BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kimia menjadi salah satu cabang ilmu sains yang mengkaji berbagai gejala yang dapat diamati sekaligus menjelaskan perubahan materi pada tingkat makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Salah satu materi penting dalam pembelajaran kimia adalah larutan penyangga, yang berkaitan dengan kemampuan suatu sistem untuk mempertahankan perubahan pH ketika ditambahkan sedikit asam atau basa. Pemahaman terhadap materi ini memerlukan keterkaitan dengan berbagai konsep kimia lainnya, seperti teori asam-basa, kesetimbangan kimia, stoikiometri, dan perhitungan pH, serta pemahaman mengenai penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Larutan penyangga memiliki keterkaitan dengan berbagai fenomena, seperti mekanisme pengaturan pH dalam darah dan penggunaan alat uji kesehatan. Pembelajaran larutan penyangga dapat dikaitkan dengan konteks *COVID-19 test kit*, fungsi sistem penyangga dalam darah, serta proses pembuatan larutan penyangga melalui kegiatan laboratorium virtual (Lau dkk., 2024). Oleh karena itu, penguasaan materi larutan penyangga tidak hanya diperlukan untuk mencapai kompetensi pembelajaran kimia di sekolah, tetapi juga untuk membantu siswa menghubungkan konsep kimia dengan fenomena dan perkembangan teknologi dalam kehidupan sehari-hari.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Pentingnya penguasaan materi larutan penyangga perlu diimbangi dengan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep yang mendasarinya. Namun, materi ini masih menjadi salah satu materi kimia yang sulit dipahami karena menuntut siswa untuk mengintegrasikan pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural, sementara mekanisme yang berlangsung pada tingkat partikel tidak dapat diamati secara langsung. Siswa cenderung menyelesaikan soal larutan penyangga melalui prosedur algoritmik, seperti memasukkan angka ke dalam rumus dan menggunakan kalkulator, tanpa memahami zat-zat kimia yang terlibat serta alasan pemilihan langkah penyelesaian. Sebanyak 23% responden mengalami kesulitan dalam mengingat rumus dan persamaan, sedangkan 20% lainnya mengalami kesulitan dalam mengingat tahapan penyelesaian soal (Salame dkk., 2022). Temuan tersebut menunjukkan bahwa

keberhasilan siswa dalam melakukan perhitungan pH belum tentu mencerminkan pemahaman konseptual yang memadai terhadap materi larutan penyangga.

Permasalahan dalam memahami larutan penyangga juga terlihat dari hasil penelitian di Indonesia. Penelitian terhadap 215 siswa SMA di Gorontalo dengan menggunakan instrumen pilihan ganda tiga tingkat menunjukkan bahwa kesulitan terbesar terdapat pada indikator perhitungan pH larutan penyangga setelah penambahan sedikit asam atau basa, dengan persentase sebesar 96,5%. Kesulitan berikutnya ditemukan pada indikator fungsi larutan penyangga dalam tubuh dan kehidupan sehari-hari sebesar 94,9%, konsep pH dan pOH sebesar 89,3%, serta prinsip kerja larutan penyangga sebesar 83,7% (Genes dkk., 2021). Kesulitan tersebut berkaitan dengan belum kuatnya penguasaan konsep prasyarat, khususnya kesetimbangan kimia, pemilihan rumus yang tepat, dan penerapan konsep dalam perhitungan. Temuan ini menunjukkan perlunya pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada penyelesaian soal, tetapi juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati fenomena, menguji pemahaman awal, menghubungkan hasil pengamatan dengan konsep kimia, serta mengomunikasikan pemahamannya.

Upaya mengatasi kesulitan siswa dalam memahami materi larutan penyangga dapat dilakukan melalui penerapan model pembelajaran POE2WE (*Predict, Observe, Explain, Elaborate, Write and Evaluate*) yang melibatkan siswa secara aktif dalam proses membangun pemahaman. Pada tahap *predict*, siswa menyampaikan dugaan awal berdasarkan pengetahuan yang telah dimiliki. Tahap *observe* memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati fenomena atau hasil percobaan, sedangkan tahap *explain* mengarahkan siswa untuk menjelaskan hasil pengamatan dan menghubungkannya dengan prediksi awal. Selanjutnya, tahap *elaborate* mendorong siswa menerapkan konsep pada permasalahan lain, tahap *write* melatih siswa menyusun pemahaman dalam bentuk tulisan, dan tahap *evaluate* digunakan untuk menilai penguasaan konsep yang telah dipelajari. Rangkaian tahapan tersebut relevan dengan karakteristik materi larutan penyangga karena memberikan kesempatan kepada siswa untuk meninjau kembali pemahaman awal, menghubungkan hasil pengamatan dengan konsep kesetimbangan kimia, serta mengaitkan fenomena yang diamati dengan persamaan kimia dan perhitungan pH.

