Luxford & Bretz, 2014; Yan & Subramaniam, 2018). Tes diagnostik digunakan untuk mendiagnosa atau mengidentifikasi kesulitan, kelemahan, atau berbagai

masalah yang berkaitan dengan pemahaman konseptual peserta didik, sehingga dapat ditentukan penangangan yang tepat guna mengatasi masalah tersebut (Arikunto, 2013). Pada penelitian berikut, penulis menggunakan instrumen evaluasi bertingkat (*tier*) berbentuk *four-tier diagnostic test*. Yan & Subramaniam (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa *four-tier diagnostic test* memiliki beberapa kelebihan, antara lain: (1) dapat menentukan tingkat keyakinan setiap jawaban dan alasan yang diberikan responden; (2) lebih akurat dalam menganalisis hasil dari responden jika dibandingkan dengan instrumen diagnostik jenis lain; dan (3) lebih efisien dan efektif dalam menganalisis pemahaman konseptual responden jika dibandingkan dengan wawancara. Pernyataan tentang kelebihan *four-tier diagnostic test* tersebut didukung juga oleh Kaltakci-Gurel et al. (2017), Sreenivasulu & Subramaniam (2013), dan Yang & Lin (2015).

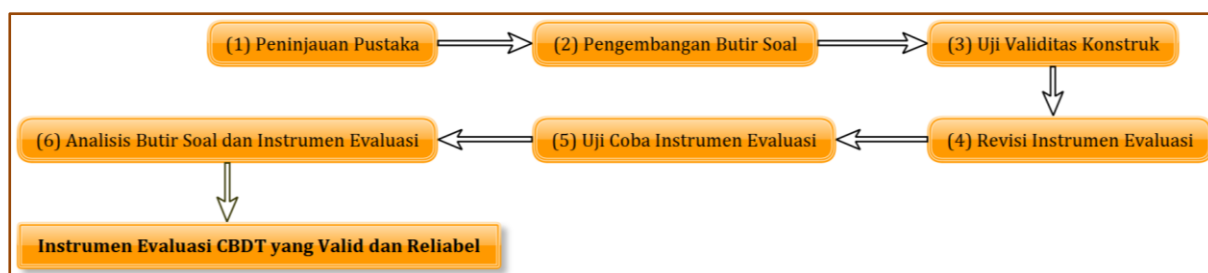
Instrumen evaluasi yang dikembangkan oleh penulis bernama *Chemical Bonding Diagnostic Tool* (CBDT). Instrumen berikut dikembangkan dari berbagai penelitian yang membahas tentang materi ikatan kimia ataupun instrumen tes diagnostik *four-tier* (Bakti & Analita, 2020; Habiddin & Page, 2019; Laliyo et al., 2021; Luxford & Bretz, 2014; Musa, 2015). Secara garis besar, instrumen evaluasi berbentuk soal pilihan ganda bertingkat yang berisi materi ikatan ionik, ikatan kovalen, serta ikatan kovalen koordinasi yang dipadukan dengan konsep lahan basah. Lahan basah merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang penuh kearifan lokal, khususnya di sebagian besar wilayah Kalimantan Selatan (Margono et al., 2014; Rochwulaningsih et al., 2020)

Lahan basah merupakan suatu wilayah basah di mana tanah bertemu dengan air (Amin, 2016; Liu, 2017; Shea et al., 2019). Wilayah lahan basah dapat berupa bakau, lahan gambut, rawa-rawa, sungai, ataupun danau. Wilayah lahan basah yang masih alamiah di Indonesia perlu dilestarikan karena berfungsi sebagai sumber air bersih, pelindung pesisir pantai, serta penyimpan utama dari karbon (Amin, 2016; Yin et al., 2018). Oleh karena itu, salah satu cara melestarikan alam wilayah lahan basah adalah dengan memperkenalkannya terlebih dahulu melalui pembelajaran di sekolah ataupun perguruan tinggi. Integrasi antara materi pembelajaran dengan konteks lahan basah terbukti dapat membantu berlangsungnya kelestarian alam tersebut (Liu, 2017; Saribas & Gonca Akdemir, 2019; Shea et al., 2019).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka penelitian berikut diharapkan dapat menghasilkan suatu instrumen evaluasi materi ikatan kimia yang valid dan reliabel. Instrumen evaluasi yang telah dikembangkan diharapkan dapat digeneralisasikan pada pembelajaran ikatan kimia di seluruh wilayah di Indonesia. Penulis juga berharap instrumen evaluasi berikut dapat memperkenalkan tentang pengertian lahan basah kepada pendidik ataupun peserta didik di seluruh Indonesia.

Metode

Penelitian pengembangan instrumen evaluasi *Chemical Bonding Diagnostic Tool* (CBDT) berikut merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh Habiddin & Page (2019) dan Laliyo et al. (2021). Metode penelitian terlaksana melalui beberapa tahap hingga diperoleh suatu instrumen evaluasi CBDT yang valid dan reliabel. Pada Gambar 2 tersaji tahapan penelitian pengembangan instrumen evaluasi CBDT:



Gambar 1. Tahapan Penelitian Pengembangan Instrumen Evaluasi CBDT

Penelitian berikut melibatkan berbagai pihak dari tujuh Perguruan Tinggi Negeri (PTN) di Indonesia, yaitu: Universitas Lampung; Universitas Negeri Semarang; Universitas Lambung Mangkurat; Universitas Palangkaraya; Universitas Mataram; Institut Agama Islam Negeri Tulungagung; dan Universitas Islam Negeri Antasari.

