

Pemberdayaan Guru MGMP Kimia Sumenep melalui Edukit dan PhET untuk Pembelajaran Bermakna

Munzil*, Aman Santoso, Sumari, Muntholib, Nur Indah Agustina, Nurin Fitriana

Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang; Jalan Semarang Nomor 5 Malang

*Corresponding email: munzil.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan memberdayakan guru MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep melalui Edukit berbasis PhET Interactive Simulator untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kimia submikroskopik, yang sering menjadi tantangan dalam memahami konsep abstrak. Program ini mengadopsi pendekatan penyuluhan dan pelatihan, memberikan materi serta praktik langsung penggunaan PhET dan SiPERU, sehingga guru mampu mengintegrasikan teknologi secara optimal dalam pembelajaran digital. Hasil survei menunjukkan bahwa 72,5% dari 51 responden menilai PhET dan SiPERU sangat mudah digunakan (skor 5), 25,5% memberi skor 4, dan hanya 2% memberi skor 3, tanpa skor di bawah itu. Mayoritas guru merasa media ini sangat membantu dalam mempermudah pembelajaran kimia. Selain itu, survei kualitas penyampaian materi oleh narasumber menunjukkan 80,4% responden memberikan skor 5 dan 19,6% skor 4, mengindikasikan penyampaian yang sangat efektif. Program ini berhasil meningkatkan kompetensi guru dalam menyampaikan konsep submikroskopik melalui media digital, sekaligus meningkatkan kepercayaan diri mereka dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran. Dampak positif lainnya adalah terciptanya modul ajar berbasis media digital, memperkuat pendekatan pembelajaran sepanjang hayat, dan menjawab tantangan pendidikan modern. Program ini memiliki potensi untuk diperluas melalui pendampingan berkelanjutan dan kolaborasi lebih luas dengan berbagai pihak untuk memastikan dampak yang lebih signifikan dan berkelanjutan.

Kata kunci— MGMP, PhET, SiPERU, Pembelajaran Sepanjang Hayat

Abstract

This study aimed to empower chemistry teachers in the Subject Teachers' Forum (MGMP) of Sumenep Regency through the implementation of a chemistry teaching toolkit based on the PhET Interactive Simulator. The program focused on enhancing the quality of submicroscopic-level chemistry teaching, which often presents challenges in understanding abstract concepts. The initiative employed a combination of workshops and training sessions, providing materials and hands-on practice with PhET and SiPERU to enable teachers to integrate technology optimally into digital learning. Survey results indicated that 72.5% of 51 respondents rated PhET and SiPERU as very easy to use (score 5), 25.5% gave a score of 4, and only 2% assigned a score of 3, with no scores below 3. The majority of teachers found these tools highly effective in facilitating the teaching of chemistry. Furthermore, a survey on the effectiveness of the trainers showed that 80.4% of respondents gave the highest score (5) for clarity and ease of understanding, while 19.6% rated them with a score of 4, reflecting highly effective delivery. This program successfully improved teachers' competence in conveying submicroscopic concepts through digital media while boosting their confidence in integrating technology into instruction. Additional positive outcomes included the development of digital teaching modules, strengthening lifelong learning approaches, and addressing modern educational challenges. The program holds potential for expansion through ongoing support and broader collaborations to ensure more significant and sustainable impacts.

Keywords— MGMP, PhET, SiPERU, Life Long Learning

1. PENDAHULUAN

MGMP (Musyawarah Guru Mata Pelajaran) Kimia Kabupaten Sumenep adalah forum yang terdiri dari para guru kimia dari berbagai sekolah di wilayah tersebut. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan kualitas pengajaran kimia di

Kabupaten Sumenep melalui berbagai kegiatan, seperti diskusi, pelatihan, workshop, dan berbagi pengalaman antaranggota. Meskipun menghadapi tantangan dalam hal fasilitas dan sumber daya, MGMP Kimia Sumenep berupaya keras untuk meningkatkan kompetensi guru dan mengembangkan metode pengajaran yang inovatif. Melalui kolaborasi

antaranggota, forum ini berusaha menjadi agen perubahan yang dapat mengatasi permasalahan dalam pendidikan kimia di daerah tersebut dan mendorong peningkatan prestasi siswa (Fatmawati et al., 2020; Lay & Osman, 2018).

Namun, Kabupaten Sumenep menghadapi tantangan besar dalam meningkatkan kualitas pendidikan kimia, yang tercermin dari kurangnya fasilitas memadai dan minimnya pengembangan media pembelajaran terbaru. Hal ini berdampak pada rendahnya minat dan pemahaman siswa terhadap materi kimia, terutama konsep-konsep yang bersifat abstrak dan submikroskopik. Kesulitan yang dihadapi guru dalam mengajarkan materi ini dipengaruhi oleh keterbatasan media pembelajaran yang dapat memvisualisasikan konsep-konsep kimia tersebut. Akibatnya, banyak siswa yang menganggap kimia sebagai mata pelajaran yang sulit dipahami (Guci et al., 2018). Oleh karena itu, pemberdayaan guru melalui penggunaan Edukit dan PhET Interactive Simulators menjadi solusi penting untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kimia di daerah ini.