Pemilihan model pembelajaran POE2WE didasarkan pada kesesuaiannya dengan karakteristik kesulitan siswa dalam mempelajari materi larutan penyangga. Pembelajaran yang berpusat pada penjelasan guru cenderung menekankan penyampaian konsep, rumus, dan prosedur penyelesaian soal, sehingga kesempatan siswa untuk mengungkapkan pemikiran awal serta menguji pemahamannya melalui hasil pengamatan dapat menjadi terbatas. Sementara itu, *problem-based learning* menekankan proses pemecahan masalah, tetapi tidak secara khusus mengorganisasikan pembelajaran ke dalam tahapan yang membandingkan prediksi awal siswa dengan hasil pengamatan. Adapun *discovery learning* memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan konsep, meskipun kegiatan menuliskan hasil pemahaman dan mengevaluasi penguasaan konsep tidak selalu menjadi tahapan yang terstruktur secara eksplisit. Berbeda dengan model-model tersebut, POE2WE memiliki rangkaian kegiatan yang meliputi prediksi (*predict*), pengamatan (*observe*), penjelasan (*explain*), pengembangan konsep (*elaborate*), penulisan (*write*), dan evaluasi (*evaluate*). Rangkaian tahapan ini relevan dengan karakteristik materi larutan penyangga yang menuntut siswa tidak hanya mampu menghitung pH, tetapi juga memahami prinsip kerja larutan penyangga, menghubungkan perubahan pH dengan reaksi kesetimbangan, serta menjelaskan konsep yang mendasari prosedur perhitungan. Melalui tahapan tersebut, pembelajaran diharapkan dapat membantu siswa membangun pemahaman secara bertahap sekaligus memberikan kesempatan kepada guru untuk mengidentifikasi kesulitan belajar dan miskonsepsi siswa selama proses pembelajaran berlangsung (Handayani dkk., 2026).

Potensi model POE2WE dalam mendukung hasil belajar kognitif juga didukung oleh sejumlah penelitian terdahulu. Penerapan model POE2WE pada materi laju reaksi di kelas XI menghasilkan rata-rata nilai kognitif sebesar 86,41 pada kelompok eksperimen, lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang memperoleh rata-rata 75,60 (Amelian & Anwar, 2025). Hasil penelitian lain dalam pembelajaran sains menunjukkan bahwa siswa yang mengikuti pembelajaran POE2WE berbantuan lembar kerja peserta didik (LKPD) memperoleh hasil belajar kognitif dan psikomotor yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional (Handayani dkk., 2026). Walaupun demikian, temuan-temuan tersebut

belum secara khusus menjawab penerapan POE2WE berbantuan laboratorium virtual ChemCollective pada materi larutan penyangga untuk meningkatkan hasil belajar kognitif siswa SMA. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji penerapan model POE2WE berbantuan laboratorium virtual pada materi larutan penyangga dengan fokus pada peningkatan hasil belajar kognitif siswa. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai penerapan tahapan POE2WE yang didukung kegiatan praktikum virtual dalam membantu siswa memahami konsep larutan penyangga.

Penerapan POE2WE akan lebih bermakna apabila tahap *observe* didukung media yang memungkinkan siswa mengalami proses kimia secara aman, interaktif, dan berulang. Salah satu media yang sesuai adalah *ChemCollective*. Laman resmi *ChemCollective* menjelaskan bahwa *Virtual Lab* merupakan simulasi laboratorium kimia daring yang dirancang untuk menghubungkan perhitungan kimia dengan praktik laboratorium autentik. Siswa dapat memilih berbagai pereaksi, mengukur atau mencampurkan larutan, dan melakukan prosedur yang menyerupai kegiatan laboratorium nyata . Media ini dapat membantu mengatasi keterbatasan alat dan bahan, risiko praktikum, keterbatasan waktu, serta kesulitan memvisualisasikan proses yang tidak tampak secara langsung.