Pengembangan Butir Soal

Instrumen evaluasi CBDT berikut berisi sebanyak 16 butir soal dengan bentuk pilihan ganda bertingkat (*tier*). Setiap soal terdiri dari: pertanyaan, pilihan jawaban, pilihan keyakinan jawaban, pilihan alasan jawaban, dan pilihan keyakinan alasan jawaban. Pada tingkat keyakinan terdapat lima pilihan yang diukur berdasarkan skala Likert, yaitu: “sangat yakin”, “cukup yakin”, “ragu-ragu”, “tidak yakin”, dan “sangat tidak yakin”. Submateri yang tercakup dalam instrumen meliputi ikatan ionik, ikatan kovalen, dan ikatan kovalen koordinasi. Submateri tersebut merupakan dasar dari materi ikatan kimia.

Soal CBDT yang dikembangkan merupakan soal asli hasil studi literatur dari beberapa penelitian tentang materi ikatan kimia (Awan & Khan, 2013; Luxford & Bretz, 2013, 2014; Prodjosantoso et al., 2019; Taber et al., 2012; Vrabec & Prokša, 2016). Submateri yang digunakan dalam soal diperdalam dengan konsep dari beberapa literatur berupa buku (Chang & Overby, 2019; Effendy, 2016, 2017; Robinson et al., 2020). Indikator soal submateri ikatan ionik, ikatan kovalen, dan ikatan kovalen koordinasi dari instrumen evaluasi CBDT dijabarkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Indikator Soal Instrumen Evaluasi CBDT

Indikator Soal	Jumlah Soal
▪ Menganalisis jenis senyawa berdasarkan data atom-atom yang diberikan.	Lima butir.
▪ Menganalisis jenis senyawa berdasarkan representasi mikroskopik yang diberikan dan sebaliknya.	Tiga butir.
▪ Menganalisis jenis senyawa berdasarkan representasi simbolik yang diberikan.	Dua butir.
▪ Menganalisis dan menyimpulkan jenis senyawa berdasarkan mekanisme reaksi yang diberikan dan sebaliknya.	Dua butir.
▪ Menganalisis dan menyimpulkan struktur ikatan pada senyawa kovalen koordinasi.	Dua butir.
▪ Menganalisis perbedaan keadaan mikroskopik antara suatu atom dan ion.	Dua butir.

Pada beberapa butir soal CBDT tersebut dipadukan dengan konteks lahan basah yang ada di sebagian besar wilayah Kalimantan Selatan.

Magnesium oksida merupakan salah satu kandungan hara yang terdapat dalam pupuk Dolomit, yaitu pupuk yang digunakan untuk mengintervensi perkebunan-perkebunan pada lahan gambut. Berikut proses pembentukan kandungan hara tersebut:

$$\text{Mg}(s) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{MgO}(s)$$

\downarrow
 $\text{Mg}(g)$
 \downarrow
 $\text{Mg}^+(g)$
 \downarrow
 $\text{Mg}^{2+}(g)$

\downarrow
 $\text{O}(g)$
 \downarrow
 $\text{O}^-(g)$
 \downarrow
 $\text{O}^{2-}(g)$

$\text{Mg}^{2+}(g) + \text{O}^{2-}(g) \longrightarrow \text{MgO}(s)$

Melalui proses tersebut akan terbentuk senyawa....

(A) Ionik
 (B) Kovalen polar
 (C) Kovalen nonpolar
 (D) Kovalen koordinasi

Tingkat Keyakinan Jawaban:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sangat Yakin	Cukup Yakin	Ragu-ragu	Tidak Yakin	Sangat tidak yakin

Alasan:

(A) Proses pembentukan melibatkan atom logam dan nonlogam
 (B) Proses pembentukan melibatkan gaya elektrostatis antara kation dan anion
 (C) Proses pembentukan melibatkan proses serah terima elektron antara atom-atomnya
 (D) Proses pembentukan melibatkan atom-atom bermuatan parsial positif dan parsial negatif

Tingkat Keyakinan Alasan:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sangat Yakin	Cukup Yakin	Ragu-ragu	Tidak Yakin	Sangat tidak yakin

Gambar 2. Contoh Butir Soal Instrumen Evaluasi CBDT

Uji Validitas Konstruk

Validitas konstruk diperlukan untuk mengukur instrumen agar aspek-aspek yang digunakan dalam penelitian relevan dengan teori yang ada (Sugiyono, 2017). Uji validitas konstruk dilakukan melalui konsultasi dengan para ahli atau validator. Para validator yang berkontribusi dalam penelitian berikut berjumlah tujuh orang dari beberapa PTN di Indonesia, yaitu Universitas Lampung, Universitas Negeri Semarang, Universitas Lambung Mangkurat, Universitas Palangkaraya, Universitas Mataram, Institut Agama Islam Negeri Tulungagung, dan Universitas Islam Negeri Antasari. Uji validitas konstruk dilakukan melalui Google Form. Berdasarkan hasil uji validitas konstruk, dilakukan sedikit revisi terhadap instrumen evaluasi sesuai dengan pendapat para validator. Selanjutnya dilakukan uji coba terhadap instrumen evaluasi CDBT yang telah direvisi.