Program implementasi Edukit yang berbantuan PhET Interactive Simulator memberikan kesempatan bagi guru-guru MGMP Kimia di Kabupaten Sumenep untuk memperoleh pengetahuan dan alat yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas pengajaran mereka, bahkan di daerah yang terpencil sekalipun. Teknologi pendidikan yang berbasis simulasi ini membantu visualisasi konsep-konsep kimia, sehingga membuat pembelajaran lebih menarik dan mudah dipahami oleh siswa. Selain itu, pendekatan ini juga mendorong penerapan pembelajaran sepanjang hayat, yang sangat penting dalam meningkatkan kualitas hidup dan potensi ekonomi masyarakat di masa depan (Almazroa & Alotaibi, 2023). Dengan melibatkan teknologi seperti PhET, guru dapat menyajikan pembelajaran kimia yang lebih menarik dan efektif.

Alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh mitra secara sistematis termasuk pelatihan berbasis media pembelajaran digital dan pengembangan Edukit yang berbantuan PhET Interactive Simulators. Program ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan pelatihan guru dalam menggunakan teknologi dan media pembelajaran terkini. Dengan solusi ini, para guru tidak hanya dapat memperkenalkan konsep-konsep kimia tingkat submikroskopik kepada siswa, tetapi juga meningkatkan kualitas pembelajaran secara keseluruhan di Kabupaten Sumenep (Moore et al., 2014; Perkins et al., 2006).

Pernyataan masalah dalam penelitian ini terkait dengan kesulitan dalam mengajarkan materi kimia submikroskopik, yang sering kali tidak dapat dipahami tanpa media visual yang memadai.

Berdasarkan penelitian Sani (2022), sekitar 65% guru kimia di Indonesia mengaku kesulitan mengajarkan materi ini tanpa bantuan media. PhET Interactive Simulator dapat membantu visualisasi konsep-konsep kimia tersebut, dan penelitian Rahayu (2023) menunjukkan bahwa 78% guru yang menggunakan PhET melaporkan adanya peningkatan pemahaman siswa. Namun, meskipun teknologi ini memiliki potensi besar, penggunaan teknologi di Kabupaten Sumenep masih terbatas. Survei menunjukkan bahwa hanya 45% guru yang menggunakan teknologi dalam pengajaran mereka, sementara sebagian besar guru tidak memiliki akses penuh terhadap perangkat yang memadai (Moore et al., 2014). Oleh karena itu, pelatihan dan pemberdayaan guru sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas pengajaran kimia di daerah ini.

Berdasarkan permasalahan ini, program "Pemberdayaan Guru MGMP Kimia Se Kabupaten Sumenep Melalui Implementasi Edukit Pembelajaran Kimia Materi Level Submikroskopik Berbantuan PhET Interactive Simulator untuk Strategi Pembelajaran Sepanjang Hayat" diharapkan dapat memberikan solusi yang tepat guna mengatasi masalah tersebut. Program ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi kimia, tetapi juga untuk mempersiapkan mereka menghadapi perkembangan pendidikan yang terus berubah dan memastikan kualitas pendidikan kimia yang berkelanjutan di Kabupaten Sumenep (Perkins et al., 2006; Rahayu, 2023).

2. METODE

Upaya realisasi program untuk mengatasi permasalahan mitra berupa bidang pendidikan dan sosial, program ini dilaksanakan menggunakan metode pelaksanaan secara terstruktur dan sistematis yang diuraikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Pelaksanaan Program

Tahapan Metode Pelaksanaan

Tahapan metode pelaksanaan meliputi: Pertama adalah studi pendahuluan dan analisis kebutuhan. Dilakukan untuk memahami latar

belakang, kebutuhan, dan tantangan yang dihadapi oleh guru MGMP Kimia di Kabupaten Sumenep terkait dengan kesulitan mengajarkan materi kimia level submikroskopik. Identifikasi kebutuhan yang spesifik dan potensi penggunaan teknologi PhET untuk mendukung pembinaan pengajaran mitra.

Kedua, pengembangan Edukit berbasis PhET. Dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik pengguna, dalam hal ini adalah guru MGMP Kimia Kabupaten Sumenep. KIT ini harus mencakup berbagai sumber daya, modul pembelajaran, serta interaksi yang dapat meningkatkan pemahaman mereka tentang kimia level sub mikroskopik dan life skill.

Ketiga, Pembentukan Kader Program. Sebagai pusat pembinaan materi kimia level submikroskopik yang berbasis pada pembelajaran sepanjang hayat. Pembentukan kader memiliki peran sangat penting sebagai upaya keberlanjutan program. Keempat adalah Sosialisasi, Pelatihan, dan Pendampingan Implementasi Edukit Berbasis PhET. Pendampingan dan pembinaan secara berkala kepada peserta dalam mengembangkan media hingga mengimplementasikan media secara mandiri.

