

Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Website Pada Submateri Pencegahan Korosi dengan Sistem Proteksi Katodik

Tristya Adelia Putri^a, Muhamad Nurul Hana^{*b}, Qonita Mu'minah^c, Ijang Rohman^d, Gun Gun Gumilar^e, Miarti Khikmatun Nais^f

^a Pendidikan Kimia, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Kota Bandung, 40154, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diterima 3 Agustus 2026
Disetujui 17 Agustus 2026

Key word:

Interactive learning
media
corrosion prevention
Website
Guided inquiry
ADDIE

Kata kunci:

Media pembelajaran
interaktif
Pencegahan korosi
Website
Inkuiri terbimbing
ADDIE

ABSTRACT

The development of website-based Interactive Learning Media on the sub-material of corrosion prevention with cathodic protection system aims to produce a simulation application that can be used as a learning medium by grade XII students so that it can help students in understanding the topic of corrosion prevention with cathodic protection system. The development of this Interactive Learning Media is a further development of previous research entitled "Development of a virtual experiment for corrosion prevention with a cathodic protection system", in this study, features were added and refined based on the results of previous research reviews and input from experts and practitioners. The research method used is Developmental Research type 1 with the ADDIE development model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). The results of this study are improvements to the features and appearance of the application, such as the addition of case pages, stopwatch features, magnifying glasses, user interface improvements, and the application of guided inquiry learning model syntax in the simulation application based on the results of previous research reviews and input from experts and practitioners. Based on the results of expert validation, the simulation application was declared feasible, while the responses of educators and students showed a good category. Thus, the website-based simulation application resulting from further development is worthy of being used as an alternative learning medium on the corrosion sub-material.

ABSTRAK

Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif berbasis website pada sub materi pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik bertujuan untuk menghasilkan aplikasi simulasi yang dapat digunakan sebagai media belajar oleh peserta didik kelas XII sehingga dapat membantu peserta didik dalam memahami topik pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik. Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif ini merupakan pengembangan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang berjudul "Pengembangan virtual experiment pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik", pada penelitian ini dilakukan penambahan dan penyempurnaan fitur berdasarkan hasil review penelitian sebelumnya dan masukan dari ahli dan praktisi. Metode penelitian yang digunakan adalah Developmental Research tipe 1 dengan model pengembangan ADDIE (Analysis, Desain, Development, Implementation, dan Evaluation). Hasil pada penelitian ini yaitu penyempurnaan fitur dan tampilan aplikasi, seperti penambahan halaman kasus, fitur stopwatch, kaca pembesar, perbaikan antarmuka pengguna, dan penerapan sintaks model pembelajaran inkuiri terbimbing pada aplikasi simulasi berdasarkan hasil review penelitian sebelumnya dan masukan dari ahli dan praktisi. Berdasarkan hasil validasi ahli, aplikasi simulasi dinyatakan layak, sedangkan tanggapan pendidik dan peserta didik menunjukkan kategori baik. Dengan demikian, aplikasi simulasi berbasis website hasil pengembangan lanjutan layak digunakan sebagai alternatif media

*e-mail: nurul@upi.edu

*Telp: 081383095290

Pendahuluan

Aspek pendidikan menjadi salah satu yang dipengaruhi oleh industri 4.0; hal ini ditunjukkan dengan digitalisasi dan modernisasi fasilitas belajar yang semakin tersedia di berbagai lembaga pendidikan di Indonesia [1,2,3]. Kehadiran berbagai platform berbasis digital di aspek pendidikan akan membuka peluang penggunaan teknologi, menciptakan suasana belajar yang lebih dinamis, dan memiliki tingkat aksesibilitas yang tinggi [4,5]. Dengan demikian, penggunaan teknologi yang terintegrasi antara materi pelajaran, perangkat penunjang belajar, dan alat bantu belajar bisa menjadi salah satu faktor yang menentukan keberhasilan siswa dalam menguasai berbagai jenis kompetensi [6]. Website adalah salah satu media publikasi elektronik yang terdiri dari halaman – halaman web (web page) yang terhubung satu dengan yang lain menggunakan link yang diletakan pada suatu teks atau image [7].

Media pembelajaran merupakan komponen dasar dari sistem pembelajaran. Penggunaan media pembelajaran yang menarik [8]. Media pembelajaran berbasis *website* memberikan visualisasi yang baik. Media pembelajaran interaktif adalah media presentasi yang terdapat hypertext, hypermedia, sumber daya multimedia, sumber daya berbasis web dan televisi cerdas. Media interaktif dapat memberikan pengaruh terhadap peningkatan keterampilan karena media interaktif dapat memperjelas media pembelajaran [9]. Media pembelajaran berbasis web membuat pembelajaran lebih interaktif dan menumbuhkan motivasi belajar siswa [10].

Pembelajaran kimia memerlukan kegiatan praktikum untuk memahami konsep kimia yang bersifat abstrak secara spesifik dan lebih mendalam. Kegiatan praktikum penting untuk dilakukan karena merupakan aspek penting dalam kurikulum pembelajaran sains. Kegiatan praktikum dapat menumbuhkan interaksi dan umpan balik antara guru dengan siswa yang mempermudah siswa dalam memahami konsep kimia. [11] Salah satu materi kimia yang memerlukan pemahaman melalui kegiatan praktikum adalah korosi. Korosi adalah istilah yang biasanya digunakan untuk kerusakan logam akibat proses elektro-kimia. Dalam kehidupan sehari-hari, korosi dapat dijumpai pada berbagai benda berbahan logam, seperti pagar besi, pipa, tangki penyimpanan, dan badan kapal. Pada struktur logam yang bersentuhan dengan tanah atau air, proses

