

## **PERSEPSI SISWA TERHADAP PEMANFAATAN SIMULASI VIRTUAL PHET DALAM PEMBELAJARAN KIMIA DI SMA MUHAMMADIYAH SAMPIT**

Anisa Rahmi Fakhriyana<sup>1</sup>, Nur Fatimah Azzahra<sup>2</sup>, Erna Yayuk<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Magister Pedagogi Universitas Muhammadiyah Malang

<sup>1</sup>anisarahmifakhriyana@gmail.com, <sup>2</sup>nurfatimahazzahra@webmail.umm.ac.id,

<sup>3</sup>ernayayuk17@umm.ac.id

### **ABSTRACT**

*Limited chemistry laboratory facilities and infrastructure in schools result in suboptimal implementation of practicums. This condition makes it difficult for students to understand abstract chemical concepts due to a lack of direct experimental experience. This study aims to describe students' perceptions of the use of PhET virtual simulations in chemistry learning at SMA Muhammadiyah Sampit and to identify the advantages and limitations of its use as an alternative to practicums. This study used a descriptive qualitative approach. Data collection techniques included observation, interviews, and questionnaires. The research subjects were students at SMA Muhammadiyah Sampit who had used PhET simulations. Data analysis was carried out through the stages of data reduction, data presentation, and conclusion drawing. The results showed that the majority of students had a positive perception of the use of PhET simulations because they helped visualize abstract chemical concepts, increased learning motivation, and provided a safe and flexible practicum experience. Obstacles encountered included limited device access, unstable internet connections, and the need for teacher guidance in using the simulations.*

**Keywords:** *PhET Simulation, chemistry learning, student perception*

### **ABSTRAK**

Keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium kimia di sekolah menyebabkan pelaksanaan praktikum tidak optimal. Kondisi ini membuat siswa kesulitan memahami konsep kimia yang bersifat abstrak karena kurangnya pengalaman eksperimen secara langsung. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan persepsi siswa terhadap pemanfaatan simulasi virtual PhET dalam pembelajaran Kimia di SMA Muhammadiyah Sampit serta mengidentifikasi kelebihan dan kendala penggunaannya sebagai alternatif praktikum. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif. Teknik pengumpulan data meliputi observasi, wawancara, dan penyebaran angket. Subjek penelitian adalah siswa SMA Muhammadiyah Sampit yang telah menggunakan simulasi PhET. Analisis data dilakukan melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas siswa memiliki persepsi positif terhadap penggunaan simulasi PhET karena membantu memvisualisasikan konsep kimia yang abstrak, meningkatkan motivasi belajar, serta memberikan pengalaman praktikum yang aman dan fleksibel. Kendala yang ditemukan meliputi keterbatasan akses perangkat, jaringan internet yang tidak stabil, dan perlunya pendampingan guru dalam penggunaan simulasi.

Kata Kunci: PhET Simulation, pembelajaran kimia, persepsi siswa

## **A. Pendahuluan**

Pembelajaran Kimia menekankan pada kemampuan siswa memahami konsep melalui tiga representasi: makroskopik, mikroskopik, dan simbolik. di sekolah menengah menuntut adanya pengalaman praktikum untuk memperkuat pemahaman konsep yang bersifat abstrak, seperti ikatan kimia, kesetimbangan, maupun sifat larutan. Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa tidak semua sekolah memiliki fasilitas laboratorium yang memadai. Beberapa sekolah memiliki laboratorium tetapi dengan ketersediaan alat dan bahan yang terbatas, sehingga guru kesulitan melaksanakan praktikum sesuai tuntutan kurikulum. Kondisi ini mengakibatkan siswa sering hanya mendapatkan pembelajaran secara teoritis, tanpa pengalaman eksperimen nyata (Sari dkk., 2023).

Keterbatasan tersebut ditambah oleh faktor lain, seperti biaya perawatan laboratorium, keterbatasan

bahan kimia yang berbahaya atau mudah habis, serta aspek keamanan siswa saat melakukan percobaan (Rahmawati & Putra, 2022). Akibatnya, banyak konsep Kimia tetap dianggap sulit dan abstrak oleh siswa karena tidak pernah divisualisasikan secara langsung dalam bentuk eksperimen.

