

PENGEMBANGAN MODUL KIMIA BERKONTEKS LAHAN BASAH SEBAGAI PENGUATAN MODEL MENTAL: *AUGMENTED REALITY & CHEMICAL REPRESENTATION*

Almubarak* & Rilia Iriani

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lambung Mangkurat

*Corresponding author: almubarak_kimia@ulm.ac.id

Abstrak. Media pembelajaran dengan konsep didaktik merupakan salah satu aspek pemenuhan esensi media. Pengembangan media termasuk bahan ajar, modul, video, dan sebagainya tidak bertumpu pada media itu sendiri tetapi bagaimana media pembelajaran tersebut memberikan pengaruh dan dampak terhadap pola pikir peserta didik. Pengintegrasian teknologi dan konsep representasi adalah alternatif cara dalam melakukan pembaharuan dalam memahami materi kimia khususnya bagaimana memperbaiki model mental. Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul kimia berkonteks lahan basah sebagai penguatan model mental dengan integrasi Augmented Reality (AR) dan kimia representasi. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan (R&D) dengan mengadopsi model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Develop, Implementation, Evaluation*). Teknik pengumpulan data yakni teknik observasi, angket, tes, dan wawancara. Teknik analisis data menggunakan model Rasch dengan sampel mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan khususnya analisis model Rasch ditemukan bahwa pemahaman peserta berada pada kriteria baik meskipun beberapa peserta belum sepenuhnya mengalami progres. Selain itu, berdasarkan model ADDIE bahwa pengembangan modul sebagai media pembelajaran perlu mengalami perubahan yakni penyesuaian konten media dengan kondisi peserta didik sehingga peserta didik tidak mengalami kesulitan dalam belajar. Kesimpulannya, pengembangan modul kimia berkonteks lahan basah dengan integrasi AR & kimia representasi merupakan pembaharuan dalam konteks pembelajaran mengingat sulitnya menghubungkan konteks sains dan lingkungan.

Kata kunci: modul kimia, lahan basah, model mental, augmented reality, kimia representasi

1. PENDAHULUAN

Hasil survei menunjukkan secara statistik bahwa 171,17 juta penduduk Indonesia merupakan pengguna internet aktif, dimana Kalimantan Selatan memperoleh 6,1% dari jumlah pengguna internet aktif. Selain itu, akses internet banyak digunakan oleh anak muda dengan usia 9-15 tahun sebesar 91% dan 88,5% berusia 20-24 tahun. Lalu, survei berdasarkan jenis pekerjaan bahwa guru memperoleh 100% merupakan pengguna internet dan mahasiswa 92,1%. 93,3% penggunaan internet melalui smartphone. Hal yang paling mengkhawatirkan bahwa 12,6% pengguna internet tidak tahu alasan dalam menggunakan teknologi, meskipun 24,7% menyatakan menggunakan internet karena ingin berkomunikasi lewat pesan online dan 19,1% menggunakan sosial media. Data lain menunjukkan bahwa akses konten dengan indikator film/video melalui internet menduduki peringkat pertama sebesar 45,3%. Kesimpulan berdasarkan paparan data statistik tersebut bahwa penduduk Indonesia dimana rata-rata pengguna internet yakni anak muda, memiliki kecenderungan haus akan ragam informasi dengan cepat, mudah, sistematis, dan *by-hands* (APJII, 2018). Artinya, teknologi telah mempengaruhi segala aspek kehidupan manusia sehingga hal ini menjadi deskripsi utama khususnya pengajar yakni bagaimana membuat suatu gebrakan dan pembaharuan dalam konteks pembelajaran seperti ilmu kimia.

Penelitian menunjukkan bahwa, peserta didik mengalami ragam kesulitan dalam belajar kimia karena tidak memiliki pengetahuan dan keterampilan secara representasional sehingga butuh pendekatan khusus agar mereka memahami kimia tidak hanya pada level makroskopik (Ekiz *et al.*, 2011; Eliyawati *et al.*, 2018; Gilbert, 2013; Pande & Chandrasekharan, 2017; Treagust *et al.*, 2003; Trivic & Milanovic, 2018). Selain itu, kesulitan ini berpengaruh terhadap perspektif mereka mengenai ilmu sains khususnya kimia, dimana mereka tidak sedikit memiliki potensi miskonsepsi karena konstruk pengetahuan yang tidak sempurna (Mubarak, 2016; Ott *et al.*, 2018; Ryan & Herrington, 2014; Üce & Ceyhan, 2019). Pernyataan ini menggiring pemahaman bahwa sumber belajar adalah salah satu strategi atau media yang bisa digunakan oleh siswa dalam menginterpretasi secara holistik materi kimia dalam belajar (Lattisma *et al.*, 2018; Prasetyo *et al.*, 2014; Priyambodo, 2014; Rui *et al.*, 2017; Su, 2011; Turkoguz, 2012). Pada level makroskopik peserta didik hanya menyaksikan konten kimia yang kasat mata seperti eksperimen di laboratorium dan pengamatan langsung, sehingga peserta didik perlu memahami materi kimia pada level partikulat (submikroskopik), simbolik, dan matematis di mana konsep ini

disebut kimia representasi atau *multiple representation* (Al-Balushi, 2013; Liang *et al.*, 2011; Ozmen, 2010; Taber, 2013).

Kalimantan Selatan memiliki julukan Kota Seribu Sungai, sehingga pernyataan ini menunjukkan bahwa Kalimantan Selatan memiliki keunikan dan kearifan lokal yang mampu dijadikan literasi dalam belajar. Seperti lahan basah, tanah gambut, rawa, buah lokal dan sebagainya yang secara kajian sesungguhnya tidak jauh dari keilmuan sains. Sebut saja ilmu kimia, meski secara penerapan di lingkungan sekolah banyak diinterpretasi sebagai kajian yang sulit dan memiliki kompleksitas yang tinggi, sehingga butuh pemikiran yang cukup tinggi untuk mengetahui dan memahami. Di sisi lain, belajar kimia berbasis kearifan lokal merupakan alternatif cara bagaimana mereduksi paradigma siswa mengenai hal negatif tentang kimia yang disebutkan sebelumnya. Terlebih, kajian ilmu kimia secara keilmuan tidak memiliki banyak batasan dalam mengintegrasikan konten lokal dalam belajar kimia. Pemanfaatan lingkungan memungkinkan terjadinya proses belajar yang lebih bermakna (*meaningfull-learning*) sebab anak dihadapkan kepada keadaan dan situasi yang sebenarnya. Pembelajaran berbasis lingkungan merupakan solusi dalam menanggapi bagaimana lingkungan bisa menjadi sumber belajar, pernyataan ini diistilahkan (Habibi & Sabbaghan, 2013) sebagai *green chemistry education*.