korosi dapat berlangsung secara elektrokimia dan menyebabkan penurunan kualitas serta umur pakai material. Salah satu metode yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada struktur tersebut adalah proteksi katodik, yaitu metode perlindungan dengan menjadikan logam yang dilindungi sebagai katode sehingga reaksi oksidasi pada permukaannya dapat ditekan. Proteksi katodik telah banyak diterapkan pada struktur seperti jaringan pipa, tangki penyimpanan, kapal, dan struktur lepas pantai. Oleh karena itu, mempelajari prinsip proteksi katodik penting bagi peserta didik untuk memahami penerapan konsep elektrokimia dalam menyelesaikan permasalahan korosi yang ditemukan dalam kehidupan nyata.[12]. Keterbatasan fasilitas laboratorium seringkali menjadi kendala dalam pembelajaran sains, terutama pada materi yang memerlukan eksperimen kompleks seperti korosi dan proteksi katodik. Sebagai solusi, penggunaan aplikasi simulasi menjadi alternatif inovatif yang mampu menyimulasikan eksperimen nyata secara digital. Aplikasi simulasi dapat memperkuat pemahaman siswa sebagai media pengganti dari praktikum di dunia nyata, sehingga dapat diulang kembali kegiatannya secara tak terbatas.

Ramadhan (2021) mengembangkan media pembelajaran berbasis *smartphone* yang memuat materi pembelajaran serta kuis untuk mengukur pemahaman peserta didik [13]. Namun, media tersebut belum memuat aplikasi simulasi korosi, sehingga perlu dikembangkan media yang menampilkan aplikasi simulasi pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik untuk memperkuat pemahaman siswa. Kemudian dikembangkan oleh Az-Zahra (2024) menjadi Aplikasi Simulasi Pencegahan Korosi dengan Sistem Proteksi Katodik [14], tetapi menurut Aurellia (2025) aplikasi tersebut masih memiliki keterbatasan sehingga memerlukan pengembangan lanjutan karena tidak mencakup sintaks pembelajaran, berdasarkan hasil analisis keseluruhan yang dilakukan oleh Aurellia (2025), model pembelajaran yang paling sesuai dengan media ini adalah model *guided inquiry*, karena mayoritas sintaks pada model ini telah terfasilitasi dalam aplikasi simulasi "Pencegahan Korosi Proteksi Katodik". [15].

Dalam pembelajaran kimia, pendekatan *guided inquiry* relevan karena menempatkan peserta didik sebagai pelaku aktif dalam proses penyelidikan dengan tetap memperoleh arahan

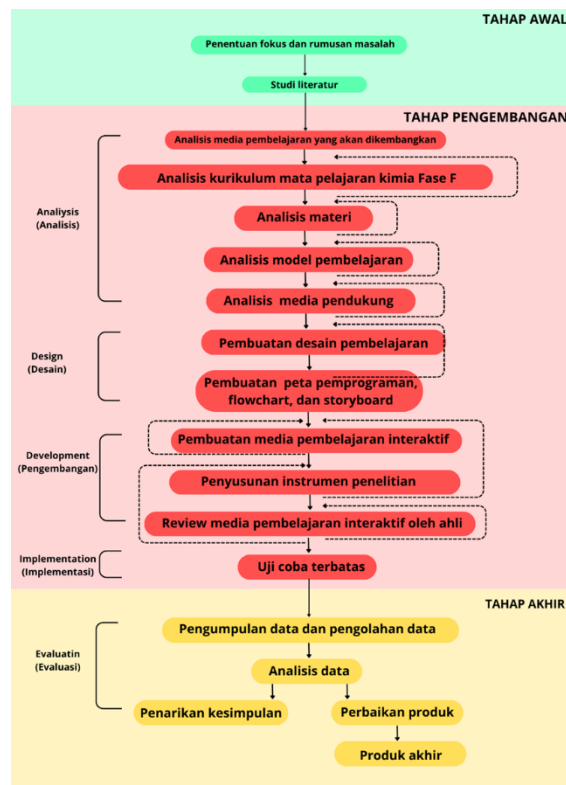
atau *scaffolding*. Melalui tahapan mengidentifikasi masalah, melakukan pengamatan, menganalisis bukti, dan menarik kesimpulan, peserta didik dapat membangun pemahaman konsep secara lebih bermakna. Oleh karena itu, penerapan *guided inquiry* pada media digital tidak hanya berupa urutan sintaks, tetapi diwujudkan melalui penyajian fenomena, pertanyaan pengarah, kegiatan eksplorasi, dan interpretasi hasil pengamatan[16].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis website pada submateri pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik yang telah dikembangkan oleh Az-Zahra. Pengembangan ini dilakukan sebagai upaya menyempurnakan media sebelumnya melalui penambahan dan penyempurnaan fitur, peningkatan kualitas tampilan, optimalisasi aspek interaktivitas sesuai dengan hasil evaluasi penelitian Aurellia, serta penerapan sintaks model pembelajaran *guided inquiry*. Dengan adanya pengembangan lanjutan tersebut, media diharapkan lebih efektif digunakan dalam proses pembelajaran, mampu mengatasi keterbatasan pelaksanaan praktikum di sekolah, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, kontekstual, dan bermakna bagi peserta didik.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode Development Research tipe 1 dengan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Desain, Development, Implementation, dan Evaluation*). Data kualitatif diperoleh dari hasil telaah, saran, dan masukan validator, praktisi, serta peserta didik terhadap aplikasi simulasi yang dikembangkan, sedangkan data kuantitatif diperoleh dari hasil penelitian menggunakan lembar tanggapan.