Hal ini juga dirasakan di SMA Muhammadiyah Sampit, di mana keterbatasan alat dan bahan laboratorium sering menjadi kendala dalam pelaksanaan praktikum. Beberapa percobaan tidak dapat dilaksanakan karena ketiadaan bahan kimia tertentu, risiko penggunaan zat berbahaya, atau keterbatasan peralatan yang tidak tersedia. Kondisi tersebut menyebabkan guru lebih banyak menyampaikan materi secara teoretis, sehingga pengalaman praktikum siswa menjadi terbatas.

Keterbatasan ini berdampak pada pemahaman siswa yang masih bersifat abstrak dan pada akhirnya menimbulkan kesan bahwa Kimia

adalah mata pelajaran yang sulit. Menurut Rahmawati dan Putra (2022), keterbatasan laboratorium sering mengakibatkan rendahnya pengalaman eksperimen siswa sehingga mereka kurang mampu menghubungkan teori dengan fenomena nyata.

Seiring perkembangan teknologi, muncul laboratorium virtual yang dapat menjadi alternatif solusi. Salah satu yang banyak digunakan adalah PhET Interactive Simulations, yang menyediakan berbagai simulasi sains, termasuk Kimia. Dengan PhET, siswa dapat melakukan percobaan secara virtual, memanipulasi variabel, dan mengamati hasilnya secara interaktif tanpa harus bergantung pada ketersediaan alat dan bahan di laboratorium nyata (Palacios Ortega et al., 2024).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa PhET efektif membantu siswa memahami konsep abstrak dan meningkatkan motivasi belajar karena bersifat visual, interaktif, dan aman digunakan (Ortega et al., 2024; Rahmawati dkk., 2023). Selain itu, penggunaan PhET juga mengatasi hambatan teknis di sekolah dengan fasilitas terbatas, karena simulasi dapat diakses secara

gratis melalui perangkat komputer atau smartphone (Mugenzi et al., 2024).

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan PhET mampu meningkatkan motivasi belajar dan pemahaman konsep siswa, khususnya pada topik-topik abstrak dalam Kimia (Palacios Ortega et al., 2024; Mugenzi et al., 2024). Selain itu, PhET juga dianggap sebagai solusi praktis di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium (Sari dkk., 2023).

Namun, di SMA Muhammadiyah Sampit sendiri, pemanfaatan laboratorium virtual seperti PhET masih relatif baru. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui bagaimana persepsi siswa terhadap penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran Kimia. Persepsi siswa perlu dipahami karena akan memengaruhi penerimaan mereka terhadap media ini, serta menentukan keberhasilan implementasi PhET dalam meningkatkan kualitas pembelajaran.

Namun, meskipun banyak penelitian melaporkan efektivitas PhET, belum banyak kajian yang secara khusus mengeksplorasi persepsi siswa terhadap penggunaannya di pembelajaran

Kimia di SMA, khususnya pada sekolah dengan keterbatasan laboratorium. Persepsi siswa penting untuk dipahami karena akan memengaruhi sejauh mana media digital ini diterima dan dimanfaatkan secara optimal dalam proses belajar.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa penggunaan virtual laboratory khususnya PhET Simulation terbukti memberikan dampak positif terhadap pembelajaran kimia. Penelitian Sari dkk. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan virtual lab pada materi larutan penyingga mampu meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa. Rahmawati & Nugroho (2022) juga menemukan bahwa PhET membantu siswa dalam memahami konsep abstrak seperti ikatan kimia. Sementara itu, Putra dkk. (2021) menekankan bahwa PhET efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep kesetimbangan kimia, dan Amelia & Pratiwi (2020) menunjukkan bahwa virtual lab dapat melatih keterampilan proses sains.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengalaman guru dalam mengimplementasikan PhET Virtual Laboratory pada pembelajaran kimia di SMA Muhammadiyah Sampit,

mendeskripsikan persepsi siswa terhadap penggunaan PhET Virtual Laboratory sebagai alternatif praktikum kimia di sekolah dengan keterbatasan sarana laboratorium, dan menggambarkan kelebihan dan kendala penggunaan PhET Virtual Laboratory dalam pembelajaran kimia pada konteks sekolah swasta di daerah.