Pemilihan *ChemCollective* sebagai media pendukung POE2WE didasarkan pada kesesuaiannya dengan karakteristik materi larutan penyangga dan aktivitas pembelajaran yang dirancang. Berbeda dengan media presentasi atau video yang umumnya menyajikan informasi dan fenomena untuk diamati, *ChemCollective* memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan komponen percobaan, mengatur komposisi larutan, serta mengamati hasil dari prosedur yang dilakukan. Lingkungan virtualnya juga memberikan keleluasaan untuk mengeksplorasi berbagai kondisi percobaan, sehingga hasil pengamatan dapat digunakan sebagai dasar untuk menguji prediksi dan menyusun penjelasan ilmiah. Karakteristik ini mendukung tahap *predict* dan *observe* melalui pengujian dugaan awal, tahap *explain* melalui pembahasan hasil simulasi, serta tahap *elaborate* melalui eksplorasi variasi percobaan. Ketersediaan aktivitas yang berkaitan dengan penyiapan larutan, pengenceran, asam-basa, dan larutan penyangga juga menjadikan *ChemCollective* relevan dengan kebutuhan

pembelajaran pada materi tersebut. Penggunaan *ChemCollective* dalam pembelajaran larutan penyangga dikatakan dapat membantu siswa memahami komposisi dan prinsip kerja larutan penyangga (Lau dkk., 2024). Selain itu, penggunaan *ChemCollective* dalam pembelajaran kimia juga dikaitkan dengan peningkatan hasil belajar kognitif dan kemampuan analisis siswa (Theresia dkk., 2023).

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa laboratorium virtual berpotensi mendukung proses pembelajaran kimia. Studi kuasi-eksperimen yang dilakukan oleh Bazie dkk. membandingkan pembelajaran menggunakan laboratorium nyata, laboratorium virtual, dan metode ceramah pada mahasiswa kimia. Penggunaan laboratorium virtual dikaji sebagai alternatif maupun pelengkap praktikum konvensional, terutama ketika keterbatasan sumber daya dan peralatan menjadi kendala dalam pelaksanaan kegiatan laboratorium (Bazie dkk., 2024). Dalam konteks pembelajaran kimia di Indonesia, penggunaan *ChemCollective* pada materi titrasi asam-basa menghasilkan peningkatan hasil belajar kognitif dengan nilai N-gain sebesar 0,50 yang termasuk kategori sedang. Peningkatan tersebut disertai dengan kemampuan siswa dalam menganalisis data, menentukan konsentrasi, merancang percobaan, dan menarik kesimpulan (Theresia dkk., 2023). Sementara itu, penggunaan *ChemCollective* dalam pembelajaran larutan penyangga menjadi salah satu aktivitas yang paling disukai siswa serta membantu pemahaman mengenai komposisi dan prinsip kerja larutan penyangga (Lau dkk., 2024). Temuan-temuan ini memberikan dasar bahwa laboratorium virtual berpotensi mendukung pemahaman konsep dan hasil belajar kognitif siswa dalam pembelajaran kimia.

Berdasarkan uraian tersebut, masih terdapat celah penelitian. Penelitian tentang kesulitan larutan penyangga telah menunjukkan bahwa siswa mengalami masalah pada prinsip kerja, pH, perubahan pH setelah penambahan asam atau basa, dan penerapan konsep. Penelitian tentang POE2WE menunjukkan dampak positif terhadap hasil belajar pada beberapa materi, tetapi sebagian besar belum berfokus pada larutan penyangga. Di sisi lain, penelitian tentang *ChemCollective* telah memperlihatkan manfaat laboratorium virtual untuk pengalaman praktikum dan hasil belajar, tetapi belum banyak mengintegrasikannya secara sistematis ke dalam keenam tahap POE2WE untuk menargetkan hasil belajar kognitif pada materi larutan penyangga.