Partisipan dalam penelitian ini berperan sebagai validator atau subjek penelitian. Validator ahli melibatkan 2 orang ahli Sedangkan Subjek penelitian terdiri atas dua orang guru kimia sebagai praktisi, serta tujuh orang peserta didik kelas XII di salah satu SMA Negeri di Kota Bandung sebagai pengguna aplikasi simulasi.



Gambar 1. Alur Penelitian

Alur penelitian dilaksanakan melalui lima tahapan model ADDIE seperti yang disajikan pada Gambar 1. Tahap *analysis* dilakukan dengan menganalisis media, analisis capaian pembelajaran, analisis wacana, dan analisis model pembelajaran, namun analisis model tidak dilaksanakan pada penelitian ini karena mengacu pada hasil analisis yang sudah dilakukan oleh Aurellia (2025). Tahap *design* meliputi flowchart dan storyboard. Tahap *development* dilakukan dengan mengembangkan aplikasi simulasi berbasis *website* menggunakan aplikasi Construct 3 dan dipublikasikan melalui *Netlify*. Hal ini dilakukan agar dapat digunakan oleh pengguna melalui link *website*, selanjutnya dilakukan telaah oleh ahli dan praktisi sebagai dasar perbaikan media. Tahap *implementation* dilaksanakan melalui uji coba terbatas untuk memperoleh tanggapan terhadap media yang dikembangkan. Selanjutnya, pada tahap *evaluation* dilakukan analisis terhadap seluruh masukan dan hasil penilaian untuk menyempurnakan produk akhir.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi lembar reviu kelayakan oleh ahli pada tahap *development*, lembar tanggapan pendidik dan peserta didik pada tahap *implementation*. Instrumen tersebut disusun berdasarkan aspek konten dan media, desain pembelajaran, tampilan media, serta organisasi dan navigasi yang mengacu pada

instrumen *Checklist for Assessing Multimedia Products* yang dikembangkan oleh Roblyer dan Doering dalam buku *Integrating Educational Technology into Teaching*, indikator pada instrumen disesuaikan dengan karakteristik media pembelajaran interaktif berbasis website yang dikembangkan pada submateri pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik. [17]. Data dari lembar review kelayakan aplikasi berupa tanggapan yang didapatkan dari ahli. Tanggapan tersebut berisi tanggapan ya/ tidak terhadap indikator-indikator yang telah dituliskan dalam lembar review dan saran perbaikan. Review tersebut menjadi acuan bahan perbaikan sehingga aplikasi yang dikembangkan layak untuk diujikan kepada peserta didik. Hasil dari uji kelayakan berupa data kualitatif dengan respons ya/tidak serta tanggapan mengenai media yang telah dikembangkan ditentukan kelayakannya berdasarkan jumlah jawaban “ya” yang dapat dihitung dengan rumusan berikut:

$$\text{Nilai (N)} = \frac{\text{Jumlah "Ya" yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}}$$

Kemudian nilai yang didapatkan dikategorikan berdasarkan kriteria kelayakan dalam tabel 1 berikut:

Nilai	Kriteria
0,81 - 1,00	Sangat Layak
0,61-0,8	Layak
0,41 - 0,6	Cukup Layak
0,21- 0,4	Kurang Layak
0- 0,2	Sangat Tidak Layak

[18]
Data dari lembar tanggapan aplikasi oleh pendidik dan peserta didik berupa jawaban ya/ tidak terhadap indikator dan tanggapan secara deskriptif. Data data tersebut, didapatkan kesimpulan tanggapan dari peserta didik mengenai media berdasarkan rumusan berikut:

$$\text{Nilai (N)} = \frac{\text{Jumlah "Ya" yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

Kemudian nilai yang didapatkan dikategorikan berdasarkan kriteria kelayakan dalam tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kriteria kelayakan

Nilai (%)	Kriteria
81 - 100	Sangat Baik
61- 80	Baik
41 - 60	Cukup Baik
21- 40	Kurang Baik
0- 20	Sangat Tidak Baik

[18]
Hasil interpretasi ini digunakan untuk menilai kelayakan penggunaan aplikasi simulasi serta memberikan dasar dalam pengembangan media pembelajaran yang lebih baik kedepannya.

Hasil dan Pembahasan Analysis

Hasil analisis dari Azzahra (2024) menunjukkan bahwa aplikasi simulasi ini mampu memvisualisasikan praktikum pencegahan korosi dengan proteksi katodik. Namun, berdasarkan masukan ahli terdapat ketidaksesuaian pada capaian pembelajaran. Pada aplikasi simulasi sebelumnya yang dikembangkan Az-zahra (2024) Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP) Nomor 033/H/KR/2022. Namun, seiring dengan diterbitkannya regulasi terbaru, capaian pembelajaran dalam media pembelajaran disesuaikan dengan Keputusan Kepala BSKAP Nomor 046/H/KR/2025 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah. Analisis kurikulum dilakukan dengan mempelajari Capaian Pembelajaran (CP) Kimia Fase F sebagai acuan dalam menentukan isi dan tujuan pembelajaran pada media yang dibuat. Hasil analisis pada Tabel 3 menunjukkan bahwa tujuan pembelajaran pada submateri pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik relevan dengan CP Kimia F karena berkaitan dengan konsep elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari.

Tujuan pembelajaran dengan menggunakan kata kerja operasional “menjelaskan” yang terletak pada tingkat kognitif C2 dalam Taksonomi Bloom.