Ide kolaborasi keilmuan seperti kimia yang dikorelasikan dengan kearifan lokal (Hiliadi, 2016; Normalasarie & Aulia, 2019) serta sentuhan teknologi melalui suatu media merupakan cara unik dalam membangkitkan semangat belajar peserta didik. Sentuhan teknologi yang lain, yaitu pengintegrasian Augmented Reality (AR) dalam konsep pembelajaran kimia (Alkhattabi, 2017; Behmke *et al.*, 2018; Lund *et al.*, 2016; Mustaqim, I., & Kurniawan, 2018; Taçgin *et al.*, 2016). Selain menunjukkan aspek teknologi dimana siswa sesungguhnya butuh pengalaman baru yang mampu membuka pemikiran mereka tentang cara belajar yang unik berbasis *information communication technology* (ICT) (Behmke *et al.*, 2018; Sampaio & Almeida, 2016; Taçgin *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2018). Hasil penelitian (Sampaio & Almeida, 2016) menunjukkan bahwa pengintegrasian *Augmented Reality* (AR) menambah nilai tersendiri dalam pengajaran dan proses belajar peserta didik. AR dinilai sebagai sistem kombinasi teknologi yang memadukan objek dengan lingkungan yang nyata secara virtual dan penerapannya yang sangat interaktif. Konsep AR ini sangat relevan dengan konsep representasi yang dijelaskan sebelumnya, dimana faktor level partikulat dalam belajar kimia merupakan solusi paling tepat agar siswa mampu menginterpretasi konten secara holistik.

Konten kimia berbasis visual representasi merupakan alternatif cara bagaimana siswa memahami materi kimia secara 3D (Chen *et al.*, 2019; Eliyawati *et al.*, 2018; Mahaffy, 2006). Artinya, dengan kemampuan visual representasi yang dimiliki oleh siswa, maka siswa tidak akan hanya mengetahui materi kimia secara makroskopik, tetapi secara tidak langsung mereka menkonstruksi perlahan pengetahuan yang dimiliki (Behmke *et al.*, 2018; Evagorou *et al.*, 2015; Moreno, 2011; Serobatse *et al.*, 2014). Konstruksi pengetahuan yang dialami oleh siswa ini perlu dideteksi pengajar sebagai bagian dari analisis model mental mereka. Menganalisis model mental siswa bertujuan untuk mengetahui bagaimana perspektif mereka terhadap materi kimia dengan *prior knowledge* dan pengalaman sains yang dimiliki (Adbo & Taber, n.d.; Darmiyanti *et al.*, 2017; Lin & Chiu, n.d.; Majid & Prahani, 2017; Üce & Ceyhan, 2019).

Sehubungan dengan penjelasan di atas bahwa, pengembangan produk (modul) kimia berkonteks lahan basah sebagai media analisis model mental (Coll, 2008; Darmiyanti *et al.*, 2017; Taylor & Rauterberg, 2007) dan kemampuan visual representasi merupakan bagian dari pembaharuan dalam pembelajaran kimia (Behmke *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2019; Evagorou *et al.*, 2015; Gilbert, 2010; Ott *et al.*, 2018; Treagust *et al.*, 2003; Williams, 2015). Proses pengembangan modul ini selain mengacu pada referensi primer dan hasil riset, proses tersebut juga menggunakan berbagai kajian literatur untuk mendukung konsep penelitian yang direncanakan. Orientasi hasil penelitian ini bukan berfokus pada produk yang dihasilkan, tetapi bagaimana produk yang dikembangkan mampu memberi pengaruh dan perubahan secara konteks pembelajaran kimia. Artinya, pembaharuan yang dilakukan merupakan poin utama, mengingat saat ini pesatnya perkembangan teknologi dan kompetisi yang terjadi sehingga perkembangan ini juga perlu dilakukan dalam sektor pendidikan. Bagaimanakah proses pengembangan modul kimia berkonteks lahan?

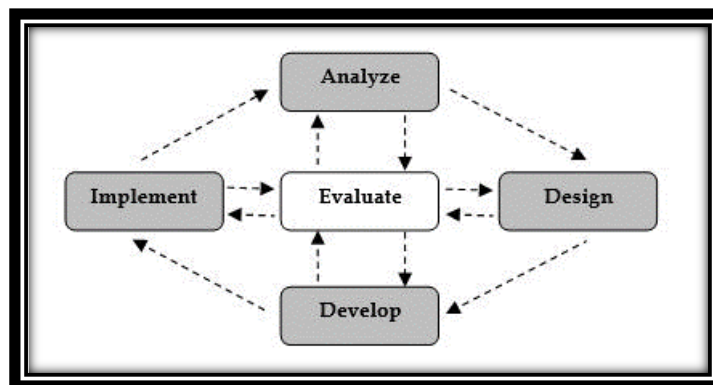
2. METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah R&D (*Research & Development*) dengan mengambil model ADDIE sebagai landasan dalam mengembangkan produk penelitian. Penerapan model ADDIE memuat 5 tahapan yakni, 1) tahap analisis, 2) tahap desain, 3) tahap pengembangan, 4) tahap implementasi, dan 5) tahap evaluasi. Kelima tahap yang disebutkan merupakan dasar bagaimana produk akan dihasilkan dan diujicoba aspek kelayakannya (Welty, 2007).

Sampel penelitian yang digunakan adalah mahasiswa pendidikan kimia FKIP ULM dengan teknik *purposive sampling*. Teknik tersebut dilaksanakan dengan pertimbangan tertentu seperti mahasiswa yang dipilih adalah mahasiswa yang telah melaksanakan mata kuliah kimia sekolah, kimia dasar, kimia organik, kimia anorganik, biokimia, dan strategi belajar mengajar (SBM). Sistem pengimplementasian ini diujicobakan pada Mata Kuliah (MK) Kesetimbangan dan Elektrokimia mengingat MK banyak menginterpretasi terkait fenomena alam dan sisi kehidupan manusia sehingga MK menjadi salah satu pilihan tepat dalam mengujicobakan produk. Meskipun, kasus miskonsepsi banyak muncul di lingkungan sekolah tetapi mahasiswa dinilai sebagai calon pengajar yang mesti dipersiapkan untuk merubah paradigma negatif tentang belajar kimia. Selain itu, dikarenakan kemampuan representasi dalam pembelajaran lemah sehingga butuh pembaharuan konsep dalam belajar kimia. Kemudian, kemampuan representasi di lingkungan Perguruan Tinggi (PT) sudah mulai terkikis dengan hadirnya teknologi, dimana banyak mahasiswa mengandalkan pencarian konten kimia melalui internet. Akibatnya, pencarian secara instan ini tidak melatih keterampilan berpikir mereka dalam menginterpretasi materi kimia sehingga berdampak pada ualitas lulusan (calon guru). Integrasi konteks lahan basah merupakan bagian dari isu lingkungan yang jika diintegrasikan berpotensi menjadi konsep inovatif dan diharapkan mampu merubah pola pembelajaran kimia di sekolah. Kolaborasi dengan teknologi AR dan konsep representasi diharapkan bisa menjadi terobosan dalam konteks pembelajaran kimia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan adalah R&D (*Research & Development*) dengan mengadopsi model pengembangan ADDIE. Model ADDIE dapat digunakan untuk pengembangan bahan pembelajaran pada ranah verbal, keterampilan intelektual, psikomotor, dan sikap sehingga luaran yang diharapkan mampu diintegrasikan dalam mata kuliah kimia sekolah dan atau mata pelajaran kimia di lingkungan sekolah. Model ADDIE memberikan kesempatan kepada pengembang desain pembelajaran untuk bekerja sama dengan para ahli isi, media, dan desain pembelajaran sehingga menghasilkan produk berkualitas baik. Artinya, produk yang dikembangkan merupakan unsur utama dalam pengembangan ini. Selain itu, esensi produk bertumpuh pada bagaimana produk ini memberikan pengaruh dan kontribusi dalam pembelajaran kimia khususnya dalam merubah perspektif siswa dalam belajar kimia. Adapun gambaran model ADDIE yakni sebagai berikut.