Celah tersebut penting karena POE2WE berperan dalam mengorganisasi proses pembelajaran melalui tahapan yang sistematis, sedangkan *Chemcollective* menyediakan lingkungan simulasi yang memungkinkan siswa memperoleh hasil pengamatan sebagai dasar untuk membangun dan menguji pemahamannya. Oleh sebab itu, diperlukan pembelajaran yang memadukan model POE2WE dengan laboratorium virtual *ChemCollective* pada materi larutan penyangga.

Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi model POE2WE dan laboratorium virtual *ChemCollective* yang diarahkan secara khusus untuk mengatasi kesulitan konseptual pada materi larutan penyangga dan meningkatkan hasil belajar kognitif siswa. Kebaruan tersebut bukan sekadar penggunaan media digital atau model pembelajaran secara terpisah, melainkan perancangan pengalaman belajar yang menghubungkan prediksi siswa, observasi simulasi, penjelasan berbasis bukti, elaborasi konsep, penulisan ilmiah, dan evaluasi kognitif dalam satu rangkaian pembelajaran. Atas dasar itu, penelitian berjudul "Penerapan Model Pembelajaran POE2WE (*Predict, Observe, Explain, Elaborate, Write, and Evaluate*) Berbantuan Virtual Laboratorium pada Materi Larutan Penyangga untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Siswa" penting dilakukan.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah di bawah ini, dibuat berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan, sebagaimana berikut:

1. Bagaimana aktivitas siswa selama proses pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium pada materi larutan penyangga untuk meningkatkan hasil belajar kognitif siswa?
2. Bagaimana kemampuan siswa pada setiap tahapan model pembelajaran POE2WE dalam menyelesaikan lembar kerja berbantuan virtual laboratorium pada materi larutan penyangga?
3. Bagaimana peningkatan hasil belajar kognitif siswa setelah diterapkan model pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium pada materi larutan penyangga?

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian di bawah ini, yang mengacu pada rumusan masalah antara lain:

1. Mendeskripsikan aktivitas siswa pada penerapan model pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium untuk meningkatkan hasil belajar kognitif siswa pada materi larutan penyangga.
2. Menganalisis kemampuan siswa pada setiap tahapan model POE2WE dalam menyelesaikan lembar kerja berbantuan virtual laboratorium pada materi larutan penyangga.
3. Menganalisis peningkatan hasil belajar kognitif siswa pada penerapan model pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium pada materi larutan penyangga.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pembelajaran kimia khususnya pada materi larutan penyangga, melalui penerapan model pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium. Secara konseptual, penelitian ini dapat memperkaya kajian teoritis mengenai integrasi model pembelajaran berbasis konstruktivisme dengan pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran kimia.

Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran empiris mengenai efektivitas penerapan model POE2WE berbantuan virtual laboratorium dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi larutan penyangga yang bersifat abstrak. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi dalam pengembangan strategi pembelajaran kimia yang lebih inovatif, interaktif dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Lebih lanjut, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dan rujukan bagi pengembangan penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penggunaan model POE2WE, virtual laboratorium maupun penerapan media berbasis teknologi pada materi kimia lainnya.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