Penyesuaian tujuan pembelajaran ini menjadi salah satu perubahan dari media sebelumnya yang menggunakan kata kerja operasional "menerapkan" (C3). Dengan demikian, hasil analisis kurikulum digunakan sebagai dasar dalam menyesuaikan isi materi, tujuan pembelajaran, dan kegiatan pada media agar

sesuai dengan Kompetensi Pengetahuan (CP) Kimia Fase F serta karakteristik submateri pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik. Perbedaan antara capaian dan tujuan pembelajaran sebelum dan sesudah revisi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Revisi Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran

BSKAP 2022	BSKAP 2025
Capaian Pembelajaran : Peserta didik mampu mengamati, menyelidiki dan menjelaskan fenomena sehari-hari sesuai kaidah kerja ilmiah dalam menjelaskan konsep kimia dalam keseharian; menerapkan operasi matematika dalam perhitungan kimia; mempelajari sifat, struktur dan interaksi partikel dalam membentuk berbagai senyawa termasuk pengolahan dan penerapannya dalam keseharian; memahami dan menjelaskan aspek energi, laju dan kesetimbangan reaksi kimia; menggunakan konsep asam-basa dalam keseharian; menggunakan transformasi energi kimia dalam keseharian termasuk termokimia dan elektrokimia; memahami kimia organik termasuk penerapannya dalam keseharian [19].	Capaian Pembelajaran : Peserta didik mampu Menganalisis hubungan struktur atom dengan sistem periodik unsur; membandingkan jenis ikatan kimia serta kaitannya dengan bentuk molekul dan gaya intermolekuler dalam memprediksi sifat fisik materi; mengaitkan perubahan entalpi standar dari suatu reaksi kimia dengan sumber energi yang ada di lingkungan sekitar; menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi; menganalisis kesetimbangan kimia dan penerapannya; menjelaskan daya hantar listrik dan sifat koligatif larutan; menjelaskan sel elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari; dan menjelaskan senyawa karbon dan makromolekul [20]
Tujuan Pembelajaran: Menerapkan konsep elektrokimia untuk mencegah proses korosi melalui sistem proteksi katodik dengan pengorbanan anoda dalam konteks keseharian.	Tujuan Pembelajaran : Menjelaskan konsep elektrokimia untuk mencegah proses korosi melalui sistem proteksi katodik dengan pengorbanan anoda dalam konteks keseharian.

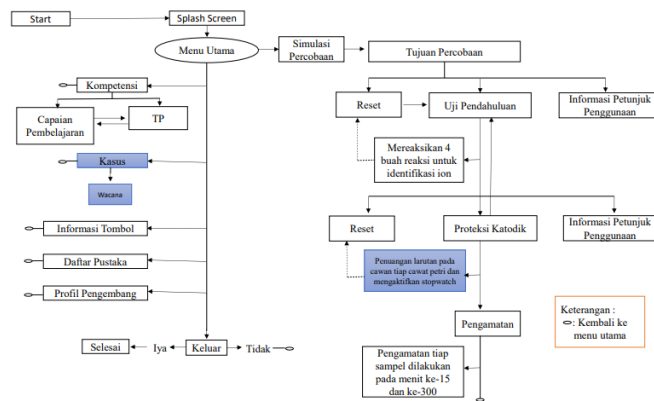
. Model pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian Aurellia (2025). Berdasarkan hasil analisis keseluruhan, model pembelajaran yang paling sesuai dengan media ini adalah model *guided inquiry*, karena mayoritas sintaks pada model ini telah terfasilitasi dalam aplikasi simulasi "Pencegahan Korosi Proteksi Katodik".

Analisis wacana dilakukan dengan menggunakan lima buku sumber yang relevan dengan materi pencegahan korosi melalui sistem proteksi katodik. Informasi yang diperoleh dari kelima sumber tersebut disintesis menjadi teks asli. Selanjutnya, teks asli mengalami proses penghalusan melalui pengurangan, penambahan, penggantian, dan penyusunan kembali kata atau kalimat yang diperlukan sehingga diperoleh teks dasar yang lebih koheren, kohesif, dan mudah dipahami

peserta didik. Teks dasar selanjutnya dianalisis untuk menurunkan proposisi mikro dan proposisi makro sebagai dasar penyusunan struktur materi dalam media pembelajaran.

Design (Desain)

Pada tahap *design* penelitian ini, flowchart disusun untuk menggambarkan alur penggunaan aplikasi simulasi mulai dari halaman utama, menu pembelajaran, simulasi, evaluasi, hingga halaman penutup. Alur yang ditandai dengan warna biru merupakan pengembangan pada penelitian ini, sedangkan alur berwarna hitam merupakan alur yang diadaptasi dari penelitian Az-Zahra (2024). Dengan adanya flowchart, pengembang dapat memastikan setiap fitur saling terhubung dengan baik sehingga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan media. Flowchart ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart

Pada penelitian ini, storyboard memuat rancangan setiap halaman aplikasi simulasi, meliputi halaman pembuka (*loading page*), halaman utama (*home*), petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran, materi, simulasi, evaluasi, serta halaman penutup. Setiap halaman dirancang dengan

mempertimbangkan aspek keterbacaan, konsistensi tampilan, kemudahan navigasi, dan interaktivitas agar mampu memberikan pengalaman belajar yang efektif bagi peserta didik. Cuplikan storyboard ditunjukkan pada Gambar 3.