Gambar 1. Gambaran Model ADDIE

Gambar 1 di atas merupakan dasar proses pengembangan produk yang dikembangkan. Berikut penjelasan setiap tahap.

3.1 Analisis

Proses analisa secara utuh telah dilakukan sejak 2-3 tahun sebelumnya yakni melakukan analisa terkait pemahaman peserta (mahasiswa). Analisa ini menggunakan teknik analisis pemodelan Rasch dimana peserta didik diberikan tes kognitif dengan beberapa materi untuk mematisikan progres pola pikir mereka. Prinsip fundamental pelaksanaan analisa ini adalah ingin mengetahui secara holistik bagaimana progres pemahaman mereka mengingat mereka telah melalui berbagai subjek atau Mata Kuliah (MK) yang sangat relevan dengan berbagai konten ilmu kimia seperti, MK Kimia Sekolah 1 & 2, Kimia Dasar, Kimia Lingkungan, Gambut dan Batu Bara, dan seterusnya. Selain itu, observasi dan wawancara juga dilakukan untuk menguatkan analisa awal mengenai kognitif dasar mereka. Peninjauan ini untuk memperkuat peneliti mengenai level pemahaman mahasiswa terhadap materi. Kemudian, peninjauan terhadap progres belajar peserta dilakukan melalui proses

pembelajaran di kelas, seperti latihan soal, penugasan, *brainstorming*, dan teknik lain yang mampu mengidentifikasi berdasarkan isu yang diteliti.

Analisa dilakukan terhadap siswa(i) SMA Se-Kota Banjarmasin, dimana instrumen soal yang didistribusikan sama dan juga teknik analisa yang digunakan. Penelitian yang dilakukan terhadap siswa(i) SMA menyimpulkan bahwa kemampuan kognitif dasar siswa SMA Se-Kota Banjarmasin dengan pemodelan Rasch menunjukkan bahwa nilai rata-rata lebih kecil dari 0,00 dengan perolehan nilai "person measure" = -0,99 di mana siswa SMA Se-Kota Banjarmasin memiliki pemahaman pada materi kimia yang masih relatif lemah.

Analisis lain juga dilakukan pada mahasiswa dengan pemodelan Rasch sebagai teknik analisis data. Hasil analisa menunjukkan bahwa *Person Reliability* pada tabel 0,00 sedangkan *Item Reliability* 0,89, artinya dapat disimpulkan bahwa konsistensi jawaban dari siswa lemah (<0,76 = Lemah), tapi kualitas butir-butir soal dalam instrumen memiliki realibilitas "bagus" (0,8-0,9 = Bagus). Artinya, penunjukkan konsistensi respon yang lemah menunjukkan bahwa mahasiswa masih lemah pada materi struktur atom. Padahal, item menunjukkan bahwa instrumen tersebut berkategori baik dengan nilai (0,89) (Atiek Winarti & Almubarak, 2018). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan model Rasch memberi informasi yang vital bagi peneliti khususnya pengajar bagaimana mengembangkan pembelajaran yang tepat dan ilmiah.

Analisis lanjut dilakukan pada tahun 2019 pada materi ikatan kimia. Dengan teknik yang sama (model Rasch) bahwa kemampuan peserta atau *Person Measure* 0,65 dan *Item Measure* 0,00, dengan kata lain kemampuan peserta mengalami peningkatan (progres belajar). Secara keseluruhan, hasil analisa ini bukan satu-satunya strategi yang dilakukan untuk mengetahui kondisi kognitif awal mereka, tetapi analisis ini sangat memberi informasi terkait kondisi pemahaman siswa atau mahasiswa pada materi kimia. Analisa ini dinilai sangat penting mengingat dalam pembelajaran andargogi dibutuhkan kedewasaan dalam memahami materi. Bahwa memahami tidak cukup bagi seorang calon pengajar tetapi identitas, prinsip, kompetensi, dan kreativitas merupakan komponen penting dalam mengajar.

Lanjut, nilai *person reliability* yang diperoleh +0,77 dan *item reliability* sebesar +0,98. Nilai tersebut menunjukkan bahwa konsistensi pola respon peserta "bagus", sedangkan kualitas butir-butir soal dalam instrumen aspek realibilitasnya "istimewa". Sehingga disimpulkan bahwa pemahaman dalam konteks kognitif peserta dinilai bagus dalam menjawab soal materi ikatan kimia. Meskipun, secara data spesifik model Rasch yakni masih terdapat peserta didik yang memiliki pemahaman dan atau pola respon yang rendah terhadap materi ikatan kimia namun secara keseluruhan bahwa rata-rata mereka masih perlu dilatih baik secara konten ataupun secara praktik analisis masalah. Artinya, mereka masih perlu mengalami pengalaman belajar yang tepat dan mampu bertransformasi dalam memahami materi (Lee *et al.*, 2019; Rahmawati, 2018).

Sehubungan dengan hal di atas, konteks lahan basah juga menjadi orientasi utama dalam analisis kebutuhan belajar. Kota Banjarmasin merupakan bagian dari Provinsi Kalimantan Selatan dengan karakteristik lahan basah. Lahan basah sendiri termasuk dalam kajian lingkungan sehingga lahan basah ini relevan dengan ilmu kimia. Ilmu kimia merupakan bagian dari alam semesta yang memiliki peran yang sangat vital khususnya dalam kajian lingkungan (H. Barke *et al.*, 2012; Gilbert & Treagust, 2009). Selain itu, Gilbert & Treagust (2009) menambahkan bahwa materi kimia tidak bisa lepas dari konteks lingkungan dimana peserta didik bisa menginterpretasi ragam esensi lingkungan yang berkaitan dengan ilmu kimia seperti unsur hara, air, kualitas tanah, pencemaran, dan hal lain yang relevan dengan lingkungan. Kemudian, penjelasan H.D. Barke *et al.* (2009) bahwa untuk mengoptimalkan pemahaman tentang kimia peserta didik perlu mengadopsi konsep representasi sehingga mereka tidak hanya mengetahui tetapi memahami secara mendalam apa yang didiskusikan dan apa yang menjadi pusat perhatian dalam belajar kimia. Pengungkapan konteks lingkungan melalui konsep kimia representasi sangat membantu mereka (peserta didik) untuk mengungkap ragam fenomena khususnya secara submikroskopi (Becker *et al.*, 2015; González-Sánchez *et al.*, 2014; Ortiz-nieves & Medina, 2014; Pande & Chandrasekharan, 2017).