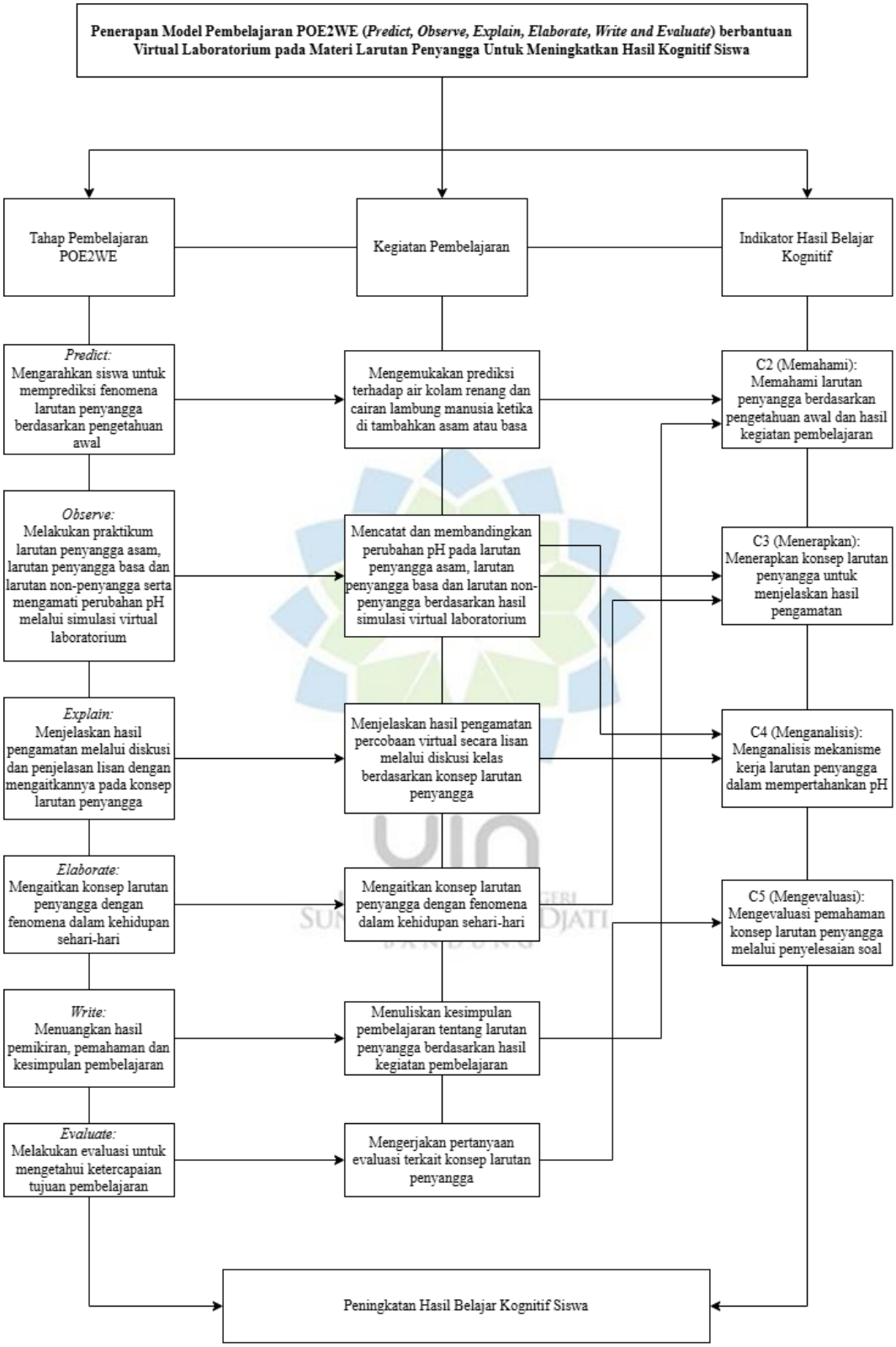
E. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir ini menggambarkan hubungan antara model pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium**,** indikator pencapaian siswa**,** dan hasil belajar kognitif siswa pada materi larutan penyangga. Model pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium berperan sebagai variabel bebas yang mengarahkan proses pembelajaran melalui tahapan yang sistematis, sedangkan hasil belajar kognitif siswa merupakan variabel terikat yang diukur berdasarkan ketercapaian kemampuan kognitif siswa.

Pada tahap *Predict*, siswa diarahkan untuk mengemukakan prediksi terhadap perubahan pH larutan penyangga akibat penambahan asam atau basa, sehingga pengetahuan awal siswa dapat diaktifkan dan pemahaman konsep dasar mulai terbentuk. Tahap *Observe* memungkinkan siswa mengamati simulasi virtual laboratorium mengenai respon larutan penyangga, yang mendorong siswa untuk menerapkan konsep dalam menjelaskan hasil pengamatan. Selanjutnya, pada tahap *Explain* dan *Elaborate*, siswa menjelaskan hasil pengamatan berdasarkan konsep larutan penyangga serta mengaitkannya dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari, sehingga kemampuan analisis siswa terhadap mekanisme kerja larutan penyangga dalam mempertahankan pH dapat berkembang.