Uji Coba Instrumen Evaluasi

Uji coba instrumen evaluasi CDBT dilakukan terhadap 238 orang sampel penelitian, yaitu mahasiswa aktif dari Universitas Lampung, Universitas Negeri Semarang, Universitas Palangkaraya, Universitas Mataram, Institut Agama Islam Negeri Tulungagung, dan Universitas Islam Negeri Antasari. Sampel penelitian tersebut ditentukan dengan teknik *cluster random sampling*. Uji coba dilaksanakan melalui Google Form dengan alokasi waktu 60 menit. Seluruh sampel penelitian tidak diberikan perlakuan apapun sebelum pelaksanaan penelitian. Selain itu, sampel hanya diberikan satu kali kesempatan untuk menjawab instrumen evaluasi. Oleh karena itu, jawaban yang diberikan oleh sampel mahasiswa diasumsikan murni dari pemahaman konseptual yang mereka miliki.

Analisis Butir Soal dan Instrumen Evaluasi

Setelah uji coba instrumen evaluasi selesai dilakukan, data yang diperoleh selanjutnya dianalisis. Analisis dilakukan terhadap tiap butir soal melalui uji validitas butir soal, reliabilitas instrumen, taraf kesukaran, daya pembeda, dan efektivitas pengecoh. Validitas butir soal merupakan korelasi antara soal dengan konsep yang dimiliki sampel, sedangkan reliabilitas menunjukkan kadar konsistensi tiap butir soal terhadap keseluruhan instrumen (Arikunto, 2013; Sugiyono, 2017; Taber, 2018; Um & Crompton, 2018). Taraf kesukaran menunjukkan kadar sulit atau mudahnya suatu soal diselesaikan, sedangkan daya pembeda digunakan untuk menentukan kelompok sampel berkemampuan rendah dan tinggi. Sementara itu, efektivitas pengecoh suatu soal dikatakan baik jika semua jawaban yang tersedia, baik benar atau salah, dipilih oleh sampel penelitian (Habiddin & Page, 2019). Kriteria pengukuran untuk hasil analisis butir soal ditabulasikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kriteria Pengukuran Validitas Butir Soal dan Reliabilitas Instrumen

Validitas Butir Soal		Reliabilitas Instrumen	
Nilai Sig. (2-tailed)	Kriteria Soal	Nilai Cronbach's Alpha	Kriteria Instrumen
< 0,01 (**)	Valid	< 0,40	Jelek
< 0,05 (*)	Valid	0,40 – 0,60	Cukup
> 0,05	Tidak valid	0,61 – 0,80	Baik
		0,81 – 0,90	Sangat Baik
		> 0,90	Sempurna

Tabel 4. Kriteria Pengukuran Taraf Kesukaran, Daya Pembeda, dan Efektivitas Pengecoh Butir Soal

Taraf Kesukaran		Daya Pembeda		Efektivitas Pengecoh	
Nilai	Kriteria Soal	Nilai	Kriteria Soal	Nilai	Kriteria Pengecoh
0,00 – 0,30	Sulit	< 0,00	Tidak Layak	0%	Tidak Berfungsi
0,30 – 0,70	Sedang	0,00 – 0,20	Jelek	> 0%	Berfungsi
0,70 – 1,00	Mudah	0,21 – 0,40	Cukup		
		0,41 – 0,70	Baik		
		0,71 – 1,00	Sangat Baik		

Analisis terhadap validitas butir soal dan reliabilitas instrumen evaluasi berturut-turut menggunakan Korelasi Pearson Product Moment dan Cronbach's Alpha dari program IBM SPSS. Sementara itu, analisis atas taraf kesukaran, daya pembeda, dan efektivitas pengecoh tiap butir soal menggunakan program Microsoft Excel.

Hasil dan Pembahasan

Sebanyak 238 orang mahasiswa mengerjakan instrumen evaluasi *Chemical Bonding Diagnostic Tool* (CBDT) dengan jumlah soal sebanyak 16 butir. Salah satu butir soal yang telah dikembangkan dan diujikan diberikan pada Gambar 2. Soal pada Gambar 2 memiliki indikator menganalisis jenis senyawa berdasarkan mekanisme reaksi yang terjadi. Pada soal tersebut terdapat satu jawaban benar (A) dan tiga jawaban pengecoh (B, C, dan D) serta satu alasan benar (B) dan tiga alasan pengecoh (A, C, dan D). Mahasiswa diwajibkan menjawab keseluruhan pertanyaan tersebut, termasuk keyakinan yang dimiliki.