Berdasarkan pemaparan di atas bahwa analisis kebutuhan belajar peserta didik tidak hanya melalui analisis kognitif tetapi bisa ditempuh melalui berbagai cara termasuk gaya belajar dan bagaimana konteks lokal seperti lingkungan terintegrasi dalam proses pembelajaran kimia. Hal ini sangat bermanfaat bagi peserta didik mengingat konteks kedaerahan (lingkungan) merupakan komponen dasar dalam belajar sains seperti kimia agar mereka memahami secara ilmiah peran kimia dalam kehidupan manusia. Integrasi lingkungan dalam proses pembelajaran kimia menjadi terobosan atau pembaharuan dalam belajar kimia di mana mereka perlu mengkonstruksi pengetahuan mereka secara konkrit (H. Barke *et al.*, 2012; Gilbert & Treagust, 2009). Selain lingkungan, aspek teknologi juga menjadi orientasi dalam riset ini di mana teknologi yang direncanakan adalah *Augmented Reality* (AR). Teknologi AR merupakan salah satu teknologi yang bisa diintegrasikan dalam belajar kimia agar suasana belajar jauh lebih terkesan *real* melalui dunia 3D (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Koutromanos *et*

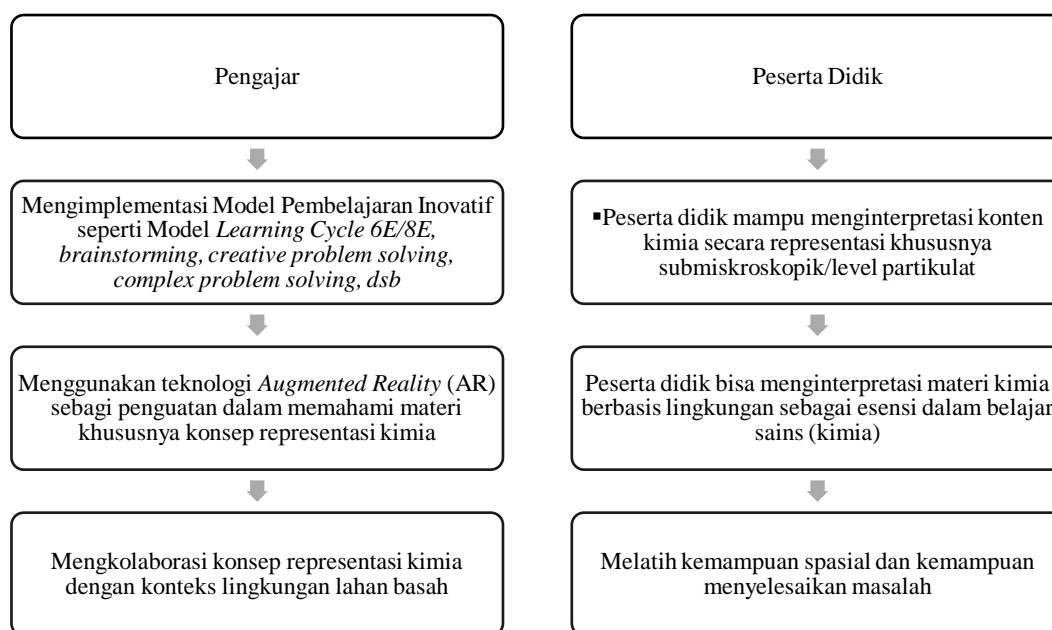
al., 2015; Taççin *et al.*, 2016). Konsep ini bisa menjadi pembaharuan dalam belajar kimia dan teknologi AR ini sangat relevan dengan kimia representasi yang dijelaskan sebelumnya.

3.2 Desain

Tahap ini sangat bergantung pada apa yang ditemukan melalui tahap analisa sebelumnya yakni kebutuhan belajar, karakter, dan sifat materi kimia yang seperti apa. Tahap ini lebih memfokuskan mengenai kompetensi apa yang mesti dicapai dan bagaimana proses pencapaian tersebut sehingga terjadi perubahan dalam proses pembelajaran dengan produk yang didesain. Berikut tahapan desain yang dilaksanakan.

3.2.1 Indikator Keberhasilan

Adapun indikator yang harus dicapai oleh peserta agar memiliki kompetensi dan keterampilan terkait isu yang dianalisa dan strategi pengajar dalam proses pembelajaran.



Gambar 2. Deskripsi Indikator Keberhasilan Pengembangan Produk

3.2.2 Strategi pembelajaran

- Adapun beberapa strategi pembelajaran yang dirancang berdasarkan tahap analisis yang dilakukan.
- Menggunakan pendekatan *Brainstorming* sebagai media komunikasi dalam berdiskusi dan membahas ragam isu yang menarik dalam suatu pembelajaran;
 - Menggunakan model pembelajaran inovatif seperti model pembelajaran 6E/8E mengingat perlunya menelaah struktur kognitif peserta didik;
 - Menyajikan ragam problematika dan atau fenomena lingkungan yang kemudian diinterpretasi melalui konsep representasi kimia untuk memperbaiki model mental. Analisis model mental peserta merupakan ukuran utama wujud realisasi keberhasilan produk yang dikembangkan. Model mental merupakan strategi terbaik bagaimana mengetahui sejauh mana pemahaman peserta terhadap sains (kimia) sehingga analisis model mental perlu dilakukan untuk memperkuat pemahaman mereka.
 - Mengembangkan sumber belajar/bahan ajar atau media pembelajaran yang relevan dan sesuai dengan karakter peserta didik. Bahan ajar berbasis riset dan dengan konsep representasi merupakan bagian yang sangat relevan terhadap konsep penelitian yang dilakukan sehingga peneliti sangat mempertimbangkan segala hal yang berkaitan dengan konten bahan ajar dan konsep pembelajaran yang dilaksanakan. Kimia representasi mampu memberikan pandangan lain kepada peserta dalam mengetahui konten kimia.

3.3 Develop


Gambar yang disajikan di bawah merupakan deskripsi desain modul kimia berkonteks lahan basah dengan mengintegrasikan konsep kimia representasi dan teknologi *Augmented Reality* (AR). Kata “berkonteks lahan basah” merujuk kepada bagaimana kasus yang disajikan relevan dengan kondisi peserta didik seperti kehadiran lingkungan lahan basah dan wujud kearifan lokal yang lain yang berhubungan dengan materi kimia. Selain itu, kasus yang diangkat tidak secara langsung merujuk ke materi yang dibahas tetapi modul ini menyajikan materi yang cukup terstruktur sehingga memahami materi (ikatan kimia) tidak hanya pada ranah materi ikatan kimia tersebut.



Gambar 3. Sampul Modul

Penyajian materi dan kasus secara terstruktur membantu peserta didik dalam mengkonstruksi pengetahuan mereka menjadi lebih ilmiah (H. Barke *et al.*, 2012). Selain itu, kasus yang disajikan diharapkan peserta didik bisa bertransformasi agar mereka bisa merubah persektif mereka terhadap sains menjadi lebih dalam bahwa, kimia tidak hanya bagian dari sains tetapi kimia juga memiliki peran yang krusial dalam kehidupan manusia (Berkel, Berry *et al.*, 2009; Gilbert & Treagust, 2009; Mezirow, 1991). Esensi penyajian ini juga mengarahkan peserta didik (mahasiswa) agar menjadi calon pendidik yang memiliki kompetensi dan pengetahuan yang tepat dalam proses pengajaran di mana proses pengajaran tidak hanya proses transformasi pengetahuan tetapi bagaimana pengajar mempengaruhi dan merubah pola pikir dan model mental siswa menjadi lebih ilmiah (Akaygun & Aslan-Tutak, 2016; Avraamidou, 2016; H. D. Barke *et al.*, 2009; González-Sánchez *et al.*, 2014; Sa & Dost, 2014).

A. KESTABILAN ATOM



Natrium Klorida atau Sodium Klorida atau yang lebih dikenal sebagai istilah "Garam Dapur" merupakan salah satu yang sering dibakar dalam konteks dengan Ikatan Kimia. Garam dapur ini juga dikenal dengan senyawa kimia NaCl, di mana senyawa ini memiliki sifat unik dengan ikatan ion yang menyatukannya. Artinya, senyawa garam NaCl mudah dalam pemisahan jika tertuang "Ikatan Kimia". Senyawa ini adalah garam yang sering mempengaruhi salinitas laut dan cairan ekstraseluler pada banyak organisme multiseluler. Sebagai komponen utama pada garam dapur, natrium klorida sering digunakan sebagai bumbu dan pengawet makanan. Sejumlah besar natrium klorida digunakan dalam banyak proses industri, dan merupakan sumber utama senyawa natrium dan klorin yang digunakan sebagai bahan baku untuk sintesis kimia lebih lanjut. Aplikasi utama kedua natrium klorida adalah untuk menghilangkan lapisan pelan pada casing sub-batu (pemboran hidroponik).

Golongan unsur gas mulia merupakan golongan yang stabil di

sifat unsur ditentukan oleh konfigurasi elektronnya. Bagaimana konfigurasi elektron dari atom yang stabil itu? Simak konfigurasi elektron dari atom-atom gas mulia yang merupakan atom-atom stabil berikut.

Atom He

[He] Konfigurasi elektron Kulit (2)
Konfigurasi Elektron Subkulit $1s^2$

1s ²

Atom Ne

[Ne] Konfig. elektron Kulit (2,8)
Konfig. elektron Subkulit Kulit $1s^2 2s^2 2p^6$

1s ²	2s ²	2p ⁶

Atom Ar

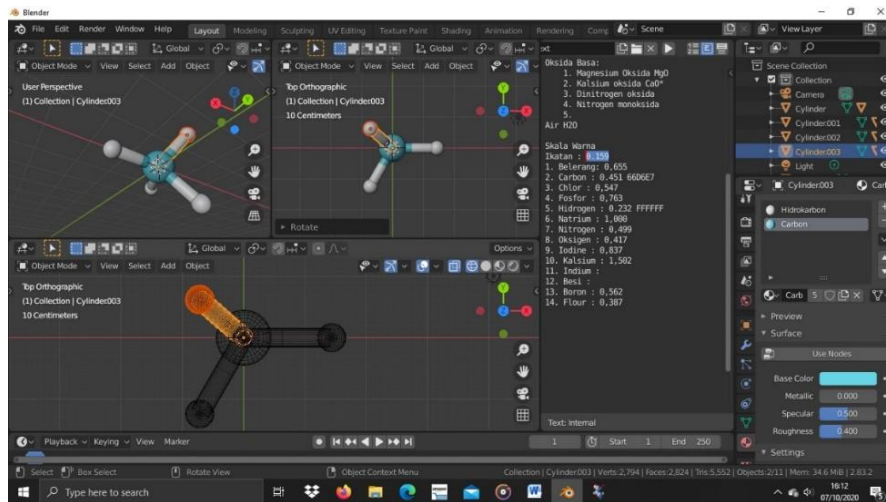
[Ar] Konfig. elektron Kulit (2,8,8)
Konfig. elektron Subkulit Kulit [Ne] $3s^2 3p^4$

3s ²	3p ⁴

[Kr] Konfig. elektron Kulit (2,8)
Konfig. elektron Subkulit Kulit [Ar] $4s^2 3d^4 4p^4$

Gambar 4. Deskripsi Materi Ikatan Kimia

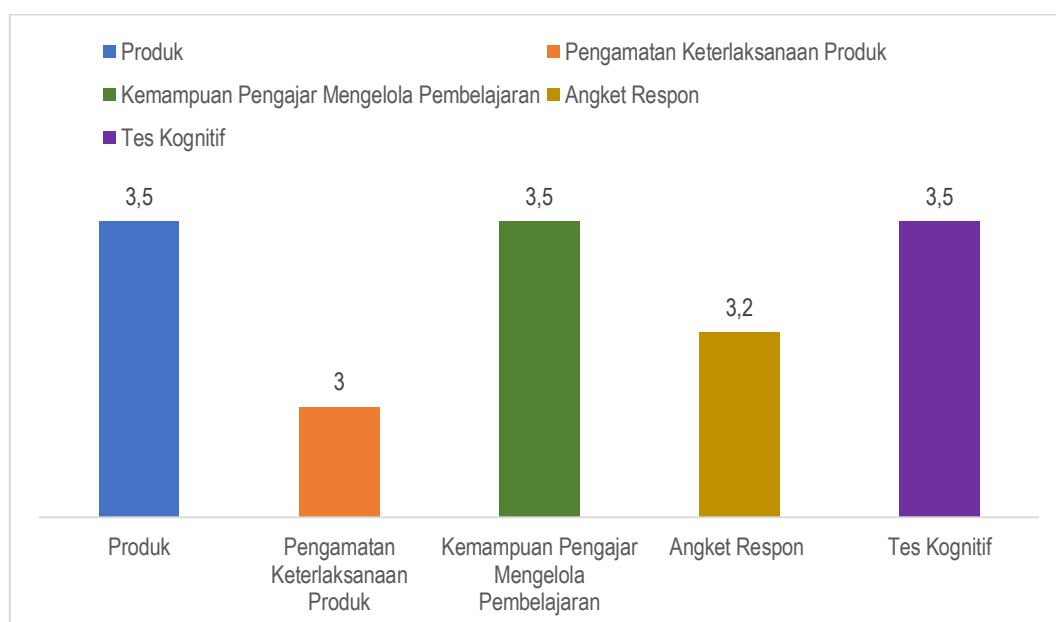
Materi ikatan kimia yang disajikan dalam modul hanya bersifat suplementari atau sajian tambahan. Hal ini disebabkan luas pencarian literatur melalui berbagai platform teknologi dan sosial media sehingga materi yang tersaji tidak bersifat vital. Penyajian kasus, tes formatif, atau visual AR merupakan unsur utama dalam sajian modul kimia berkonteks lahan basah yang dikembangkan. Fokus penyajian tersebut berkaitan dengan kondisi peserta didik saat mereka menyelesaikan masalah dan bagaimana model mental mereka dalam pengerjaan kasus sehingga hal ini dinilai sangat penting khususnya dalam hal model mental peserta didik.



Gambar 4. Deskripsi pembuatan senyawa CH₄ (metana) dengan aplikasi blender 2.83

3.4 Implementation

Produk yang dihasilkan mengalami banyak perubahan selama proses pengembangan mulai dari konsep, desain, dan konten. Perubahan ini tentu banyak terlihat saat proses validasi dimana tim peneliti melakukan perombakan jika penyajian dalam produk terdapat hal-hal yang bertentangan dengan konsep sebelumnya sehingga hal ini menjadi bahan acuan kedepan bagaimana produk ini diadopsi dan dikembangkan pada implementasi tertentu. Validitas, praktikalitas, dan efektivitas merupakan orientasi utama untuk melihat sejauh mana produk ini dinyatakan tepat dan sistematis. Bagaimanapun, media pembelajaran menurut (H. Barke *et al.*, 2012) adalah tidak hanya sekedar media tetapi media pembelajaran yang memiliki fungsi dan bisa mempengaruhi individu sampai keprubahan perpektif dan pola pikir sehingga pemahaman mereka merefleksikan apa yang mereka ketahui melalui media.



Gambar 5. Validitas Produk dan Instrumen Pendukung dalam Riset



Grafik di atas menunjukkan progres nilai validitas produk dan instrumen pendukung dalam proses penelitian yang dilakukan. Nilai yang ditunjukkan pada grafik di atas kemungkinan besar bisa mengalami perubahan mengingat proses pengembangan masih berjalan. Hal ini dikarenakan bahwa penyesuaian teknologi *Augmented Reality* (AR) dengan konten modul yang dikembangkan sehingga dibutuhkan waktu yang cukup banyak agar sajian yang diberikan bersifat relevan dan ilmiah. Selain itu, konsep representasi kimia juga adalah komponen yang mesti hadir dalam modul dan relevan dengan teknologi AR yang dikembangkan. Konteks lingkungan lahan basah adalah unsur dasar yang juga menjadi pertimbangan besar bagaimana materi kimia ini dikonsumsi ketika proses pembelajaran kimia. Artinya, proses implementasi masih terus berjalan mengingat secara riset bahwa daya nalar dan kemampuan menginterpretasi materi dengan konsep representasi bersifat konkrit dan tidak mudah khususnya level partikulat sehingga butuh metode dan strategi pembelajaran agar mereka (peserta didik) bisa mencapai kompetensi yang tepat. Mencapai kemampuan spasial membutuhkan banyak upaya mengingat sebagian besar peserta didik masih kesulitan dalam memahami materi kimia secara level partikulat dan bahkan simbolik (Cloonan, Carrie & Hutchinson, John, 2011; Darmiyanti *et al.*, 2017; Ryan & Herrington, 2014).

3.5 Evaluasi

Produk yang dikembangkan melalui model ADDIE ini memiliki potensi menjadi media pembelajaran yang merepresentasikan tidak hanya materi kimia itu sendiri tetapi bagaimana membawa peserta didik bertransformasi secara kognitif dalam menyikapi ragam fenomena dan atau kasus yang disajikan. Fenomena yang dimaksud yakni kejadian alam dan pengintegrasian konteks lahan basah. Seperti yang dikemukakan bahwa menurut (Gilbert & Treagust, 2009) kimia sangat erat hubungannya dengan lingkungan. Kemudian, H. D. Barke *et al.*, 2009 memperkuat bahwa pengintegrasian konsep representasi kimia dalam proses pembelajaran sangat membantu peserta didik mengkonstruksi pengetahuan mereka agar mereka memiliki model mental yang konkrit dan ilmiah.

Berdasarkan proses pengembangan yang dilakukan maka disimpulkan bahwa terjadi beberapa hambatan dalam mengembangkan modul kimia berkonteks lahan basah dengan mengintegrasikan teknologi *Augmented Reality* (AR) dan konsep representasi. Adapun hambatan yang dilalui adalah.

- 3.5.1 Menyusun topik-topik lahan basah yang relevan dengan materi kimia karena konteks lahan basah yang menjadi orientasi mesti representatif secara konten kimia;
- 3.5.2 Mengembangkan molekul-molekul kimia melalui aplikasi Blender di mana membuat molekul kimia dengan ukuran yang tepat adalah hal yang cukup sulit sehingga hal ini juga menjadi hambatan pada proses pengembangan;
- 3.5.3 Menyajikan molekul pada modul kimia yang sesuai dengan materi ikatan kimia dan relevan dengan konteks lahan basah;
- 3.5.4 Menyusun struktur materi pada modul agar tidak tumpang tindih atau bersifat tandom dan tata terulang dalam bacaan modul;
- 3.5.5 Proses pengimplementasian produk juga mengalami hambatan karena tidak boleh berkumpul sehingga hal ini perlu berdiskusi apakah produk ini representatif jika pembelajaran melalui pembelajaran online.

4. SIMPULAN

Integrasi lingkungan dalam proses pembelajaran kimia menjadi terobosan atau pembaharuan dalam belajar kimia dimana mereka perlu mengkonstruksi pengetahuan mereka secara konkrit. Selain itu, pengembangan bahan ajar seperti modul kimia berkonteks lahan basah merupakan alternatif cara bagaimana pengajar mengeksplorasi materi kimia sehingga terjadi pembaharuan dalam konteks pembelajaran kimia. Pengembangan modul ini bisa mengadopsi model pengembangan ADDIE dengan tahapan 1) *Analysis*, 2) *Design*, 3) *Develop*, 4) *Implementation*, dan 5) *Evaluation*. Proses pengembangan tentu melalui banyak tahapan dan ragam strategi agar produk yang diharapkan bersifat konkrit dan representatif. Khususnya bagaimana mengkolaborasi antara lingkungan (dalam konteks kearifan lokal), konsep representasi kimia dan sentuhan teknologi *Augmented Reality* (AR). Artinya, pengembangan modul sebagai bahan ajar ini merupakan bentuk dukungan pengajar dalam menuju indikator SDGs yakni pendidikan berkualitas.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian didukung dan dibiayai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Lambung Mangkurat. Kami segenap tim Penelitian mengucapkan banyak terima kasih atas dana Hibah PNPB ULM untuk pendanaan program dosen wajib meneliti. Kami juga mengucapkan kepada seluruh pihak yang sudah mendukung dan terlibat dalam segala tahap kegiatan penelitian ini termasuk Pimpinan FKIP ULM, Staff dan Dosen PS Pendidikan Kimia, mahasiswa dan pihak lain yang terlibat. Semoga apa yang dikerjakan melalui penelitian ini bisa memberikan kontribusi bagi institusi dan masyarakat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adbo, K., & Taber, K. S. (n.d.). Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter : A study of 16 - year - old Swedish science students Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter : A study of 16-year-old Swedish science students. 37–41. <https://doi.org/10.1080/09500690701799383>
- Akaygun, S., & Aslan-Tutak, F. (2016). STEM Images Revealing STEM Conceptions of Pre-Service Chemistry and Mathematics Teachers. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*. 4(1): 56. <https://doi.org/10.18404/ijemst.44833>
- Al-Balushi, S. M. (2013). The effect of different textual narrations on students' explanations at the submicroscopic level in chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 9(1): 3–10. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2013.911a>
- Alkhattabi, M. (2017). Augmented reality as e-learning tool in primary schools' education: Barriers to teachers' adoption. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 12(2): 91–100. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i02.6158>
- Avraamidou, L. (2016). Intersections of life histories and science identities: The stories of three preservice elementary teachers. *International Journal of Science Education*. 38(5): 861–884. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1169564>
- Barke, H. D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). Misconceptions in Chemistry (Addressing Perceptions in Chemical Education). Sense Publisher. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70989-3_2
- Barke, H., Harsch, G., & Schmid, S. (2012). Essentials of Chemical Education. springer. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. (2015). Translating across macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels: The role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*. 16(4). 769–785. <https://doi.org/10.1039/c5rp00064e>
- Behmke, D., Kerven, D., Lutz, R., Paredes, J., Pennington, R., Brannock, E., Deiters, M., Rose, J., & Stevens, K. (2018). Augmented Reality Chemistry: Transforming 2-D Molecular Representations into Interactive 3-D Structures. *Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference*. 2(1): 3–11. <https://doi.org/10.20429/stem.2018.020103>
- Berkel, Berry, V., Pilot, A., & Bulte, Astrid, M. W. (2009). Micro-Macro Thinking in Chemical Education: Why and How to Escape. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education, Models and Modeling in Science Education*. pp. 31–54. Springer Science + Business. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_3
- Chen, X., de Goes, L. F., Treagust, D. F., & Eilks, I. (2019). An analysis of the visual representation of redox reactions in secondary chemistry textbooks from different chinese communities. In *Education Sciences*. 9(1). <https://doi.org/10.3390/educsci9010042>
- Cloonan, Carrie, A., & Hutchinson, John, S. (2011). A chemistry concept reasoning test. *Chemistry Education Research and Practice*. 12(2): 205–209. <https://doi.org/10.1039/c1rp90025k>
- Coll, R. K. (2008). *Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding*. 5(1): 22–47.
- Darmiyanti, W., Rahmawati, Y., Kurniadewi, F., & Ridwan, A. (2017). Analisis Model Mental Siswa Dalam Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 8E Pada Materi Hidrolisis Garam. *JRPK: Jurnal Riset Pendidikan Kimia*. 7(1): 38–51. <https://doi.org/10.21009/jrpk.071.06>
- Ekiz, B., Tarkin, A., Bektas, O., Tuysuz, M., Kutucu, E. S., & Uzuntiryaki, E. (2011). Pre-service chemistry teachers' understanding of phase changes and dissolution at macroscopic, symbolic, and microscopic levels. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 15: 452–455. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.120>
- Eliyawati, Rohman, I., & Kadarohman, A. (2018). The effect of learning multimedia on students' understanding of macroscopic, sub-microscopic, and symbolic levels in electrolyte and nonelectrolyte. *Journal of Physics: Conference Series*. 1013(1): 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012002>
- Evagorou, M., Erduran, S., & Mäntylä, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices : from conceptual understanding and knowledge generation to ' seeing ' how science works. *International Journal of STEM Education*. 2(1): 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0024-x>

- Gilbert, J. K. (2010). The role of visual representations in the learning and teaching of science: An introduction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 11(1): 1–19.
- Gilbert, J. K. (2013). Multiple Representations in Biological Education Models and Modeling in Science Education. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. In *Multiple Representations in Chemical Education, Models and Modeling in Science Education* (pp. 1–8). Springer Science + Business. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_1
- González-Sánchez, A. M., Ortiz-Nieves, E. L., & Medina, Z. (2014). A hands-on activity incorporating the threefold representation on limiting reactant. *Journal of Chemical Education*. 91(9): 1464–1467. <https://doi.org/10.1021/ed4003783>
- Habibi, L., & Sabbaghan, M. (2013). A Comparative Study in Green Chemistry Education Curriculum in America and China. 6th International Conference on University Learning and Teaching (InCULT 2012), 90(InCULT 2012), 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.093>
- Hiliadi, W. (2016). Nilai-Nilai Tradisi Baayun Mulud Sebagai Kearifan Lokal Di Banjarmasin Kalimantan Selatan. *Civic Edu Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan*. 1(1): 19–26. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers and Education*. 123: 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Koutromanos, G., Sofos, A., & Avraamidou, L. (2015). The use of augmented reality games in education: a review of the literature. *Educational Media International*. 52(4): 253–271. <https://doi.org/10.1080/09523987.2015.1125988>
- Lattisma, D., Kurniawan, W., Seprima, S., Nirbayani, E., Ellizar, E., & Hardeli, H. (2018). Effect of Chemistry Triangle Oriented Learning Media on Cooperative, Individual and Conventional Method on Chemistry Learning Result Effect of Chemistry Triangle Oriented Learning Media on Cooperative, Individual and Conventional Method on Chemistry Lea. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (ICOMSET)*. 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012103>
- Lee, J. H., Portillo, M., & Meneely, J. (2019). Insights Into Three Frames of Creative Minds : Igniting Perspective Transformation Among Students. *Journal of Transformative Education*. <https://doi.org/10.1177/1541344619893314>
- Liang, J. C., Chou, C. C., & Chiu, M. H. (2011). Student test performances on behavior of gas particles and mismatch of teacher predictions. *Chemistry Education Research and Practice*. 12(2): 238–250. <https://doi.org/10.1039/c1rp90029c>
- Lin, J. W., & Chiu, M. H. (n.d.). (2013). The Mismatch between Students' Mental Models of Acids / Bases and their Sources and their Teacher's Anticipations thereof The Mismatch between Students' Mental Models of Acids / Bases and their Sources and their Teacher's. 37–41. <https://doi.org/10.1080/09500690903173643>
- Lund, B., Harald, & Håkon. (2016). Nordina : Nordic studies in science education. *Nordic Studies in Science Education*. 12(2): 157–174.
- Mahaffy, P. (2006). Moving chemistry education into 3D: A tetrahedral metaphor for understanding chemistry: Union carbide award for chemical education. *Journal of Chemical Education*. 83(1): 49–55.
- Majid, A., & Prahani, B. K. (2017). Analyze of Students' Learning Outcomes Based On Mental Models of Atomic Structure. *Journal of Research & Method in Education*. 7(1): 120–124. <https://doi.org/10.9790/7388-070101120124>
- Mezirow, J. (1991). *Transformative Dimensions of Adult Learning*. Jossey-Bass.
- Moreno, R. (2011). Teaching With Concrete and Abstract Visual Representations: Effects on Students' Problem Solving, Problem Representations, and Learning Perceptions. *Journal of Educational Psychology*. 103(1): 32–47. <https://doi.org/10.1037/a0021995>
- Mubarak, S. (2016). Journal of Innovative Science Education Pengembangan Tes Diagnostik Three Tier Multiple Choice. *Journal of Innovative Science Education*. 5(2): 101–110.
- Mustaqim, I., & Kurniawan, N. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Pai Berbasis Augmented Reality. *Lentera Pendidikan: Jurnal Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan*. 21(1): 59–72. <https://doi.org/10.24252/lp.2018v21n1i6>
- Normalasarie, & Aulia, S. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Ilmu Sosial Budaya Berbasis Kearifan Lokal (Kain Sasirangan Khas Kalimantan). *Elementa: Jurnal Prodi Pgsd Stkip Pgrri Banjarmasin*. 1(1): 61–70.
- Ortiz-nieves, E. L., & Medina, Z. (2014). A Hands-On Activity Incorporating the Threefold Representation on Limiting Reactant. *Journal of Chemical Education*. 91(9): 1464–1467.
- Ott, N., Brünken, R., Vogel, M., & Malone, S. (2018). Multiple symbolic representations: The combination of formula and text supports problem solving in the mathematical field of propositional logic. *Learning and Instruction*, 58(April), 88–105. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.04.010>
- Ozmen, H. (2010). Turkish primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International Journal of Environment & Science Education*. 6(1): 99–121.



- Pande, P., & Chandrasekharan, S. (2017). Representational competence: towards a distributed and embodied cognition account. *Studies in Science Education*. 53(1): 1–43. <https://doi.org/10.1080/03057267.2017.1248627>
- Prasetyo, Y. D., Ikhsan, J., Lis, R., & Sari, P. (2014). Ce-15 The Development Of Android-Based Mobile Learning Media As Chemistry Learning For Senior High School On Acid Base, Buffer Solution, and Salt Hydrolysis. *Proceeding of International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Sciences 2014, Yogyakarta State University, May*, 18–20.
- Priyambodo, E. (2014). The Effect of Multimedia Based Learning (MBL) in Chemistry Teaching and Learning on Students 'Self- Regulated Learning (SRL). *Journal of Education and Learning*. 8(4): 363–367.
- Rahmawati, Y. (2018). Peranan Transformative Learning dalam Pendidikan Kimia: Pengembangan Karakter, Identitas Budaya, dan Kompetensi Abad ke-21 Yuli. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*. 8(1): 1–16.
- Rui, R., Lim, X., Ang, A. S., Fung, F. M., Kong, L., Wing, C., & Road, K. R. (2017). Application of Social Media in Chemistry Education : Incorporating Instagram and Snapchat in Laboratory Teaching. *ACS Symposium Series*. 193–195.
- Ryan, S., & Herrington, D. G. (2014). Sticky Ions : A Student-Centered Activity Using Magnetic Models to Explore the Dissolving of Ionic Compounds. *Journal of Chemical Education*. 91: 860–863.
- Sa, Y., & Dost, S. (2014). Preservice science and mathematics teachers ' beliefs about mathematical problem solving. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 116(1992): 303–306. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.212>
- Sampaio, D., & Almeida, P. (2016). Pedagogical strategies for the integration of Augmented Reality in ICT teaching and learning processes. *Procedia - Procedia Computer Science*. 100: 894–899. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.240>
- Serobatse, B. M., Selvaratnam, M., & Drummond, H. P. (2014). Students' conceptions about the sub-microscopic approach to explanations in chemistry throughout their BSc degree course : research article. *South African Journal of Chemistry*. 67: 40–44.
- Su, K. D. (2011). An intensive ICT-integrated environmental learning strategy for enhancing student performance. *International Journal of Environmental and Science Education*. 6(1): 39–58.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*. 14(2): 156–168. <https://doi.org/10.1039/c3rp00012e>
- Taçgin, Z., Uluçay, N., & Özüağ, E. (2016). Designing and Developing an Augmented Reality Application: A Sample Of Chemistry Education. *Turkiye Kimya Dernegi Dergisi Kisim C: Kimya Egitimi*. 1(1): 147–164.
- Taylor, P., & Rauterberg, M. (2007). AMME : an Automatic Mental Model Evaluation to analyse user behaviour traced in a finite, discrete state space. *Eronomic*, October 2014, 37–41. <https://doi.org/10.1080/00140139308968006>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*. 25(11): 1353–1368. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070306>
- Trivic, D. D., & Milanovic, V. D. (2018). The macroscopic, submicroscopic and symbolic level in explanations of a chemical reaction provided by thirteen-year olds. *Journal of the Serbian Chemical Society*: 83(10): 1177–1192. <https://doi.org/10.2298/JSC171220055T>
- Turkoguz, S. (2012). Research and Practice Learn to teach chemistry using visual media tools. *Chemistry Education Research and Practice*, 13. <https://doi.org/10.1039/c2rp20046e>
- Üce, M., & Ceyhan, İ. (2019). Misconception in Chemistry Education and Practices to Eliminate Them : Literature Analysis. *Journal of Education and TRaining Studies*. 7(3): 202–208. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i3.3990>
- Welty, G. (2007). "The 'Design' Phase of the ADDIE Model". *Journal of GXP Compliance*. 11(4): 40–48.
- Williams, D. P. (2015). Inquiry-Based Learning for Science, Technology, Engineering, and Math (Stem) Programs: A Conceptual and Practical Resource for Educators Problem Based Learning Approaches to Teaching Chemistry Article information: In *Innovation in Higher Education Teaching and Learning* (4th ed., pp. 93–112). Emerald Group Publishing Limited.
- Yang, S., Mei, B., & Yue, X. (2018). Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D. *Journal of Chemical Education*. 95(6): 1060–1062. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00017>