Tahap *Write* memberikan kesempatan kepada siswa untuk menuangkan pemahaman dan kesimpulan pembelajaran secara tertulis, yang berperan dalam memperkuat penguasaan konsep. Selanjutnya, tahap *Evaluate* dilakukan melalui penilaian kognitif untuk mengetahui ketercapaian indikator pembelajaran. Secara keseluruhan, penerapan model pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium memengaruhi indikator pencapaian siswa pada setiap tahapan pembelajaran dan berdampak pada peningkatan hasil belajar kognitif siswa pada materi larutan penyangga.

Adapun bagan kerangka berpikir dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir

F. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Fitriani dkk (2024) mengkaji penerapan aplikasi ARBE berbasis model pembelajaran inkuiri terbimbing pada praktikum larutan penyangga untuk meningkatkan kemampuan representasi mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan aktivitas mahasiswa selama pembelajaran mencapai persentase 91,8% dengan kategori sangat baik. Selain itu, terjadi peningkatan kemampuan representasi mahasiswa dengan nilai N-gain sebesar 0,72 yang termasuk kategori tinggi. Hasil uji statistik juga menunjukkan nilai yang signifikan sebesar 0,000 < 0,05 yang menunjukkan bahwa penerapan virtual laboratorium yang dipadukan dengan model pembelajaran yang berorientasi pada aktivitas siswa secara signifikan meningkatkan hasil belajar. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi model pembelajaran aktif dengan virtual laboratorium sangat efektif dalam pembelajaran larutan penyangga (Fitriana dkk., 2024). Namun, demikian penelitian ini berfokus pada penerapan model pembelajaran POE2WE berbantuan virtual laboratorium untuk meningkatkan hasil belajar kognitif siswa pada materi larutan penyangga.

Kemudian, penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Eli & Sari (2018) yang meneliti mengenai penggunaan media animasi dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa pada materi sistem koloid. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan ketuntasan belajar siswa dari 77,22% pada siklus I menjadi 84,85% pada siklus II disertai dengan peningkatan aktivitas belajar siswa secara signifikan. Meskipun tidak secara langsung menggunakan virtual laboratorium atau model POE2WE, penelitian ini menegaskan bahwa media visual dan animasi mampu membantu siswa memahami konsep kimia yang abstrak serta meningkatkan hasil belajar. Temuan ini memperkuat dasar penggunaan media berbasis teknologi, termasuk virtual laboratorium sebagai sarana pendukung pembelajaran kimia yang efektif (Eli & Sari, 2018).

Selanjutnya, penelitian oleh Rahman dkk (2024) mengkaji pengembangan bahan ajar berbasis model pembelajaran POE2WE berbantuan Google Sites pada materi fisika induksi elektromagnetik. Hasil validasi menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan berada pada kategori sangat layak dengan persentase kelayakan media

sebesar 90%, kelayakan materi 86%, dan kelayakan bahasa 91%. Selain itu, hasil uji coba kelompok kecil dan kelompok besar menunjukkan peningkatan hasil belajar siswa dengan nilai gain sebesar 90% pada kelompok kecil dan 85,67% pada kelompok besar. Respons guru dan siswa terhadap pembelajaran juga sangat positif dengan rata-rata di atas 90%. Temuan ini menunjukkan bahwa bahwa sintaks POE2WE efektif mendorong keaktifan siswa dalam memprediksi, mengamati, menjelaskan, mengelaborasi, menuliskan dan mengevaluasi konsep sehingga berdampak signifikan terhadap peningkatan hasil belajar. Meskipun diterapkan pada mata pelajaran fisika, hasil penelitian ini memperkuat relevansi penggunaan model POE2WE dalam pembelajaran kimia yang bersifat konseptual dan abstrak, termasuk materi larutan penyangga (Rahman dkk., 2024).

Selain itu, penelitian internasional oleh de Vries & May (2019) meneliti penggunaan *virtual laboratory simulation (Labster)* dalam pendidikan laboran kimia dan bioteknologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lebih dari 84% mahasiswa menyatakan virtual laboratorium merupakan pelengkap yang sangat baik terhadap pembelajaran konvensional. Virtual laboratorium terbukti membantu mahasiswa menghubungkan teori dengan praktik, memvisualisasikan proses molekuler yang abstrak, serta meningkatkan pemahaman prosedur kerja laboratorium. Selain itu, penggunaan virtual laboratorium juga berkontribusi pada peningkatan motivasi dan intensitas belajar, dimana sebagian besar mahasiswa melaporkan belajar lebih lama dan lebih siap mengikuti pembelajaran dibandingkan pembelajaran tanpa simulasi virtual. Temuan ini menegaskan bahwa virtual laboratorium sangat efektif digunakan sebagai media pendukung pembelajaran sains, khususnya ketika eksperimen nyata sulit dilakukan atau memiliki keterbatasan sarana dan waktu (De Vries & May, 2019).