## **B. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan tujuan memperoleh gambaran mendalam mengenai persepsi siswa terhadap pemanfaatan simulasi virtual PhET dalam pembelajaran kimia di SMA Muhammadiyah Sampit. Subjek penelitian dipilih menggunakan teknik purposive sampling, yaitu siswa yang telah mengikuti pembelajaran kimia berbasis PhET. Proses pengumpulan data dilakukan melalui observasi non-partisipan terhadap aktivitas pembelajaran di kelas, wawancara semi terstruktur kepada siswa dan guru kimia, serta penyebaran angket tertutup dan terbuka untuk menggali respons, pengalaman, dan tingkat penerimaan siswa terhadap penggunaan PhET. Instrumen penelitian dikembangkan berdasarkan

kajian literatur dan divalidasi melalui expert judgment oleh dosen pendidikan kimia dan praktisi pembelajaran. Untuk menjaga keandalan data, dilakukan triangulasi sumber dan metode dengan membandingkan data observasi, wawancara, dan hasil angket.

Analisis data dilakukan secara sistematis menggunakan model Miles dan Huberman, yang meliputi tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Data hasil wawancara ditranskripsi secara verbatim, kemudian dikodekan secara terbuka (open coding) untuk mengidentifikasi tema-tema utama terkait persepsi, kelebihan, dan kendala penggunaan PhET. Data angket dianalisis secara deskriptif melalui perhitungan persentase dan pengelompokan kategori respons siswa. Untuk menjamin keabsahan data, penelitian ini menerapkan uji kredibilitas melalui *member check* (konfirmasi hasil kepada responden), dependabilitas melalui audit trail proses penelitian, serta konfirmabilitas dengan dokumentasi seluruh proses analisis. Dengan prosedur tersebut, hasil penelitian diharapkan memiliki tingkat validitas dan reliabilitas yang

memadai untuk dipublikasikan dalam jurnal ilmiah..

### **C. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

#### **1. Bagaimana persepsi siswa terhadap penggunaan simulasi virtual PhET dalam pembelajaran Kimia?**

Hasil penelitian di SMA Muhammadiyah Sampit menunjukkan bahwa persepsi siswa terhadap pemanfaatan simulasi virtual PhET adalah umumnya positif. Sebagian besar responden melaporkan bahwa penggunaan PhET memudahkan mereka memahami konsep-konsep kimia yang abstrak, khususnya melalui visualisasi interaktif pada tingkat partikel dan hubungan antar-variabel dalam reaksi, sehingga PhET berfungsi sebagai jembatan antara konsep teoretis dan representasi visual. Observasi kelas selama pelaksanaan menunjukkan peningkatan partisipasi aktif. Siswa lebih banyak melakukan eksplorasi, berdiskusi dalam kelompok, dan mengajukan pertanyaan kontekstual sementara responden juga melaporkan peningkatan motivasi dan minat belajar kimia. Namun, kendala implementasi yang dicatat meliputi keterbatasan kepemilikan perangkat,

kualitas jaringan internet yang kurang stabil, dan kebutuhan pendampingan guru pada tahap awal penggunaan, yang berpotensi membatasi efektivitas PhET jika tidak ditangani. Temuan lapangan ini diambil langsung dari data penelitian di SMA Muhammadiyah Sampit.

Temuan bahwa siswa memberi respons positif terhadap PhET sejalan dengan studi sebelumnya yang melaporkan peningkatan sikap dan pembelajaran ketika PhET digunakan dalam kursus kimia lanjutan dan pembelajaran menengah (Salame & Makki, 2021). Pernyataan siswa bahwa PhET membantu memvisualisasikan proses sub-mikroskopik mendukung pengamatan bahwa simulasi interaktif memfasilitasi penghubungan tiga representasi (makroskopik, mikroskopik, simbolik) sehingga mengurangi abstraksi materi kimia.

Kenaikan partisipasi aktif dan dinamika interaksi kelas yang tercatat di penelitian ini konsisten dengan temuan penelitian kuantitatif dan kualitatif yang menunjukkan bahwa PhET mendorong keterlibatan, eksplorasi terbimbing, dan diskusi siswa. Faktor-faktor yang penting dalam pembelajaran berpusat siswa

dan *inquiry based learning*. Sebagai contoh, studi di konteks sekolah menengah menunjukkan PhET meningkatkan aktivitas eksplorasi dan diskusi kelompok selama praktikum virtual (Simbolon, D. H. 2023).

Dampak afektif yaitu meningkatnya minat dan motivasi serta berkurangnya anggapan bahwa kimia “sulit dan membosankan” juga tercatat dalam literatur. Beberapa studi kuasi-eksperimental dan survei melaporkan bahwa penggunaan PhET berkorelasi dengan peningkatan motivasi dan sikap positif terhadap mata pelajaran sains/kimia, terutama ketika simulasi dipadukan dengan strategi pembelajaran yang tepat. Temuan ini memperkuat klaim bahwa PhET bukan hanya alat visual tetapi juga instrumen untuk meningkatkan keterlibatan emosional siswa dalam belajar (Diab, H., et al. 2024).

Meski demikian, kendala infrastruktur dan kebutuhan pendampingan guru juga didukung oleh kajian sistematis dan studi lapangan terkini: efektivitas PhET sangat dipengaruhi kesiapan teknis (perangkat dan koneksi) serta kompetensi pedagogis guru dalam memfasilitasi aktivitas simulasi. Oleh karena itu, implementasi PhET yang

optimal memerlukan intervensi kebijakan sekolah berupa penyediaan perangkat dan pelatihan guru. (Rijessu 2024).

## **2. Apa kelebihan yang dirasakan siswa dalam menggunakan PhET Simulation?**

Siswa dalam penelitian di PhET Simulation menyatakan bahwa mereka merasakan kemudahan dalam memahami konsep-konsep kimia yang abstrak. Mereka merasa bahwa simulasi interaktif membantu memvisualisasikan proses pada tingkat partikel dan hubungan antarvariabel dalam reaksi kimia, sehingga konsep yang sebelumnya sulit menjadi lebih konkret dan dapat dipahami. Selain itu, siswa melaporkan bahwa penggunaan PhET membuat pembelajaran menjadi lebih menarik. Mereka merasa lebih termotivasi dan minat belajar kimia meningkat. Proses belajar juga menjadi lebih aktif: siswa terlibat langsung lewat eksplorasi simulasi, berdiskusi, dan mengajukan pertanyaan menunjukkan bahwa PhET memberi pengalaman belajar yang berbeda dibandingkan metode konvensional. Meski ada kendala seperti perangkat dan jaringan, sebagian besar siswa tetap menilai

PhET sebagai media yang memberi keuntungan nyata bagi pemahaman dan motivasi belajar.

Temuan ini konsisten dengan studi terkini yang menunjukkan bahwa banyak siswa punya persepsi positif terhadap simulasi komputer interaktif (ICS) dalam belajar kimia. Misalnya, penelitian oleh Batamulia., (2024), menemukan bahwa 83 % peserta menyatakan pengalaman belajar mereka membaik dan lebih mudah saat menggunakan simulasi, serta 77 % menunjukkan sikap positif terhadap penggunaannya.

Kelebihan utama yang dirasakan — yaitu kemudahan pemahaman konsep abstrak — sejalan dengan karakteristik PhET sebagai media pembelajaran visual dan interaktif yang memungkinkan siswa melihat konsep kimia secara mikroskopis dan konkret. Hal ini membantu siswa menembatani gap antara teori dan representasi visual, suatu aspek yang krusial terutama pada materi kimia abstrak. Penelitian lain juga melaporkan bahwa penggunaan PhET dalam pembelajaran berbasis inquiry dapat meningkatkan aktivitas siswa serta hasil belajar pada materi kimia, termasuk penguasaan konsep

dan keterampilan laboratorium virtual (Warsiki, A.A.P. 2023).

Lebih jauh, aspek motivasi dan minat belajar yang meningkat menunjukkan bahwa PhET bukan hanya media pengganti laboratorium fisik, tetapi juga alat pedagogis yang mendukung pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa (student-centered) dan pembelajaran aktif. Dengan memungkinkan eksplorasi mandiri, simulasi berulang tanpa risiko bahan kimia, dan visualisasi proses yang dinamis, PhET membantu mengubah persepsi siswa bahwa kimia sulit dan membosankan, menjadi lebih menarik dan dapat dipahami. Ini penting dalam konteks pembelajaran kimia di sekolah yang fasilitas lab-nya terbatas. Namun, literatur juga menekankan bahwa efektivitas PhET dipengaruhi kesiapan infrastruktur (komputer, koneksi) serta pendampingan guru, sehingga perlu strategi implementasi yang matang untuk memaksimalkan manfaat (Warsiki, A.A.P. 2023).

### **3. Apa kendala yang dihadapi siswa dalam penggunaan PhET Simulation?**

Dalam penelitian di SMA Muhammadiyah Sampit, siswa

melaporkan beberapa kendala utama saat menggunakan PhET Simulation. Kendala yang paling sering disebutkan adalah keterbatasan kepemilikan perangkat, tidak semua siswa memiliki laptop/smartphone yang memadai, kualitas jaringan internet yang tidak stabil, dan kebutuhan pendampingan/guidance dari guru pada tahap awal agar siswa dapat menggunakan simulasi secara efektif. Beberapa siswa juga menyatakan adanya masalah kompatibilitas perangkat dan kesulitan teknis ringan saat mengoperasikan simulasi. Kendala-kendala ini berpotensi mengurangi frekuensi pemanfaatan PhET dan menurunkan efektivitasnya sebagai alternatif praktikum di sekolah yang kekurangan fasilitas laboratorium.

Temuan kendala infrastruktur termasuk akses perangkat dan kestabilan koneksi sering muncul dalam literatur terkini sebagai hambatan utama implementasi PhET di konteks pendidikan menengah dan dasar. Beberapa studi lapangan melaporkan masalah kompatibilitas perangkat dan koneksi yang secara langsung membatasi kemampuan siswa untuk mengakses

simulasi secara lancer (Nguyen, T. 2024).

Kendala jaringan dan keterbatasan akses listrik atau offline access juga dicatat secara konsisten: studi di berbagai konteks menekankan bahwa tanpa solusi untuk koneksi. Pemanfaatan PhET menjadi tidak merata dan bergantung pada kesiapan infrastruktur lokal. Hal ini menguatkan temuan lapangan bahwa kualitas internet merupakan faktor pembatas yang kritis (Mutende, R.A. 2025).

Selain infrastruktur, kebutuhan akan pendampingan guru dan kapasitas pedagogis menjadi hambatan non-teknis yang penting. Literatur menunjukkan bahwa guru memerlukan pelatihan untuk mengintegrasikan PhET ke dalam skenario pembelajaran sehingga simulasi tidak hanya menjadi demo pasif tetapi memicu pembelajaran aktif. Tanpa bimbingan awal yang memadai, beberapa siswa mengalami kebingungan saat menafsirkan hasil simulasi atau menghubungkannya dengan konsep teoretis (Herseptianingrum, R. et al., 2023).

Studi lain juga menyoroti hambatan teknis tambahan seperti kompatibilitas browser/OS, ukuran

file/kecepatan muat, dan kebutuhan penyimpanan yang walaupun tampak sepele, dapat menimbulkan friksi signifikan dalam pelaksanaan kelas yang bergantung pada waktu pelajaran terbatas. Rekomendasi dari literatur menekankan solusi pragmatis berupa penyediaan perangkat bersama, penggunaan mode offline atau pengunduhan simulasi, perencanaan pedagogis yang mencakup tutorial singkat, dan program pelatihan guru untuk mengurangi hambatan adopsi.

## **E. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan simulasi virtual PhET dalam pembelajaran kimia di SMA Muhammadiyah Sampit memberikan dampak positif terhadap proses belajar siswa. Siswa menunjukkan persepsi yang baik karena PhET mampu membantu memvisualisasikan konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak, meningkatkan motivasi belajar, serta memberikan pengalaman praktikum yang lebih aman dan fleksibel dibandingkan praktikum konvensional. Meskipun demikian, pemanfaatan PhET belum

sepenuhnya optimal karena masih ditemui kendala seperti keterbatasan akses perangkat, kualitas jaringan internet yang kurang stabil, serta perlunya pendampingan guru dalam penggunaan simulasi. Oleh karena itu, keberhasilan implementasi PhET sangat dipengaruhi oleh kesiapan sarana pendukung dan kompetensi guru dalam mengelola pembelajaran berbasis teknologi.

Disarankan agar pihak sekolah meningkatkan ketersediaan sarana teknologi seperti perangkat komputer dan akses internet yang memadai untuk mendukung penggunaan simulasi virtual dalam pembelajaran. Guru diharapkan dapat memperoleh pelatihan terkait pemanfaatan media pembelajaran digital, khususnya simulasi PhET, agar penggunaannya lebih optimal. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji efektivitas penggunaan PhET secara kuantitatif terhadap hasil belajar siswa, membandingkan penggunaan PhET dengan praktikum konvensional, serta mengeksplorasi penggunaannya pada materi kimia lainnya dan pada jenjang pendidikan yang berbeda.

---

#### **DAFTAR PUSTAKA**

---

- Amelia, R., & Pratiwi, D. (2020). Pengaruh penggunaan virtual laboratory terhadap keterampilan proses sains siswa pada pembelajaran kimia. *Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 123–132.
- Batamuliza, J., Habinshuti, G. & Nkurunziza, J.B. 2024. Students' perceptions towards the use of computer simulations in teaching and learning of chemistry in lower secondary schools. *Chemistry Teacher International*, 6(3).
- Diab, H. et al. 2024. Transforming Science Education in Elementary Schools: Impact of Simulations with focus on PhET. *Digital Education* (MDPI).
- Herseptianingrum, R. et al., 2023. Improving Teacher Skills for Virtual Practicum Implementation in Semarang City Schools. *Jurnal Pendidikan (Walisongo)*.
- Mutende, R.A. 2025, Influence of teacher engagement with PhET simulations on learner engagement and conceptual understanding in science, *OSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, vol. 15, no. 3, ser. 6, pp. 18–26. doi: 10.9790/7388-1503061826.
- Nguyen, T. & Nguyen, T. 2024, 'Challenges faced by students when using PhET simulations in science education: a case study in Hai Phong City', *GPH-International Journal of Educational Research*, 7(8), pp. 32–47. doi: 10.5281/zenodo.13729257.
- Putra, A., Suryani, L., & Handayani, D. (2021). Efektivitas penggunaan PhET simulation dalam

- pembelajaran kesetimbangan kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 13(1), 45–56.
- Rahmawati, S., & Nugroho, A. (2022). Implementasi PhET simulation untuk meningkatkan pemahaman konsep ikatan kimia. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 6(2), 78–87.
- Rijessu. 2024. Role of PhET Interactive Simulation as Virtual Technology that Facilitates Learning of Chemistry: A Systematic Review.
- Salame, I.I. & Makki, J. 2021. Examining the Use of PhET Simulations on Students' Attitudes and Learning in General Chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), e2247.
- Simbolon, D.H. 2023. Virtual Laboratory-Based Physics Learning “PhET Simulation...”. *Jurnal Ilmiah Undiksha*.
- Sari, M., Wulandari, E., & Hidayat, R. (2023). Pemanfaatan virtual laboratory pada pembelajaran larutan penyanga di SMA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(1), 55–66.
- Warsiki, A.A.P. 2023. PhET Interactive Simulations berbasis inquiry terbimbing untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar kimia pada materi asam-basa. *Indonesian Journal of Instruction*, 4(2), pp.133–140.