Nama Proyek : Pencegahan Korosi, Proteksi Katodik	Judul : Menu utama	Halaman : 2 dari	Tanggal :
			Informasi Navigasi : Kompetensi = Menuju ke halaman capaian pembelajaran Simulasi Percobaan = Menuju ke halaman simulasi Kasus = Menuju ke halaman kasus ? = Menuju ke halaman informasi tombol Profil = Menuju ke halaman daftar pustaka Referensi = Menuju ke halaman profil pengembang Exit = Keluar dari aplikasi
Catatan :			Informasi Media :

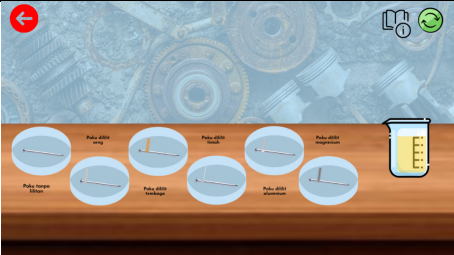
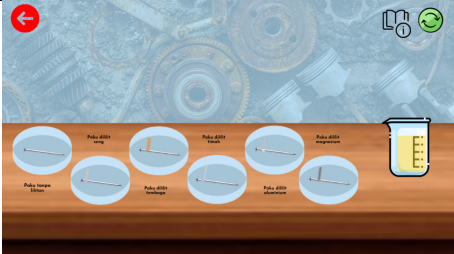
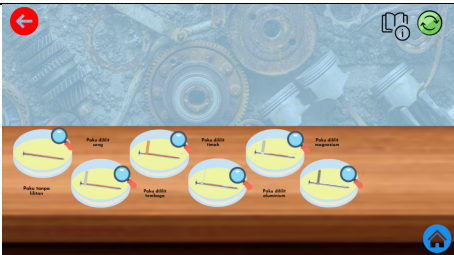
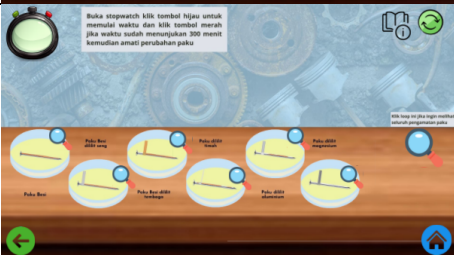
Gambar 3. Storyboard

Development (Pengembangan)

Tahap pengembangan dilakukan dengan merealisasikan rancangan media berdasarkan hasil analisis dan desain. Pengembangan meliputi penambahan fitur

kasus, prosedur percobaan, stopwatch, serta mode pengamatan dan kaca pembesar. Perbandingan kondisi media sebelum dan sesudah pengembangan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan tampilan media sebelum dan sesudah pengembangan

Aspek	Sebelum Pengembangan	Sesudah Pengembangan
Kasus pembelajaran	Belum tersedia fitur kasus	
Prosedur percobaan		
Stopwatch		
Mode pengamatan dan kaca pembesar		
		

Berdasarkan Tabel 4, pengembangan media dilakukan melalui penambahan dan penyempurnaan beberapa fitur untuk meningkatkan kemudahan penggunaan serta mendukung proses pengamatan peserta didik.. Pada aspek kasus pembelajaran, ditambahkan ikon “Kasus” yang memuat fenomena kontekstual korosi sebagai pengantar permasalahan. Pada aspek prosedur percobaan, ditambahkan gambar prosedur pada halaman pelaksanaan sehingga peserta didik dapat mengikuti tahapan percobaan dengan lebih mudah. Fitur stopwatch juga ditambahkan untuk membantu peserta didik mengamati waktu selama simulasi. Selain itu, pada aspek mode pengamatan ditambahkan mode pengamatan keseluruhan dan individual serta fitur kaca pembesar sehingga sampel dapat diamati dengan tampilan yang lebih besar dan detail.

Media pembelajaran pada penelitian ini dikembangkan menggunakan aplikasi Construct 3, yaitu perangkat lunak berbasis HTML5 yang mendukung pembuatan media pembelajaran interaktif. Setelah proses pengembangan selesai, aplikasi diekspor ke dalam format web dan dipublikasikan melalui platform Netlify sehingga dapat diakses secara daring melalui peramban (browser) pada berbagai perangkat yang terhubung dengan internet. Dengan memanfaatkan Netlify sebagai layanan hosting, aplikasi simulasi dapat digunakan tanpa memerlukan proses instalasi, sehingga memudahkan guru dan peserta didik dalam mengakses media pembelajaran kapan saja dan di mana saja selama tersedia koneksi internet.

Media pembelajaran yang telah selesai dikembangkan selanjutnya memasuki tahap validasi ahli. Tahap ini dilakukan untuk memperoleh penilaian terhadap kualitas dan kelayakan media dari aspek materi, media, dan pembelajaran, sekaligus memperoleh masukan sebagai dasar penyempurnaan produk sebelum dilakukan uji coba kepada peserta didik. Kelayakan aplikasi dinilai oleh dua orang *reviewer* yang ahli dibidang media. Hasil penilaian kelayakan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Kelayakan Aplikasi Simulasi Berdasarkan Penilaian Ahli

Aspek Penilaian	Skor	Kategori
-----------------	------	----------

Konten dan Materi	1,00	Sangat layak
Desain Pembelajaran	1,00	Sangat layak
Media	1,00	Sangat layak
Tampilan	1,00	Sangat layak
Organisasi dan Navigasi	1,00	Sangat layak

Catatan atau tanggapan :

- Tujuan Pembelajaran disesuaikan dengan BSKAP tahun 2025
- Tombol diberi keterangan

Berdasarkan Tabel 5, seluruh aspek memperoleh skor 1,00 dengan kategori sangat layak. Aspek yang dinilai meliputi konten dan materi, desain pembelajaran, media, tampilan, serta organisasi dan navigasi. Skor maksimum pada seluruh aspek menunjukkan bahwa media telah memenuhi seluruh indikator kelayakan yang ditetapkan dalam lembar validasi. Namun, skor tersebut tidak serta-merta menunjukkan bahwa media tidak memiliki kelemahan. Perolehan skor maksimum perlu dipahami dalam konteks instrumen penilaian, karakteristik validator, dan ruang lingkup validasi yang dilakukan.

Skor 1,00 pada aspek konten dan materi menunjukkan bahwa validator menilai materi telah sesuai dengan capaian pembelajaran, akurat secara ilmiah, dan relevan dengan submateri pencegahan korosi menggunakan sistem proteksi katodik. Pada aspek desain pembelajaran, skor tersebut menunjukkan kesesuaian penyajian materi dan aktivitas dengan sintaks pembelajaran yang diterapkan. Aspek media, tampilan, serta organisasi dan navigasi juga dinilai telah memenuhi indikator yang ditetapkan, terutama dari segi fungsi fitur, keteraturan tata letak, keterbacaan informasi, dan kemudahan navigasi.

Meskipun demikian, nilai maksimum pada seluruh aspek perlu ditafsirkan secara hati-hati. Untuk memperkuat interpretasi hasil validasi, data penilaian ahli dilengkapi dengan catatan dan saran perbaikan. Salah satu masukan dari ahli media adalah perlunya penambahan label teks “Informasi Tombol”, “Profil”, dan “Referensi” pada halaman menu utama. Masukan tersebut menunjukkan bahwa

meskipun indikator organisasi dan navigasi memperoleh skor maksimum, masih terdapat aspek antarmuka yang dapat disempurnakan. Penambahan label dilakukan untuk memperjelas fungsi ikon, mengurangi kemungkinan perbedaan interpretasi, dan mempermudah pengguna dalam menentukan menu yang akan dipilih. Temuan ini menunjukkan bahwa skor kuantitatif perlu dibaca bersama data kualitatif berupa komentar dan rekomendasi validator.

Selain itu, interpretasi kelayakan diperkuat melalui triangulasi sumber data dengan membandingkan hasil validasi ahli dengan hasil penilaian pengguna dan catatan revisi. Dengan demikian, kelayakan media tidak hanya didasarkan pada skor kuantitatif validator, tetapi juga mempertimbangkan informasi kualitatif mengenai aspek yang masih perlu diperbaiki. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif bahwa media telah memenuhi kriteria kelayakan berdasarkan indikator yang digunakan, tetapi masih memiliki ruang untuk penyempurnaan.

Dengan demikian, skor 1,00 pada seluruh aspek sebaiknya tidak dimaknai sebagai kondisi media yang sempurna, melainkan sebagai indikasi bahwa seluruh indikator dalam instrumen validasi telah terpenuhi menurut penilaian validator. Adanya masukan perbaikan menunjukkan bahwa evaluasi tetap menghasilkan informasi diagnostik yang digunakan untuk menyempurnakan desain dan *usability* media sebelum digunakan dalam pembelajaran.

Implementation (Implementasi)

Tahap implementasi dilakukan uji coba terbatas terhadap media pembelajaran interaktif berbasis *website* yang telah dinyatakan layak berdasarkan hasil revidi ahli. Uji coba terbatas dilaksanakan di salah satu SMA Negeri di Kabupaten Bandung dengan melibatkan 2 pendidik dan 7 peserta didik kelas XII.

Evaluation (Evaluasi)

Uji coba terbatas menghasilkan tanggapan pendidik disajikan pada tabel 6 dan hasil tanggapan peserta didik disajikan pada tabel 7.

Tabel 6. Hasil Tanggapan Pendidik

Aspek Penilaian	Skor	Kategori
Konten dan Materi	100	Sangat baik
Desain Pembelajaran	100	Sangat baik
Media	100	Sangat baik
Tampilan	100	Sangat baik
Organisasi dan Navigasi	100	Sangat baik

Catatan atau tanggapan :

1. Aplikasi simulasi sudah baik
2. Sangat membantu pemahaman siswa dalam pembelajaran dan lebih menarik untuk KBM dikelas

Berdasarkan Tabel 6, seluruh aspek memperoleh skor 1,00 dengan kategori sangat baik. Aspek yang dinilai meliputi konten dan materi, desain pembelajaran, media, tampilan, serta organisasi dan navigasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendidik menilai media pembelajaran interaktif berbasis website telah memenuhi indikator yang ditetapkan dan sesuai untuk mendukung proses pembelajaran. Pendidik menilai materi yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran, desain pembelajaran dapat mendukung aktivitas belajar, fitur media dapat digunakan dengan baik, tampilan mudah dipahami, serta navigasi tersusun secara sistematis.

Data tersebut diperkuat oleh tanggapan kualitatif pendidik yang menyatakan bahwa aplikasi simulasi sudah baik, sangat membantu pemahaman peserta didik, dan membuat kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik. Tanggapan tersebut memberikan informasi tambahan bahwa keunggulan media tidak hanya terletak pada kelengkapan fitur, tetapi juga pada potensinya dalam mendukung penyajian materi yang lebih interaktif. Meskipun demikian, persepsi pendidik mengenai media yang dapat membantu pemahaman peserta didik belum dapat disamakan dengan bukti peningkatan hasil belajar karena penelitian ini belum melakukan pengukuran efektivitas secara komparatif. Dengan demikian, hasil penilaian pendidik menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif berbasis website memiliki tingkat keterterapan yang sangat baik sebagai media pendukung pembelajaran pada submateri pencegahan korosi dengan sistem proteksi

katodik. Hasil ini juga memberikan dukungan terhadap hasil validasi ahli, tetapi efektivitas media dalam meningkatkan hasil belajar masih memerlukan pengujian lebih lanjut melalui penelitian eksperimental atau pengukuran hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan media.

Tabel 7. Hasil tanggapan Peserta Didik

Aspek Penilaian	Skor	Kategori
Media	96	Sangat Baik
Tampilan	94	Sangat Baik

Catatan atau tanggapan :

1. Teks terlalu kecil perlu di perbesar
2. Ada beberapa gambar yang buram
3. Lebih di perbanyak animasi
4. Dibuat lebih interaktif

Berdasarkan Tabel 5, aspek media memperoleh skor 96 dengan kategori sangat baik, sedangkan aspek tampilan memperoleh skor 94 dengan kategori sangat baik. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Castro [21] bahwa penggunaan *virtual laboratory* memberikan pengaruh positif terhadap pencapaian akademik peserta didik. Dalam penelitian ini, respons positif peserta didik terhadap aspek media menunjukkan bahwa fitur simulasi dapat diterima sebagai bagian dari pengalaman belajar. Namun, hasil tersebut perlu ditafsirkan secara hati-hati karena skor respons peserta didik menunjukkan persepsi terhadap kualitas media dan belum dapat digunakan sebagai bukti langsung peningkatan hasil belajar. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penerimaan media merupakan salah satu aspek pendukung, sedangkan efektivitas pembelajaran memerlukan pengujian hasil belajar secara khusus. Meskipun kedua aspek berada pada kategori sangat baik, hasil uji coba menunjukkan adanya beberapa respons negatif yang perlu dianalisis sebagai bagian dari evaluasi produk. Pada aspek media, terdapat respons negatif pada indikator “Media tidak mengganggu fokus pembelajaran”. Temuan ini menunjukkan bahwa interaktivitas dan elemen visual dalam media belum tentu memberikan pengalaman yang sama bagi seluruh peserta didik. Animasi, navigasi, dan fitur simulasi yang menarik dapat meningkatkan perhatian, tetapi apabila tidak berkaitan langsung dengan informasi yang sedang dipelajari juga berpotensi menjadi distraktor. Oleh karena itu,

interaktivitas perlu dirancang secara selektif agar mendukung tujuan pembelajaran dan tidak meningkatkan beban kognitif peserta didik.

Pada aspek tampilan, respons negatif ditemukan pada indikator “Objek (gelas kimia, tabung reaksi, cawan petri, dan pipet) terlihat jelas”. Temuan ini mengindikasikan bahwa kualitas visual masih dapat ditingkatkan, khususnya pada ukuran dan ketajaman objek. Kejelasan objek merupakan bagian penting dari *usability* karena peserta didik perlu mengenali komponen simulasi dengan cepat tanpa melakukan usaha tambahan. Kendala tersebut dapat dipengaruhi oleh ukuran objek yang relatif kecil, resolusi ilustrasi, maupun perbedaan ukuran layar perangkat yang digunakan. Oleh karena itu, perbaikan dilakukan melalui peningkatan ukuran dan resolusi objek serta penyediaan fitur *zoom* untuk membantu peserta didik mengamati bagian-bagian yang kurang jelas.

Peserta didik juga memberikan masukan agar animasi diperbanyak dan media dibuat lebih interaktif. Masukan tersebut menunjukkan bahwa sebagian peserta didik mengharapkan keterlibatan yang lebih tinggi dalam mengeksplorasi materi dan simulasi. Namun, penambahan animasi dan fitur interaktif tidak dilakukan secara kuantitatif semata, melainkan harus mempertimbangkan relevansi terhadap tujuan pembelajaran. Elemen visual yang berlebihan dapat mengalihkan perhatian, sedangkan interaktivitas yang tidak memiliki fungsi pedagogis dapat meningkatkan kompleksitas penggunaan media. Dengan demikian, perbaikan diarahkan pada penambahan animasi yang berfungsi memvisualisasikan proses korosi dan proteksi katodik serta fitur interaktif yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melakukan pengamatan dan eksplorasi secara lebih aktif.

Setelah seluruh revisi minor selesai dilaksanakan, media pembelajaran interaktif berbasis website dinyatakan sebagai produk akhir (*final product*) yang telah memenuhi kriteria kelayakan untuk digunakan sebagai media pembelajaran pada submateri pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik. Dengan demikian, media yang

dikembangkan diharapkan dapat menjadi alternatif pembelajaran yang mampu mendukung proses belajar mengajar, meningkatkan keterlibatan peserta didik, serta memfasilitasi pemahaman konsep melalui penyajian simulasi yang interaktif dan mudah diakses melalui perangkat yang terhubung dengan internet.

Kesimpulan

Penelitian ini merupakan pengembangan lanjutan pengembangan lanjutan dari “Pengembangan virtual experiment pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik” oleh Az-Zahra. Pengembangan ini difokuskan penyempurnaan meliputi penyesuaian terhadap capaian pembelajaran, penerapan sintaks model pembelajaran *guided inquiry* sesuai dengan hasil analisis yang dilakukan Aurellia (2025), serta penyempurnaan fitur dan tampilan aplikasi, seperti penambahan halaman kasus, fitur *stopwatch*, kaca pembesar, dan perbaikan antarmuka pengguna berdasarkan hasil review penelitian sebelumnya dan masukan dari ahli dan praktisi.

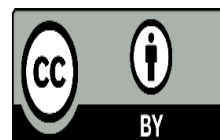
Hasil revidi menunjukkan bahwa media memenuhi kriteria kelayakan pada aspek materi, media, dan desain pembelajaran, sedangkan uji coba kepada peserta didik menunjukkan respons yang sangat baik terhadap aspek media dan tampilan. Media dinilai membantu pemahaman materi, menarik, dan mudah digunakan. Meskipun demikian, terdapat masukan terkait ukuran teks, kualitas beberapa gambar, penambahan animasi, dan peningkatan interaktivitas yang dapat menjadi dasar pengembangan selanjutnya.

Penelitian ini terbatas pada revidi ahli dan tanggapan pengguna serta belum menguji efektivitas media terhadap hasil belajar secara eksperimen. Oleh karena itu pengembangan selanjutnya dapat dilakukan uji coba dengan melibatkan subjek yang lebih luas, serta meningkatkan kualitas visual dan interaktivitas. Secara praktis, media dapat dimanfaatkan guru sebagai media pendukung pembelajaran berbasis simulasi pada submateri pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik.

Daftar Pustaka

- [1] T. Kurniati and N. A. Wiyani, “Pembelajaran Berbasis Information and Communication Technology pada Era Revolusi Industri 4.0,” vol. 6, no. 1, 2021, doi: 10.23887/jipp.v6i1.
- [2] A. A. Shahroom and N. Hussin, “Industrial Revolution 4.0 and Education,” *Int. J. Acad. Res. Bus. Soc. Sci.*, vol. 8, no. 9, pp. 314–319, 2018, doi: 10.6007/ijarbss/v8-i9/4593.
- [3] R. W. Willya Achmad, M. Vincentius Poluakan, D. Dikaywana, and H. Wibowo dan Santoso Tri Raharjo, “Potret generasi muda pada era revolusi 4.0,” *J. Pekerj. Sos.*, vol. 2, no. 2, pp. 187–197, 2019, [Online].
- [4] S. C. Eze, V. C. Chinedu-Eze, and A. O. Bello, “The utilisation of e-learning facilities in the educational delivery system of Nigeria: a study of M-University,” *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 15, no. 1, 2018, doi: 10.1186/s41239-018-0116-z.
- [5] N. Sert and E. Boynueğri, “Digital technology use by the students and english teachers and self-directed language learning,” *World J. Educ. Technol. Curr. Issues*, vol. 9, no. 1, pp. 24–34, 2017, doi: 10.18844/wjet.v9i1.993.
- [6] M. A. Perdana, D. E. Wibowo, and M. K. Budiarto, “Digitalization of Learning Media through Digital Book Development Using the Flipbook Application,” *J. Pendidik. dan Pengajaran*, vol. 54, no. 2, p. 263, 2021, doi: 10.23887/jpp.v54i2.34639.
- [7] B. A. Zaky, R. K. Utoro, and A. Sularsa, “Pengembangan Aplikasi Situs Schole Fitrah Untuk Pembelajaran Daring Berbasis Kearifan Lokal Dan Hidroponik Pintar,” *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 9, no. 2, p. 505, 2023.
- R. R. Ahyar, H. N. Saputra, and D. Darman, “Development of Web-Based Learning Media as A Chemistry Learning Supplement,” (*JINOTEP (Jurnal Inov. dan Teknol. Pembelajaran) Kaji. dan Ris. dalam Teknol. Pembelajaran*), vol. 9, no. 3, p. 219, 2022, doi: 10.17977/um031v9i32022p219.

- [8] F. Karundeng, M. J. Rampe, and D. Gumolung, "Penerapan Media Interaktif Berbasis Game Based Learning Dengan Platform Kahoot Pada Materi Kimia Hijau Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa," *J. Chem. Educ.*, vol. 7, no. 1, pp. 19–23, 2025, doi: 10.37033/ojce.v7i1.734.
- [9] D. Setyadi and A. Qohar, "Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Web Pada Materi Barisan Dan Deret," *Kreano, J. Mat. Kreat.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 2017, doi: 10.15294/kreano.v8i1.5964.
- [10] F. N. Laila and J. Mardhiya, "Pengembangan Laboratorium Virtual Dan Animasi 3 Dimensi (LeChatalier Virtual Laboratory) Pada Materi Kesetimbangan Kimia," *Oxyg. J. Chem. Educ.*, vol. 6, no. 2, p. 68, 2025, doi: 10.37033/ojce.v6i2.614.
- [11] R. Chang, "General chemistry,". New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2009. *Analyst*, vol. 72, no. 854, pp. 226–227, 1947, ISBN : 978–0–07–337563–2
- [12] R. Adauyah and N. Aznam, "Guided Inquiry Learning Model in Chemistry Education: A Systematic Review," *J. Penelit. Pendidik. IPA*, vol. 10, no. 3, pp. 77–87, 2024, doi: 10.29303/jppipa.v10i3.6373.
- [13] D. Ramadhan, "Pengembangan media pembelajaran berbasis smartphone pada materi korosi dan pencegahan," Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia, 2021. [Online]. Available: <https://repository.upi.edu/65397/>
- [14] S. A. Az-Zahra, "Pengembangan virtual experiment pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik," Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia, 2024. [Online]. Available: <https://repository.upi.edu/123699/>
- [15] A. Z. Aurellia, "Peranan virtual experiment pencegahan korosi dengan sistem proteksi katodik dalam memfasilitasi kemampuan berpikir kritis peserta didik," Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia, 2025. [Online]. Available: <https://repository.upi.edu/138548/>
- [16] M. D. Roblyer and A. H. Doering, *Integrating Educational Technology into Teaching*, 5th ed. Boston, MA, USA: Pearson Education, 2010.
- [17] A. E. Damayanti, I. Syafei, H. Komikesari, and R. Rahayu, "Kelayakan Media Pembelajaran Fisika Berupa Buku Saku Berbasis Android," *Indones. J. Sci. Math. Educ.*, vol. 01, no. 1, pp. 63–70, 2018.
- [18] Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, *Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka*, SK BSKAP No. 033/H/KR/2022. Jakarta, Indonesia: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2022.
- [19] Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, *Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka*, SK BSKAP No. 046/H/KR/2025. Jakarta, Indonesia: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2025.
- [20] R. Castro, "The Effects of Chemistry Virtual Laboratories in Academic Achievement of Secondary Level Learners: A Meta-Analysis," *Integrated Science Education Journal*, vol. 6, no. 1, 2025.



2026 by the authors. Licensee Fullerene Journal Of Chem. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).