Data soal CBDT yang dianalisis adalah pertanyaan, pilihan jawaban, dan pilihan alasan. Analisis yang dilakukan meliputi: uji validitas butir soal, reliabilitas instrumen, taraf kesukaran, daya pembeda, dan efektivitas pengecoh. Adapun analisis terhadap tingkat keyakinan tidak dilakukan karena diperlukan analisis lebih dalam tentang pemahaman konseptual mahasiswa. Instrumen evaluasi terdiri dari 16 butir soal *four-tier*, sehingga total jawaban dan alasan yang perlu dianalisis sebanyak 32 butir.

Validitas Butir Soal

Hasil validitas butir soal menggambarkan pemahaman sampel terhadap tes yang diberikan, sehingga menghasilkan korelasi antara soal dengan konsep yang dimiliki sampel. Analisis untuk menentukan validitas dilakukan dengan menggunakan Korelasi Pearson Product Moment 2-tailed dari IBM SPSS. Analisis berikut digunakan untuk menentukan validitas data berdasarkan signifikansinya (Um & Crompton, 2018). Data pada tiap soal dibagi menjadi data Jawaban, data Alasan, dan keseluruhan Jawaban dan Alasan. Hasil analisis validitas butir soal dari data-data tersebut diberikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Validitas Butir Soal

Data dan Kriteria	Nilai Pearson Correlation							
	Soal 1	Soal 2	Soal 3	Soal 4	Soal 5	Soal 6	Soal 7	Soal 8
Jawaban	0.313**	0.372**	0.514**	0.465**	0.346**	0.225**	0.391**	0.317**
Alasan	0.131*	0.279**	0.404**	0.301**	0.298**	0.284**	0.489**	0.261**
Jawaban dan Alasan	0.245**	0.343**	0.523**	0.435**	0.336**	0.286**	0.526**	0.350**
Kriteria Soal	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid

Data dan Kriteria	Nilai Pearson Correlation							
	Soal 9	Soal 10	Soal 11	Soal 12	Soal 13	Soal 14	Soal 15	Soal 16
Jawaban	0.247**	0.500**	0.400**	0.455**	0.414**	0.346**	0.501**	0.476**
Alasan	0.421**	0.286**	0.460**	0.451**	0.460**	0.376**	0.388**	0.357**
Jawaban dan Alasan	0.386**	0.458**	0.455**	0.484**	0.502**	0.421**	0.500**	0.456**
Kriteria Soal	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid	Valid

***. Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed)*

**. Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed)*

Terdapat dua macam signifikansi 2-tailed pada Pearson Correlation yang digunakan, yaitu pada tingkat 0,01 (1%) dan 0,05 (5%). Jika suatu data mencapai signifikansi 0,01 artinya data tersebut memiliki tingkat kepercayaan sebesar 99%. Sementara itu, jika data mencapai signifikansi 0,05 berarti data tersebut memiliki tingkat kepercayaan sebesar 95%. Semakin rendah tingkat signifikansi yang dimiliki suatu data, maka semakin tinggi nilai kevalidannya. Sementara itu, jika tingkat suatu data mencapai signifikansi di atas 0,05, maka data tersebut dikatakan tidak valid.

Pada Tabel 5 terdapat tanda (**) dan (*) yang menyatakan tingkat signifikansi yang diperoleh masing-masing data. Tanda (**) menyatakan bahwa data termasuk valid pada signifikansi 0,01 dan tanda (*) menyatakan bahwa data termasuk valid pada signifikansi 0,05. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa keseluruhan nilai pada data Jawaban bertanda (**). Hal tersebut menyatakan bahwa jawaban Soal 1 hingga Soal 16 valid dengan signifikansi 0,01. Selanjutnya pada data Alasan terdapat sebuah tanda (*), yaitu pada Soal 1 yang berarti bahwa alasan valid pada signifikansi 0,05, sedangkan data alasan lain valid pada signifikansi 0,01.

Hasil akhir yang digunakan untuk menentukan kevalidan adalah keseluruhan data Jawaban dan Alasan. Berdasarkan data yang ada, seluruh Soal 1 hingga Soal 16 teranalisis valid pada signifikansi 0,01. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa seluruh soal memiliki tingkat kepercayaan 99% dan penggunaannya dapat digeneralisasikan ke dalam pembelajaran ikatan kimia di Indonesia. Hasil berikut sejalan dengan penelitian dari Habiddin & Page (2019).

Reliabilitas Instrumen

Analisis untuk menentukan reliabilitas instrumen dilakukan dengan mengikutsertakan soal yang valid dan mengeluarkan soal yang tidak valid. Analisis berikut telah banyak digunakan dalam penelitian-penelitian sains, salah satunya pada bidang kimia (Taber, 2018). Berdasarkan analisis validitas butir soal diperoleh hasil bahwa keseluruhan soal instrumen evaluasi CBDT termasuk valid, sehingga seluruhnya dapat diikutsertakan tanpa ada yang harus dibuang. Analisis untuk menentukan reliabilitas instrumen dilakukan dengan menggunakan statistik Cronbach's Alpha dari IBM SPSS. Hasil analisis reliabilitas instrumen CBDT untuk 16 butir soal ditampilkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Reliabilitas Instrumen

Data	Nilai Cronbach's Alpha	Jumlah Soal	Kriteria Instrumen
Jawaban	0.631	16	Baik
Alasan	0.545	16	Cukup
Jawaban dan Alasan	0.687	16	Baik

Analisis dari reliabilitas instrumen CBDT terbagi ke dalam data reliabilitas jawaban, reliabilitas alasan, dan reliabilitas keseluruhan yang meliputi jawaban dan alasan. Berdasarkan nilai Cronbach's Alpha yang terdapat pada Tabel 6 diketahui bahwa reliabilitas dari data Jawaban termasuk baik dan reliabilitas data Alasan termasuk cukup. Sementara itu, secara keseluruhan Jawaban dan Alasan, nilai Cronbach's Alpha mencapai 0,687 yang menunjukkan bahwa reliabilitas instrumen termasuk baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa instrumen evaluasi CBDT dapat digunakan karena adanya konsistensi antar tiap soal terhadap keseluruhan soal. Hasil reliabilitas berikut sangat penting digunakan untuk menentukan konsep alternatif yang dimiliki sampel (Bretz & McClary, 2015).

Taraf Kesukaran

Taraf kesukaran menunjukkan seberapa sulit atau mudahnya suatu soal dikerjakan dengan benar. Perhitungan dari taraf kesukaran adalah jumlah sampel yang menjawab benar dibagi dengan keseluruhan sampel sebanyak 238 orang. Hasil tentang perhitungan taraf kesukaran instrumen evaluasi CBDT tercantum pada Tabel 7. Hasil pada Tabel 7 menunjukkan bahwa data jawaban terdiri dari 2 soal dengan kriteria sulit, 13 soal dengan kriteria sedang, dan 1 soal dengan kriteria mudah. Sementara itu, data alasan terdiri dari 5 soal dengan kriteria sulit dan 10 soal dengan kriteria sedang.

Tabel 7. Hasil Taraf Kesukaran

Data dan Kriteria	Nilai Taraf Kesukaran							
	Soal 1	Soal 2	Soal 3	Soal 4	Soal 5	Soal 6	Soal 7	Soal 8
Jawaban	0,55	0,61	0,64	0,77	0,39	0,57	0,50	0,39
Kriteria Jawaban	Sedang	Sedang	Sedang	Mudah	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
Alasan	0,07	0,72	0,50	0,37	0,47	0,58	0,38	0,27
Kriteria Jawaban	Sulit	Mudah	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sulit

Data dan Kriteria	Nilai Taraf Kesukaran							
	Soal 9	Soal 10	Soal 11	Soal 12	Soal 13	Soal 14	Soal 15	Soal 16
Jawaban	0,36	0,40	0,52	0,56	0,32	0,27	0,33	0,29
Kriteria Jawaban	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sulit	Sedang	Sulit
Alasan	0,35	0,34	0,47	0,43	0,34	0,24	0,29	0,23
Kriteria Jawaban	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sulit	Sulit	Sulit

Data	Rata-rata	Kriteria
Jawaban	0,47	Sedang
Alasan	0,38	Sedang

Secara umum, rata-rata taraf kesukaran pada jawaban sebesar 0,47, sedangkan taraf kesukaran pada alasan sebesar 0,38. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada instrumen evaluasi CBDT, jawaban cenderung memiliki kriteria yang lebih mudah terjawab dengan benar daripada alasan. Beberapa penelitian yang membahas instrumen evaluasi bertingkat (*tier*) menyatakan bahwa sampel penelitian cenderung

lebih mudah memilih jawaban pada soal daripada alasan karena jawaban berhubungan dengan konsep dasar individu, sedangkan alasan membutuhkan konsep yang lebih mendalam (Habiddin & Page, 2019; Yan & Subramaniam, 2018).

Daya Pembeda

Daya pembeda berfungsi untuk menentukan kelompok sampel atas dan kelompok sampel bawah. Hasil dari perhitungan daya pembeda ditunjukkan pada Tabel 8. Nilai daya pembeda yang rendah menunjukkan bahwa kemampuan sampel kelompok atas dan kelompok bawah cenderung homogen, sehingga hanya memiliki sedikit perbedaan.

Tabel 8. Hasil Daya Pembeda

Data dan Kriteria	Nilai Daya Pembeda							
	Soal 1	Soal 2	Soal 3	Soal 4	Soal 5	Soal 6	Soal 7	Soal 8
Jawaban	0,27	0,30	0,46	0,32	0,26	0,21	0,29	0,30
Kriteria Jawaban	Cukup	Cukup	Baik	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup
Alasan	0,01	0,16	0,28	0,18	0,16	0,22	0,37	0,14
Kriteria Jawaban	Jelek	Jelek	Cukup	Jelek	Jelek	Cukup	Cukup	Jelek

Data dan Kriteria	Nilai Daya Pembeda							
	Soal 9	Soal 10	Soal 11	Soal 12	Soal 13	Soal 14	Soal 15	Soal 16
Jawaban	0,21	0,41	0,27	0,30	0,30	0,24	0,34	0,37
Kriteria Jawaban	Cukup	Baik	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup
Alasan	0,27	0,20	0,26	0,24	0,34	0,32	0,22	0,18
Kriteria Jawaban	Cukup	Jelek	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Jelek