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Sarmita dkk (2023) menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran POE2WE berbantuan simulasi *PhET* secara signifikan mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik. Hasil penelitian pre-eksperimental dengan desain *one group pretest-posttest* menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar dari skor rata-rata pretest sebesar 4,75 menjadi 8,93 pada posttest dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,41 yang berada pada kategori sedang. Selain itu, hasil uji-t menunjukkan bahwa hasil belajar peserta didik setelah penerapan model POE2WE

berbantuan *PhET* secara signifikan lebih tinggi dibandingkan sebelum penerapan model tersebut, serta tidak terdapat perbedaan hasil belajar antar kelas eksperimen. Temuan ini mengindikasikan bahwa model POE2WE yang menekankan tahapan prediksi, observasi, penjelasan, elaborasi, penulisan dan evaluasi apabila didukung oleh media laboratorium virtual seperti *PhET*, mampu menciptakan pembelajaran yang aktif, bermakna dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik (Sarmita dkk., 2023).

Selain itu ada penelitian oleh Sari dkk., (2020) menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) mampu mendukung keterlibatan aktif siswa dan memperkuat pemahaman konsep kimia melalui kegiatan eksperimen pembuatan kertas indicator alami menunjukkan nilai kelayakan yang sangat tinggi, dengan rata-rata nilai r-hitung validator sebesar 0,92 dan persentase kelayakan sebesar 92% serta hasil uji keterbacaan oleh siswa mencapai 93% yang termasuk kategori sangat valid. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa tahapan POE yang menekankan aktivitas prediksi, observasi dan penjelasan mampu melatih kemampuan berpikir ilmiah siswa serta membantu siswa membangun pemahaman konsep melalui pengalaman belajar langsung. Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan karena penerapan model POE2WE berbantuan virtual laboratorium pada materi larutan penyangga juga menekankan keterlibatkan aktif siswa dalam memprediksi fenomena, mengamati simulasi eksperimen, menjelaskan hasil pengamatan serta mengelobarasi dan mengevaluasi konsep sehingga berpotensi meningkatkan hasil belajar kognitif siswa secara signifikan (Sari dkk., 2020).

Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Theresia dkk., (2023) menunjukkan bahwa penggunaan media virtual laboratorium *Chemcollective* dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi titrasi asam basa. Hasil penelitian menunjukkan nilai *N-gain* sebesar 0,5022 yang termasuk kategori sedang, nilai *effect size* sebesar 1,5716 yang tergolong sangat kuat, serta hasil uji *paired sample t-test* yang menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 < 0,05. Temuan penelitian memperlihatkan bahwa penggunaan media virtual laboratorium *Chemcollective* yang dipadukan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing mampu meningkatkan hasil belajar siswa secara signifikan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengintegrasian model pembelajaran POE2WE dengan virtual laboratorium berupa *Chemcollective* pada materi larutan penyangga untuk meningkatkan hasil belajar kognitif siswa SMA. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa virtual laboratorium efektif meningkatkan aktivitas, kemampuan representasi dan hasil belajar siswa, sedangkan model pembelajaran POE2WE terbukti mampu meningkatkan hasil belajar melalui pemanfaatan media berbasis teknologi. Namun, belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengintegrasikan model pembelajaran POE2WE dengan virtual laboratorium berupa *Chemcollective* pada materi larutan penyangga untuk mengkaji pengaruhnya terhadap hasil belajar kognitif siswa. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengembangkan pembelajaran kimia yang mengintegrasikan model pembelajaran aktif dengan media virtual laboratorium sehingga memfasilitasi siswa membangun pemahaman konsep larutan penyangga secara lebih bermakna melalui tahapan memprediksi, mengamati, menjelaskan, mengelaborasi, menuliskan dan mengevaluasi konsep secara sistematis.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG