Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)
ipssj.com ippsj2024@gmail.com E-ISSN: 3064-4011

SEMPOTRON: Inovasi Media Pembelajaran Kimia Digital Berbasis Multiple Representations dan Gamifikasi untuk Mengatasi Miskonsepsi Konfigurasi Elektron Gen Alpha

Achmad Ridlwan Akmal[1*], Andari Puji Astuti[2], Eko Yuliyanto[3]
[1-4] Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Ilmu Pendidikan dan Humaniora, Universitas Muhammadiyah Semarang
*Corresponding Email: ridlwanakmal29@gmail.com

Abstrak: Materi Sistem Periodik Unsur (SPU), khususnya submateri konfigurasi elektron, merupakan konsep abstrak yang menuntut pemahaman mendalam pada tingkat submikroskopik. Kenyataannya, banyak peserta didik generasi alpha yang mengalami miskonsepsi akibat keterbatasan visualisasi pada media konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji kelayakan serta kepraktisan "SEMPOTRON" (Sempoa Elektron), sebuah media pembelajaran digital berbasis gamified learning yang mengadopsi prinsip kerja sempoa tradisional ke dalam sistem pengisian elektron mekanika kuantum. Penelitian pengembangan (Research and Development) ini menerapkan model ADDIE yang dibatasi hingga empat tahap (Analysis, Design, Development, Evaluation). Subjek uji coba terbatas melibatkan 2 orang guru kimia dan 15 peserta didik Fase E (Kelas X SMA) di Semarang. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan angket penilaian skala Likert. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Hasil uji validasi oleh ahli materi menunjukkan presentase sebesar 86,5% (Sangat Valid), sedangkan uji validasi oleh ahli media mencapai 91,1% (Sangat Valid). Hasil uji coba pengguna oleh guru kimia menunjukkan tingkat kelayakan sebesar 90,62% dan kepraktisan sebesar 95% (Kategori Sangat Baik). Sejalan dengan hal tersebut, tanggapan peserta didik memberikan respon positif pada aspek kelayakan dengan rata-rata skor indikator mencapai 3,57 (Skala 4). Berdasarkan temuan ini, SEMPOTRON dinyatakan sangat layak, praktis, dan efektif digunakan sebagai media penguatan kognitif mandiri untuk membantu visualisasi interkoneksi tiga level representasi kimia pada materi konfigurasi elektron.
Kata kunci: Konfigurasi Elektron, Sistem Periodik Unsur (SPU), Media Pembelajaran Digital

Abstract: *The Periodic Table of Elements (PTE), particularly the subtopic of electron configuration, is an abstract concept that requires a deep understanding at the submicroscopic level. In reality, many Generation Alpha students experience misconceptions due to the limited visualization capabilities of conventional teaching materials. This study aims to develop and test the feasibility and practicality of "SEMPOTRON" (Electronic Abacus), a gamified digital learning medium that adapts the working principles of the traditional abacus to the electron configuration system in quantum mechanics. This research and development (R&D) study applies the ADDIE model, limited to four stages (Analysis, Design, Development, Evaluation). The pilot study involved 2 chemistry teachers and 15 Phase E students (10th-grade high school students) in Semarang. Data were collected through observation, interviews, and a Likert-scale evaluation questionnaire. Data analysis was conducted using both qualitative and quantitative descriptive methods. The results of the content validity test by subject matter experts showed a percentage of 86.5% (Highly Valid), while the media validity test by media experts reached 91.1% (Highly Valid). The results of the user testing by chemistry teachers showed a feasibility rate of 90.62% and a practicality rate of 95% (Very Good category). In line with this, student feedback provided a positive response regarding the usability aspect, with an average indicator score of 3.57 (on a 4-point scale). Based on these findings, SEMPOTRON is deemed highly suitable, practical, and effective for use as a self-directed cognitive reinforcement tool to aid in visualizing the interconnections among the three levels of chemical representation in the topic of electron configuration*
Keywords: *Electron Configuration, Periodic Table of Elements, Digital Learning Media*

PENDAHULUAN

Materi Sistem Periodik Unsur (SPU) merupakan salah satu pilar fundamental dalam pembelajaran ilmu kimia di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) yang wajib dikuasai secara komprehensif. Pemahaman mendalam pada materi ini, khususnya mengenai tata cara penulisan konfigurasi elektron, memiliki korelasi langsung terhadap kemampuan peserta didik dalam menentukan letak golongan dan periode suatu unsur dalam tabel periodik. Meskipun posisinya sangat krusial, fakta di lapangan menunjukkan bahwa SPU menjadi salah satu materi yang paling sering dikeluhkan dan dihindari oleh peserta didik. Karakteristik konsepnya yang

bersifat abstrak, berdimensi teoretis tinggi, serta menitikberatkan pada kajian submikroskopik menjadi faktor utama rendahnya penguasaan materi ini di kelas.

Ragam kesulitan konkret yang kerap dijumpai pada peserta didik meliputi kekeliruan dalam penulisan urutan konfigurasi elektron menurut asas Aufbau, kebingungan dalam menerapkan kaidah pengisian elektron pada unsur-unsur golongan transisi (blok d), hingga kegagalan dalam menghubungkan notasi elektron dengan sifat keperiodikan unsur. Data empiris menunjukkan presentase peserta didik yang mengalami miskonsepsi pada materi ini mencapai 41,35%, sedangkan peserta didik yang sama sekali tidak memahami konsep dasar menyentuh angka 24,1%. Rendahnya pemahaman ini diperparah oleh pola pengajaran yang cenderung konvensional-tekstual, di mana guru hanya menyajikan diagram panah aturan Aufbau statis tanpa memberikan visualisasi proses pergerakan pengisian elektron secara dinamis.

Pada hakikatnya, pembelajaran ilmu kimia yang ideal harus mampu mengungkap fenomena secara utuh melalui tiga level representasi kognitif, yaitu: makroskopik (fenomena nyata yang dapat diindra), submikroskopik (penjelasan tingkat partikulat seperti atom, orbital, dan elektron), serta simbolik (penggunaan rumus, notasi, dan persamaan reaksi). Miskonsepsi sistemik dalam kimia hanya dapat diurai jika ketiga level multiple representations tersebut mampu dikoneksikan dengan baik di dalam struktur berpikir siswa. Namun, realitas edukatif berbicara sebaliknya; sebanyak 37,56% peserta didik tingkat menengah atas terbukti belum mampu mengkoneksikan fenomena simbolik dengan gambaran submikroskopik atom, di mana kegagalan pemahaman konsep pada level submikroskopik inilah yang menjadi akar utama dari lahirnya miskonsepsi menahun.

Untuk menjembatani kesenjangan kognitif tersebut, pemanfaatan media pembelajaran digital interaktif berbasis visualisasi dinamis sangat diperlukan. Visualisasi yang dirancang secara sistematis dapat bertindak sebagai sarana bantu kognitif (cognitive scaffolding) yang mengubah materi abstrak submikroskopik menjadi model visual konkret yang mudah diinternalisasi oleh indra penglihatan. Terlebih lagi, karakteristik peserta didik jenjang SMA saat ini didominasi oleh Generasi Alpha (anak-anak yang lahir setelah tahun 2010). Sebagai generasi digital native murni, Gen Alpha tumbuh kembang berdampingan dengan gawai pintar dan komputasi awan. Pola berpikir, gaya belajar, dan cara mereka memperoleh pengetahuan cenderung bersifat visual, aktif, instan, serta cepat tanggap terhadap teknologi media interaktif. Oleh karena itu, digitalisasi materi cetak konvensional (seperti sekadar memindahkan teks buku ke format PDF atau PowerPoint statis) dinilai sudah tidak lagi relevan dan gagal memicu motivasi belajar mereka.

Sebagian besar media pembelajaran SPU digital yang dikembangkan saat ini masih terbatas pada alih bentuk materi searah berbasis web atau aplikasi ensiklopedia unsur, tanpa memberikan ruang interaktivitas yang menantang melalui pendekatan gamifikasi (gamified learning). Di sisi lain, peneliti menemukan sebuah analogi mekanis yang unik antara prinsip kerja alat hitung tradisional Sempoa (Abacus) dengan tata cara pengisian elektron ke dalam subkulit atom berdasarkan aturan Aufbau. Mekanisme menggeser manik-manik sempoa satu per satu pada deret tiang tertentu memiliki kemiripan konseptual yang sangat presisi dengan proses pengisian elektron secara bertahap ke dalam orbital-orbital subkulit (s, p, d, f) dari tingkat energi terendah ke yang lebih tinggi. Integrasi ini tidak hanya berpotensi melahirkan media pembelajaran digital yang interaktif dan menantang bagi Gen Alpha, tetapi juga menjadi media kultural untuk mengenalkan kembali alat hitung tradisional yang mulai punah tergerus zaman.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sebuah produk media pembelajaran digital inovatif yang diberi nama "SEMPOTRON"

(Sempoa Elektron) untuk materi SPU submateri konfigurasi elektron. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Bagaimana tingkat kelayakan media SEMPOTRON berdasarkan penilaian para ahli materi dan ahli media? (2) Bagaimana karakteristik respons yang diberikan oleh guru kimia dan peserta didik terhadap kelayakan serta kepraktisan media pembelajaran digital SEMPOTRON? Penelitian ini diharapkan dapat menyumbang alternatif solusi konkret berupa alat bantu visual-kognitif yang valid dan praktis guna meminimalkan angka miskonsepsi kimia submikroskopik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (Research and Development) yang mengadopsi model desain instruksional ADDIE, namun dibatasi hanya sampai pada empat tahapan utama yaitu Analysis (Analisis kebutuhan kurikulum, materi, dan karakteristik peserta didik), Design (Penyusunan storyboard dan cetak biru visual media), Development (Produksi media menggunakan Articulate Storyline 3 dan uji validasi ahli), serta Evaluation (Evaluasi formatif dan uji coba terbatas). Pengumpulan data kelayakan dan kepraktisan produk dilakukan menggunakan instrumen lembar wawancara serta angket kuesioner tertutup berskala Likert 4 tingkat yang kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Subjek responden dalam penelitian ini melibatkan 2 orang validator ahli materi (terkait kelayakan isi dan kebahasaan), 2 orang validator ahli media (terkait pemrograman HTML5, fungsionalitas, dan estetika visual), serta sasaran pengguna pada uji coba produk terbatas yang terdiri atas 2 orang guru mata pelajaran kimia SMA dan 15 orang peserta didik Fase E (Kelas X SMA) di Kota Semarang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Tahap Analisis dan Desain

Pada tahap analisis materi, ditemukan bahwa Capaian Pembelajaran Fase E menuntut penguasaan prosedural penulisan elektron yang runtut. Melalui wawancara kebutuhan dengan guru kimia, terungkap bahwa media statis konvensional memicu siswa menghafal urutan mekanis tanpa memahami logika pembagian tingkat energi subkulit. Karakteristik Gen Alpha yang sangat menyukai interaktivitas digital juga menjadi landasan utama diperlukannya media berbasis gamified learning.

Pada tahap desain, materi disusun berjenjang: definisi dasar, model kulit Bohr, konsep bilangan kuantum, aturan Aufbau. Arsitektur visual antarmuka SEMPOTRON dirancang menggunakan kombinasi dominan warna biru dan putih untuk menciptakan kenyamanan optik dan mendukung konsentrasi kognitif siswa, dengan didukung tipografi font Mont dan Lora yang memiliki tingkat keterbacaan tinggi.

Hasil Produksi Media (Tahap Pengembangan)

Produk SEMPOTRON berhasil diproduksi ke dalam format HTML5 interaktif. Struktur anatomi media terdiri atas halaman Opening (identitas visual), Halaman Utama (fitur inti sempoa elektron), Halaman Materi (ringkasan teori sebagai scaffolding kognitif), Halaman Penjelasan Sempoa (literasi sejarah), Halaman Petunjuk Penggunaan (panduan operasional), dan Halaman Profil Pengembang.

Mekanisme kerja fitur inti pada Halaman Utama bekerja sebagai berikut: Sistem menampilkan baris tiang vertikal berangka 1 sampai 7 yang merepresentasikan nomor kulit atom. Pada setiap tiang kulit, terdapat manik-manik (biji sempoa) digital yang diberi label huruf subkulit (s, p, d, f). Pengguna dapat memanipulasi jumlah elektron atom netral dengan menekan tombol interaktif plus (+) untuk menambahkan elektron atau tombol minus (-) untuk

mengeluarkannya. Pengguna juga dapat mengetikkan langsung nomor atom yang diinginkan pada kotak input angka untuk mempercepat durasi simulasi unsur bernomor atom besar.

Ketika elektron ditambahkan, biji sempoa digital secara otomatis akan bergeser secara runtun mengikuti lintasan energi aturan Aufbau (dimulai dari 1s, menuju 2s, 2p, 3s, dan seterusnya). Setiap kali satu subkulit terisi penuh oleh pergeseran biji elektron, sistem secara real-time akan memunculkan simbol notasi kimia beserta nama unsur yang sesuai di layar (misalnya, jika input menunjukkan angka 12, biji subkulit akan bergeser hingga $3s^2$ dan layar otomatis menampilkan simbol Mg beserta nama unsur Magnesium).

Hasil Uji Validitas Ahli (Expert Judgment)

Sebelum diuji cobakan ke pengguna, draf produk SEMPOTRON dinilai oleh tim validator ahli. Proses validasi dilakukan secara berulang (iteratif) melalui tahap revisi berdasarkan masukan korektif validator. Rekapitulasi hasil penilaian kuantitatif para ahli disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kelayakan validasi ahli

Hasil validasi materi mencapai persentase 86,54% yang berarti instrumen kelayakan isi, aspek kebahasaan, dan kebenaran representasi simbolik kimia di dalam SEMPOTRON dinilai sangat valid dan bebas dari kesalahan konsep ilmiah. Di sisi lain, penilaian dari ahli media memperoleh skor sangat tinggi yaitu 91,07%. Nilai ini membuktikan bahwa arsitektur pemrograman HTML5, fungsionalitas tombol plus-minus, akurasi pergeseran animasi biji sempoa, serta aspek tata letak estetika visual media dikategorikan sangat kokoh dan layak digunakan untuk uji coba lapangan.

Analisis Respons Guru Kimia

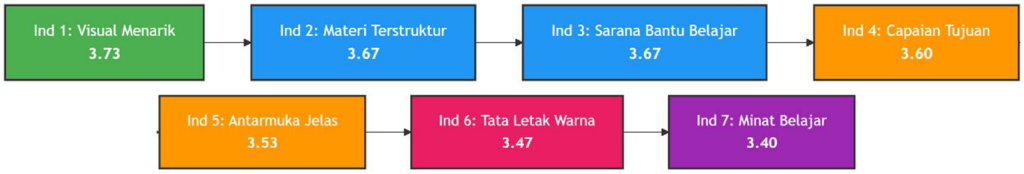
Respons dari guru kimia dibagi ke dalam dua domain utama penilaian, yaitu aspek kelayakan instruksional dan aspek kepraktisan operasional



Gambar 2. Respon guru kimia

Analisis Respons Peserta Didik

Sebanyak 15 peserta didik Fase E memberikan respons pasca-eksplorasi mandiri terhadap media SEMPOTRON. Respons dianalisis berdasarkan sebaran nilai pada tiap butir indikator dengan rentang skala kognitif 1 hingga 4.



Gambar 3. Respon peserta didik

Data pada Tabel 5 merepresentasikan tingkat penerimaan yang sangat positif dari peserta didik Gen Alpha. Indikator kemenarian tampilan visual menempati urutan teratas dengan skor rata-rata 3,73. Disusul oleh indikator kesistematisan penyajian materi dan kelayakan fungsi media yang sama-sama meraih skor tinggi 3,67. Skor terendah berada pada indikator peningkatan minat belajar yaitu sebesar 3,40, yang mana nilai tersebut sejatinya tetap berada di dalam koridor kategori "Sangat Baik".

Keberhasilan capaian nilai ini dipicu oleh kesesuaian desain SEMPOTRON dengan preferensi psikografis Gen Alpha. Unsur interaktivitas gamified learning yang dihadirkan melalui simulasi pergeseran manik-manik elektron memberikan sensasi bermain video game interaktif, sehingga mampu mereduksi ketegangan kognitif (cognitive load) peserta didik ketika berhadapan dengan konsep abstrak aturan Aufbau yang selama ini ditakuti.

SIMPULAN

Penelitian pengembangan ini berhasil mewujudkan inovasi media pembelajaran digital interaktif "SEMPOTRON" (Sempoa Elektron) pada materi Sistem Periodik Unsur (SPU) khususnya submateri konfigurasi elektron menggunakan software Articulate Storyline 3. Berdasarkan hasil pengujian evaluasi formatif, media SEMPOTRON dinyatakan Sangat Kelayakan secara akademis-teoretis, dengan perolehan skor validasi ahli materi sebesar 86,54% (Sangat Valid) dan ahli media sebesar 91,07% (Sangat Valid). Media ini juga terbukti memiliki tingkat Kepraktisan yang Sangat Tinggi di lapangan, yang tercermin dari persentase respons guru kimia yang menyentuh angka 90,62% (kelayakan) dan 95,00% (kepraktisan), serta diperkuat oleh rentang skor rata-rata indikator dari peserta didik Gen Alpha yang berada pada rentang 3,40 hingga 3,73 (Kategori Sangat Baik).

SEMPOTRON terbukti efektif bertindak sebagai alat bantu visual-kognitif yang mampu mengintegrasikan level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik ilmu kimia secara interaktif, sehingga sangat direkomendasikan untuk digunakan sebagai media pembelajaran mandiri maupun media penguatan (reinforcement) guru di dalam kelas Fase E SMA. Saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah diperlukannya perluasan fitur program agar mencakup formulasi konfigurasi elektron pada kondisi ionik (kation dan anion) serta melakukan uji efektivitas berskala besar (Implementation) untuk mengukur dampak empiris penggunaan media terhadap peningkatan hasil belajar kognitif dan retensi memori peserta didik secara longitudinal.

DAFTAR PUSTAKA

Alfitrah, A., et al. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Adobe Flash Professional Multipel Representasi pada Materi Kimia Larutan. Jurnal Pendidikan Ilmu Kimia, 4(2), 45-53.

Andini, T., et al. (2023). Analisis Kesulitan Belajar Peserta Didik pada Materi Sistem Periodik Unsur di Sekolah Menengah Atas. Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia, 17(1), 12-20.

Apriani, L., et al. (2021). Pengembangan Modul Berbasis Multipel Representasi dengan Bantuan Teknologi Augmented Reality untuk Membantu Siswa Memahami Konsep Ikatan Kimia. Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia, 5(2), 89-98.

Apriliani, D., et al. (2022). Visualisasi Dinamis Submikroskopik dalam Pembelajaran Kimia SMA untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Abstrak. Jurnal Kompetensi Pendidikan, 11(3), 210-218.

Arfan, M., & Aznam, J. (2023). Tiga Level Representasi Kimia dalam Pembelajaran Kimia Modern: Sebuah Kajian Pustaka. Jurnal Teori dan Aplikasi Pendidikan, 8(2), 143-152.

Aswan, M., et al. (2021). Pengembangan Kit Konfigurasi Elektron untuk Peserta Didik di SMA. Jurnal Riset Pendidikan Kimia, 11(2), 76-84.

Candra, R., et al. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android untuk Memfasilitasi Kebutuhan Pembelajaran Multiple Representation. Jurnal Teknologi Pendidikan, 9(1), 34-42.

Chang, R., & Overby, J. (2022). Chemistry (14th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Damayanti, S., et al. (2024). Pergeseran Karakteristik Belajar Generasi Alpha: Tantangan bagi Guru Kimia Abad 21. Jurnal Pedagogi Digital, 3(1), 55-64.

Dewi, P., et al. (2022). Karakteristik Psikologis Anak Generasi Alpha dan Implikasinya terhadap Desain Media Pembelajaran Interaktif. Jurnal Psikologi Pendidikan, 14(2), 101-112.

Diannisa, R., et al. (2023). Deskripsi Pemahaman Konsep pada Materi Struktur Atom di Kelas X SMA Negeri 01 Ngabang. Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa, 12(4), 312-320.

Djakariah, S., et al. (2025). Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Multiple Representasi dalam Pembelajaran Kimia: Tinjauan Literatur. Jurnal Review Pendidikan Kimia, 7(1), 18-29.

Fadilah, N., et al. (2023). Media dan Sarana Pembelajaran Kontekstual dalam Meningkatkan Mutu Pendidikan Sains. Jurnal Media Edukasi, 6(3), 220-228.

Fatah, A., et al. (2021). Pengembangan Media Produk Pembelajaran Kimia Dasar Berbasis Web pada Pokok Bahasan Termokimia. Jurnal Kimia dan Pendidikan, 6(2), 87-95.

Febrianto, D., & Puspitaningsih, E. (2020). Paradigma Penelitian Research and Development (R&D) dalam Dunia Pendidikan Sains. Jurnal Metodologi Penelitian, 5(1), 40-49.

Fernanda, M., et al. (2020). Peningkatan Hasil Belajar Konfigurasi Elektron dengan Menggunakan KIT Selection (Smart Electron Configuration). Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, 8(2), 112-121.

Frisnoiry, S., et al. (2024). Transformasi Alat Hitung Tradisional Abacus ke dalam Media Digital Matematika dan Sains. Jurnal Inovasi Teknologi Edukasi, 11(1), 23-31.

Gultom, E., et al. (2023). Analisis Miskonsepsi Peserta Didik Kelas X IPA pada Materi Ikatan Kimia Menggunakan Instrumen Two-Tier Multiple Choice. Jurnal Pendidikan Kimia Unimed, 15(2), 145-153.

Harahap, F., & Siregar, M. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Adobe Flash CS6 untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar pada Materi Kesetimbangan Kimia. Jurnal Pendidikan Kimia, 12(1), 34-43.

Hidayat, T., & Nizar, A. (2021). Model ADDIE dalam Pengembangan Media dan Bahan Ajar Pendidikan. Jurnal Desain Instruksional, 3(2), 88-97.

Ibrahim, M., et al. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Multimedia pada Materi Sistem Periodik Unsur di SMK Bina Banua Banjarmasin. Jurnal Pendidikan Kimia Terapan, 4(1), 29-37.

Imam Ardiansyah, M., & Oktariani, D. (2024). Peran Media Pembelajaran Interaktif Visual dalam Meningkatkan Retensi Memori Peserta Didik SMA. Jurnal Sains dan Edukasi, 5(1), 12-19.

Janjaan, K., et al. (2025). Pemahaman Konsep Orbital dan Pengisian Elektron Mekanika Kuantum pada Siswa Menengah Atas. Jurnal Riset Edukasi Kimia, 6(1), 5-13.

Jariati, L., & Yenti, N. (2020). Pengembangan E-Magazine Berbasis Multipel Representasi untuk Pembelajaran Kimia di SMA pada Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit. Jurnal Edukasi Kimia, 5(2), 70-78.

Jelita, S., et al. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Sistem Periodik Unsur Berbasis STREAM dalam Blog. Jurnal Pendidikan Sains Terpadu, 11(2), 154-162.

Kaniawati, I., et al. (2023). Teori Komunikasi dan Media Pembelajaran Sains di Era Pembelajaran Digital. Jurnal Pendidikan Fisika dan Kimia, 9(1), 81-89.

Kisdiono, S. (2023). Identifikasi Faktor Penyebab Sulitnya Visualisasi Submikroskopik pada Materi Struktur Atom dan SPU. Jurnal Pedagogi Kimia, 5(2), 66-74.

Kristiana, E., et al. (2020). Kesulitan Siswa Kelas X MIA SMA Negeri di Kota Palangka Raya Tahun Ajaran 2018/2019 Memahami Konsep Struktur Lewis Menggunakan Instrumen Two-Tier Multiple Choice. Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika, 8(1), 34-43.

Kurniawati, D., et al. (2023). Pemetaan Ragam Kesulitan Kognitif Siswa Kelas X dalam Menuliskan Notasi Bilangan Kuantum Elektron. Jurnal Evaluasi Pendidikan Kimia, 4(3), 188-196.

Mahfud, I., & Fahrizqi, E. (2020). Penelitian Pengembangan (R&D) Berorientasi Produk Pendidikan Eksperimental. Jurnal Olahraga dan Pendidikan, 2(1), 14-22.

Ni Made Ary Suparwati. (2022). Kegagalan Pemahaman Konsep Kimia Level Submikroskopik Sebagai Akar Masalah Miskonsepsi Sistemik. Jurnal Ilmiah Pendidikan Kimia, 10(2), 115-124.

Novela, S., et al. (2024). Media Digital Pembelajaran Mandiri Fleksibel: Solusi Keterbatasan Ruang dan Waktu Pembelajaran Kimia SMA. Jurnal Teknologi Informasi Edukasi, 11(1), 45-52.

Nufus, H., & Silfianah, N. (2023). Analisis Miskonsepsi Peserta Didik pada Materi Struktur Atom Menggunakan Five-Tier Multiple Choice Diagnostic Test Berbasis Piktorial. Jurnal Diagnostik Pendidikan, 5(2), 99-107.

Nurwahyuni, S., et al. (2023). Analisis Hubungan Konfigurasi Elektron dengan Letak Unsur SPU dan Dampak Miskonsepsinya pada Hasil Belajar. Jurnal Ilmiah Kependidikan Kimia, 11(3), 141-149.

Permatasari, I., et al. (2022). Integrasi Tiga Tingkat Representasi Johnstone dalam Modul Elektronik Kimia. Jurnal Inovasi Kurikulum, 9(2), 202-211.

Pradana, A. A., & Ummah, J. (2020). Revitalisasi Penggunaan Sempoa Tradisional dalam Pembelajaran Operasi Aritmatika Dasar. Jurnal Edukasi Matematika, 6(1), 18-25.

Prasetyo, T., & Hamami, T. (2020). Prinsip-Prinsip Pengembangan Bahan Ajar dan Alat Peraga Edukatif Terstandar. Jurnal Pengembangan Kurikulum, 2(2), 130-139.

Priyasmika, R. (2021). Menghubungkan Makroskopis, Submikroskopis, dan Simbolik Kimia: Tantangan Epistemologis Siswa SMA. Jurnal Pendidikan Kimia, 13(1), 54-62.

Proklawati, E., et al. (2021). Analisis Komparatif Model-Model R&D: Mengapa Model ADDIE Lebih Unggul untuk Pengembangan Media Sederhana. Jurnal Metodologi Instruksional, 4(2), 111-119.

Rakhmawan, A., et al. (2022). Jaringan Pengetahuan Ontologi (Ontological Knowledge Network) Melalui Pendekatan Relational Understanding dalam Kimia SMA. Jurnal Pemikiran Sains, 10(4), 289-298.

Ramdhani, R., et al. (2020). Penerapan Model Multiple Representations Johnstone untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Larutan Penyanggah. Jurnal Riset Pendidikan Kimia, 10(1), 44-52.

Restyayulita, M., et al. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Mobile Learning Berbasis Android pada Materi Pokok Larutan Penyangga. Jurnal Inovasi Teknologi Pembelajaran, 10(2), 125-134.

Retalia, F., et al. (2022). Proyeksi Pertumbuhan Pengguna Smartphone di Indonesia dan Dampak Logisnya Terhadap Desain Mobile Learning. Jurnal Komunikasi dan Teknologi, 7(3), 167-174.

Ritonga, M., et al. (2022). Desain Pembelajaran Sistematis dan Logis Berdasarkan Kompetensi Inti Peserta Didik. Jurnal Tarbiyah, 29(1), 77-86.

Rozi, F., & Romadhoni, A. (2023). Telaah Kritis Terhadap Media Pembelajaran Aplikasi Ensiklopedia Tabel Periodik Unsur Digital. Jurnal Media Edukasi Sains, 9(2), 104-112.

Saleh, M., & Azis, A. (2023). Pengantar Media Pembelajaran Kontemporer dan Teori Pengajaran Modern. Jurnal Sarana Komunikasi Pembelajaran, 5(1), 10-18.

Sari, D., et al. (2020). Kesulitan Siswa Kelas X MIA SMA Negeri di Kota Palangka Raya Tahun Ajaran 2018/2019 dalam Memahami Konsep Ikatan Kimia dengan Menggunakan Instrumen Two-Tier Multiple Choice. Jurnal Sains dan Pendidikan, 8(2), 67-75.

Septiyawati Putri, D. N., Islamiah, F., & Andini, T. (2022). Landasan Teori Peristiwa Instruksional Robert Gagne dalam Desain Pembelajaran Mandiri. Jurnal Teori Belajar, 3(1), 22-30.

Silfianah, N. (2020). Analisis Hubungan Kemampuan Visual-Spasial Siswa dengan Kemampuan Menghubungkan Level Submikroskopik Kimia. Jurnal Riset Pendidikan Sains, 7(2), 143-151.

Siregar, H., & Rhamayanti, F. (2025). Skema Evaluasi Formatif Berulang pada Alur Model ADDIE untuk Pengembangan Software Edukatif. Jurnal Evaluasi Sistem Instruksional, 6(1), 39-46.

Sitepu, J. (2021). Revolusi Metode Pembelajaran Sains Melalui Media Interaktif Multimedia Digital. Jurnal Ilmu Pendidikan, 13(2), 190-198.

Suryani, E., et al. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Web pada Materi Sistem Periodik Unsur. Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia, 7(1), 54-62.

Syahri, W., & Gusti, R. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning pada Materi Konfigurasi Elektron untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. Jurnal Kependidikan Sains, 13(1), 22-31.

Tima, M., & Sutrisno, H. (2020). Analisis Pemahaman Konsep Tiga Level Representasi Kimia Siswa Kelas XI pada Materi Hidrolisis Garam. Jurnal Kimia dan Pendidikan, 5(2), 110-119.

Waruwu, E. (2024). Esensi Penelitian Tindakan dan Pengembangan R&D dalam Mengatasi Problematika Praktis Pembelajaran di Laboratorium Sekolah. Jurnal Ilmiah Pendidikan, 12(1), 89-97.

Wati, K. (2020). Penerapan Permainan Lego Kimia Sebagai Media Pembelajaran Sub Materi Konfigurasi Elektron Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X SMA Negeri 2 Madat Kabupaten Aceh Timur. Jurnal Pembelajaran Kimia, 5(2), 45-52.

Wijayanti, A., & Lutfi, A. (2021). Pengembangan Permainan Element Go Sebagai Media Pembelajaran Pada Materi Konfigurasi Elektron yang Mempengaruhi Retensi Peserta Didik. Jurnal Unesa: Journal of Chemical Education, 10(3), 234-242.