Data	Rata-rata	Kriteria
Jawaban	0,30	Cukup
Alasan	0,22	Cukup

Pada data Jawaban terdapat 2 soal dengan daya beda berkriteria baik dan 14 soal dengan daya beda berkriteria cukup. Sementara itu, pada data Alasan terdapat 9 soal dengan daya beda berkriteria cukup dan 7 soal dengan daya beda berkriteria jelek. Daya pembeda pada rata-rata Jawaban menunjukkan nilai 0,30 dengan kriteria baik, sedangkan pada rata-rata Alasan menunjukkan nilai 0,22 dengan kriteria cukup. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa sampel cenderung memiliki kemampuan yang homogen dalam memberikan alasan dari soal ada. Daya pembeda mempengaruhi nilai dari validitas dan reliabilitas instrumen yang dikembangkan. Jika nilai dari sampel bervariasi dan daya pembedanya baik, maka validitas dan reliabilitas instrumennya akan tinggi (Habiddin & Page, 2019; Kaltakci-Gurel et al., 2017).

Efektivitas Pengecoh

Efektivitas pengecoh berfungsi untuk menentukan seberapa baik soal dapat menyebabkan konflik kognitif pada individu. Suatu pengecoh dapat dikatakan efektif apabila terpilih oleh sampel penelitian. Faktor pengecoh pada instrumen evaluasi berbentuk *four-tier diagnostic test* dapat digunakan untuk menganalisis berbagai macam alternatif konsepsi yang dimiliki oleh tiap individu. Persentase efektivitas dari faktor-faktor pengecoh dapat dilihat pada Tabel 9.

Berdasarkan hasil yang tertera pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa seluruh faktor pengecoh berfungsi sebagaimana mestinya. Persentase dari faktor-faktor pengecoh bervariasi mulai dari 5% hingga 64%. hal tersebut menunjukkan bahwa faktor pengecoh sudah efektif dikaitkan ke dalam tiap butir soal instrumen evaluasi CDBT. Analisis dari faktor pengecoh berikut sangat penting digunakan untuk menentukan sejauh dan sedalam apa konsep alternatif yang dimiliki sampel (Habiddin & Page, 2019; Yan & Subramaniam, 2018). Analisis lebih jauh dengan menggunakan data efektivitas pengecoh akan dibahas pada penelitian selanjutnya.

Tabel 9. Persentase Efektivitas Pengecoh

Pilihan	Soal 1		Soal 2		Soal 3		Soal 4		Soal 5		Soal 6	
	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas
A	5,04	12,18	6,72	10,08	6,30	50,00	77,31	24,79	10,08	35,71	14,29	57,98
B	55,46	48,74	3,78	3,36	29,41	24,37	14,71	36,97	15,97	9,66	56,72	21,01
C	6,30	7,14	61,34	71,85	64,29	9,24	3,78	32,77	39,08	7,98	25,63	10,92
D	33,19	31,93	28,15	14,71		16,39	4,20	5,46	34,87	46,64	3,36	10,08

Pilihan	Soal 7		Soal 8		Soal 9		Soal 10		Soal 11		Soal 12	
	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas
A	49,58	23,53	36,97	43,70	30,25	29,41	31,09	30,25	20,59	46,64	18,07	43,28
B	26,47	19,75	24,37	19,33	16,81	13,45	17,65	18,07	52,10	26,47	56,30	28,99
C	23,95	18,91	38,66	26,47	17,23	21,85	10,92	34,45	10,50	14,29	11,34	17,23
D		37,82		10,50	35,71	35,29	39,92	16,81	16,81	12,61	14,29	10,50

Pilihan	Soal 13		Soal 14		Soal 15		Soal 16		Keterangan
	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas	Jaw	Alas	
A	26,47	28,57	28,57	16,39	66,39	27,31	69,75	26,47	■ : pilihan yang benar ■ : tidak ada pilihan
B	23,53	21,43	31,93	37,82	32,77	34,87	29,41	40,34	
C	17,23	15,55	11,34	20,17		28,57		23,11	
D	31,93	33,61	27,31	24,37		8,40		8,40	

Simpulan dan Saran

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijabarkan, dapat disimpulkan bahwa instrumen evaluasi *Chemical Bonding Diagnostic Tool* telah valid dan reliabel. instrumen CBDT yang valid dan reliabel tersebut diperoleh setelah melalui peninjauan, perbaikan, serta uji coba terhadap 238 orang sampel mahasiswa dari beberapa PTN di Indonesia. Hasil tersebut juga didukung dengan adanya hasil taraf kesukaran yang sedang, hasil daya pembeda yang cukup dan baik, serta persentase pengecoh yang seluruhnya efektif digunakan dalam soal. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut, maka instrumen evaluasi CBDT dapat digunakan dan digeneralisasikan ke dalam pembelajaran materi ikatan kimia di Indonesia. Instrumen evaluasi berikut merupakan instrumen baru yang memadukan antara materi ikatan kimia dengan materi lahan basah. Beberapa butir soal yang terdapat dalam instrumen evaluasi berfungsi untuk memperkenalkan tentang tentang konteks lahan basah yang menjadi menjadi kearifan lokal wilayah Kalimantan Selatan.

Saran

Beberapa saran yang perlu disampaikan dari penelitian berikut, antara lain agar peserta didik selalu memperbaiki pemahaman konseptualnya secara mendalam, agar pendidik senantiasa menganalisis pemahaman konseptual para peserta didik sebelum memberikan perbaikan terhadap pemahaman mereka, dan agar peneliti senantiasa konsisten dalam mengembangkan dan memperbaiki instrumen evaluasi yang dapat digunakan untuk menganalisis pemahaman konseptual peserta didik ataupun pendidik.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk melaksanakan Program Dosen Wajib Meneliti (PDWM) 2021. Selain itu, kami juga berterima kasih kepada beberapa institusi yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian, yaitu: Prodi Pendidikan Kimia Universitas Lampung, Fakultas MIPA Universitas Semarang, Prodi Pendidikan Kimia Universitas Lambung Mangkurat, Prodi Pendidikan Kimia Universitas Palangkaraya, Prodi Tadris Kimia IAIN Tulungagung, dan Prodi Tadris Kimia UIN Antasari Banjarmasin.

Daftar Rujukan

- Amin, M. (2016). Potensi, Eksploitasi dan Konservasi Berkelanjutan Lahan Basah di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Basah*, 1, 14–22.
- Arikunto, S. (2013). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan* (2nd ed.). Bumi Aksara.
- Aryungga, S. D. E., Effendy, & Suharti. (2017). Study of Chemical Bonding Misconception on Senior High School Students caused by Learning Strategy and Content in Textbook. *Chemistryeducation.Uii.Ac.Id*, 2010, 12–13. <https://chemistryeducation.uii.ac.id/wp-content/uploads/2017/10/Septyadi-David-Eka-Aryungga-Effendy-Suharti.pdf>
- Awan, A. S., & Khan, T. M. (2013). Investigating Pakistani Students' Alternative Ideas Regarding the Concept of Chemical Bonding. *Bulletin of Education and Research*, 35(1), 17–29.
- Badie, F. (2016). Towards concept understanding relying on conceptualisation in constructivist learning. *Proceedings of the 13th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age, CELDA 2016*, 292–296.
- Bakti, I., & Analita, R. N. (2020). Analysis of Undergraduate Students' Conceptual Consistency on Chemical Kinetics Using Four-Tier Chemistry Concept Inventory. *Atlantis Press*, 108–117. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200711.019>
- Bretz, S. L., & McClary, L. (2015). Students' understandings of acid strength: How meaningful is reliability when measuring alternative conceptions? *Journal of Chemical Education*, 92(2), 212–219. <https://doi.org/10.1021/ed5005195>
- Chang, R., & Overby, J. (2019). *Chemistry 13 Edition* (13th ed.). McGraw-Hill.
- Chhabra, M., & Baveja, B. (2012). Exploring Minds: Alternative Conceptions in Science. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, 1069–1078. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.599>
- Effendy. (2016). *Perspektif Baru Ikatan Ionik* (3rd ed.). Indonesian Academic Publishing.
- Effendy. (2017). *Molekul, Struktur, dan Sifat-sifatnya* (1st ed.). Indonesian Academic Publishing.
- Erman, E. (2017). Factors contributing to students' misconceptions in learning covalent bonds. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(4), 520–537. <https://doi.org/10.1002/tea.21375>
- Fadillah, A., & Salirawati, D. (2018). Analysis of misconceptions of chemical bonding among tenth grade senior high school students using a two-tier test. *AIP Conference Proceedings*, 2021(2018). <https://doi.org/10.1063/1.5062821>
- Habiddin, & Page, E. M. (2019). Development and validation of a four-tier diagnostic instrument for chemical kinetics (FTDICK). *Indonesian Journal of Chemistry*, 19(3), 720–736. <https://doi.org/10.22146/ijc.39218>
- Islami, D., Suryaningsih, S., & Bahriah, E. S. (2019). Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Konsep Ikatan Kimia Menggunakan Tes Four-Tier Multiple-Choice (4TMC). *JRPK: Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 9(1), 21–29. <https://doi.org/10.21009/jrpk.091.03>
- 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 and Technological Education*, 35(2), 238–260.
- Laliyo, L. A. R., Hamdi, S., Pikoli, M., Abdullah, R., & Panigoro, C. (2021). Implementation of four-tier multiple-choice instruments based on the partial credit model in evaluating students' learning progress. *European Journal of Educational Research*, 10(2), 825–840. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.10.2.825>
- Leonard, M. J., Kalinowski, S. T., & Andrews, T. C. (2014). Misconceptions yesterday, today, and tomorrow. *CBE Life Sciences Education*, 13(2), 179–186. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-12-0244>
- Liu, H. L. (2017). Planning wetland ecology-based outdoor education courses in taiwanese junior high schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3261–3281. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00716a>
- Luxford, C. J., & Bretz, S. L. (2013). Moving beyond definitions: What student-generated models reveal about their understanding of covalent bonding and ionic bonding. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 214–222. <https://doi.org/10.1039/c3rp20154f>
- Luxford, C. J., & Bretz, S. L. (2014). Development of the bonding representations inventory to identify student misconceptions about covalent and ionic bonding representations. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 312–320. <https://doi.org/10.1021/ed400700q>
- Margono, B. A., Bwangoy, J. R. B., Potapov, P. V., & Hansen, M. C. (2014). Mapping wetlands in Indonesia using landsat and PALSAR data-sets and derived topographical indices. *Geo-Spatial Information Science*, 17(1), 60–71. <https://doi.org/10.1080/10095020.2014.898560>

- Maskiewicz, A. C., & Lineback, J. E. (2013). Misconceptions are “so yesterday!” *CBE Life Sciences Education*, 12(3), 352–356. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-01-0014>
- Mellyzar, M. (2021). Analysis of Students Understanding of Chemical Bonds Concept Using Three Tier Multiple Choice. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 3(1), 53–66. <https://doi.org/10.21580/jec.2021.3.1.7560>
- Mills, S. (2016). Conceptual Understanding: A Concept Analysis. *The Qualitative Report*, 21(3), 546–557.
- Musa, U. (2015). Constructing models in teaching of chemical bonds: Ionic bond, covalent bond, double and triple bonds, hydrogen bond and molecular geometry. *Educational Research and Reviews*, 10(4), 491–500. <https://doi.org/10.5897/err2014.1940>
- Prodjosantoso, A. K., Hertina, A. M., & Irwanto. (2019). The misconception diagnosis on ionic and covalent bonds concepts with three tier diagnostic test. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1477–1488.
- Robinson, J. K., McMurry, J. E., & Fay, R. C. (2020). *Chemistry 8th Edition* (8th ed.). Pearson Education, Inc.
- Rochwulaningsih, Y., Masrurroh, N. N., Sholihah, F., Widodo, S. K., & Budiyanto, S. (2020). Managing Socio-Economic Problems of the Wetland Environment in South Kalimantan. *E3S Web of Conferences*, 202, 1–8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020203025>
- Safitri, A. F., Widarti, H. R., & Sukarianingsih, D. (2018). Identifikasi Pemahaman Konsep Ikatan Kimia. *J-PEK (Jurnal Pembelajaran Kimia)*, 3(1), 41–50. <https://doi.org/10.17977/um026v3i12018p041>
- Sands, D. (2014). Concepts and conceptual understanding: What are we talking about? *New Directions in the Teaching of Physical Sciences*, 10(10), 7–11. <https://doi.org/10.29311/ndtps.v0i10.510>
- Saribas, D., & Gonca Akdemir, Z. (2019). Using an innovative tool in science education: examining pre-service elementary teachers' evaluation levels on the topic of wetlands. *International Journal of Science Education*, 41(1), 123–138. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1536302>
- Seidel, S., & Budke, A. (2019). “A border is a Ban” - Students' conceptual understanding and experiences of Europe's borders and boundaries. *Review of International Geographical Education Online*, 9(1), 82–101. <https://doi.org/10.33403/rigeo.573476>
- Shea, A., Violin, C. R., Wallace, C., & Forster, B. M. (2019). Teaching Water Quality Analysis using a constructed wetlands microcosm in a Non-Science Majors Environmental Science Laboratory. *Pedagogical Research*, 4(4). <https://doi.org/10.29333/pr/5945>
- Sreenivasulu, B., & Subramaniam, R. (2013). University Students' Understanding of Chemical Thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 35(4), 601–635. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.683460>
- Sugiyono. (2017). *Statistika untuk Penelitian*. Alfabeta.
- Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Taber, K. S., Tsaparlis, G., & Nakiboğlu, C. (2012). Student Conceptions of Ionic Bonding: Patterns of thinking across three European contexts. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2843–2873. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.656150>
- Um, S., & Crompton, J. L. (2018). The Importance of Testing for a Significant Difference Between Two Pearson Product-Moment Correlation Coefficients. *Journal of Leisure Research* 1986, 18(3), 206–209. <https://doi.org/10.1080/00222216.1986.11969658>
- Vrabec, M., & Prokša, M. (2016). Identifying Misconceptions Related to Chemical Bonding Concepts in the Slovak School System Using the Bonding Representations Inventory as a Diagnostic Tool. *Journal of Chemical Education*, 93(8), 1364–1370. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00953>
- Yan, Y. K., & Subramaniam, R. (2018). Using a multi-tier diagnostic test to explore the nature of students' alternative conceptions on reaction kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 213–226. <https://doi.org/10.1039/C7RP00143F>
- Yang, D. C., & Lin, Y. C. (2015). Assessing 10- to 11-year-old children's performance and misconceptions in number sense using a four-tier diagnostic test. *Educational Research*, 57(4), 368–388.
- Yin, S., Wang, X., Santoso, H., Tani, H., Zhong, G., & Sun, Z. (2018). Analyzing CO₂ concentration changes and their influencing factors in Indonesia by OCO-2 and other multi-sensor remote-sensing data. *International Journal of Digital Earth*, 11(8), 825–844. <https://doi.org/10.1080/17538947.2017.1359344>