Kelima adalah Implementasi Program. Penerapan edukit berbasis PhET sebagai kerangka pembelajaran utama dalam mengajarkan materi level sub mikroskopik yang tidak dapat dilihat secara langsung. Terakhir, Pengembangan Jaringan dan Kolaborasi, Monitoring, Evaluasi, dan Pelaporan. Upaya pengembangan jaringan dan kolaborasi sangat penting untuk keberlanjutan program. Pelaksanaan monitoring dan evaluasi secara berkala terhadap kemajuan peserta dalam mengembangkan keterampilan pengembangan media berbasis teknologi. Serta penyusunan laporan yang mencakup pencapaian dan rekomendasi untuk perbaikan lebih lanjut.

Partisipasi/Kontribusi Mitra

Kontribusi mitra (pengurus MGMP Kimia se Kabupaten Sumenep) melalui Penerapan edukit berbasis PhET sebagai pusat pembinaan pembinaan pengajaran interaktif khususnya pada materi sulit kimia berbasis level sub-mikroskopik yaitu:

1. Memfasilitasi tempat saat tim pelaksana melaksanakan program pengabdian disana.
2. Kesiadaan pengurusMGMP untuk dilatih implementasi media PhET dan sistem pembelajaran sepanjang hayat.
3. Kesiadaan menjalin kerjasama secara lebih luas kepada berbagai pihak yang mendukung realisasi program dan keberlanjutannya.

Evaluasi Pelaksanaan Program dan Keberlanjutan Program Setelah KegiatanPengabdian Selesai Dilaksanakan

Evaluasi pelaksanaan program dilakukan dengan diskusi bersama setelah pelaksanaan program, penyebaran kuesioner kepada murid dan tenaga pendidik wawancara mendalam, dan testimoni mitra. Sedangkan keberlanjutan program dilakukan dengan upaya: (1) pemberian hibah modul dan media edukit diperkaya media PhET berbasis pembelajaran sepanjang hayat agar mitra dapat melanjutkan program secara maksimal, (2) pelatihan dan pendampingan ke tenaga pendidik sebagai kader yang nantinya melanjutkan program ini, (3) pembentukan struktur kaderisasi untuk pembagian penanggung jawab disetiap program sehingga program dapat berlanjut secara terstruktur, (4) pembuatan diversifikasi edukit sebagai wujud keberlanjutan program, dan (5) pengadaan kerjasama bersama stakeholder terkait untuk mendukung keberlanjutan program.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian Pelaksanaan Program untuk Mengatasi Permasalahan Mitra

Studi pendahuluan dan koordinasi bersama mitra dilakukan oleh tim dan pengurus inti MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep yang terdiri dari Pengasuh, Ketua, dan Sekrretaris MGMP Kimia. Selain itu, tim pengabdian juga membuat google form untuk mengetahui kebutuhan dan tingkat kondisi mitra.



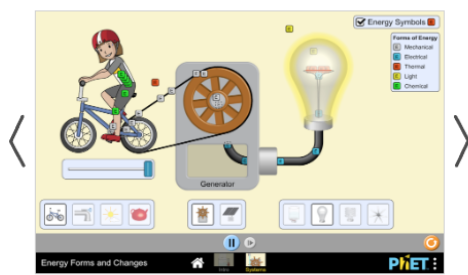
Gambar 2. Studi Pendahuluan dan Koordinasi Awal Mitra

Tujuan dari studi pendahuluan dan koordinasi ini adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan, merencanakan langkah strategis, dan memastikan keselarasan program antara tim pelaksana dan pengurus inti MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep, guna mendukung efektivitas implementasi program peningkatan kualitas pembelajaran kimia.

Pengembangan Media Pemberdayaan Mitra

Media yang dikembangkan untuk memberdayakan MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep terdiri dari PhET dan SiPERU. Kedua media ini dirancang untuk membantu guru dalam mengajarkan materi kimia pada level submikroskopik.

Bentuk dan Perubahan Energi



Gambar 3. PhET dan SiPERU Sebagai Media Pemberdayaan

PhET menyediakan simulasi interaktif yang memudahkan visualisasi konsep abstrak, sedangkan SiPERU merupakan media pendukung yang turut memperkuat pemahaman guru dalam mengajar materi tersebut secara lebih efektif.

Pelaksanaan Pemberdayaan Bersama Mitra

Pelaksanaan pemberdayaan bersama mitra MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep dilakukan melalui beberapa tahapan yang dirancang untuk meningkatkan kapasitas guru dalam mengajarkan materi kimia pada level submikroskopik.

a. Penyampaian Pentingnya Implementasi Teknologi di Abad-21. Tahap pertama adalah

memberikan pemahaman kepada para guru mengenai pentingnya memanfaatkan teknologi dalam proses pembelajaran, terutama di era abad-21. Dalam tahap ini, guru-guru diajak untuk menyadari bahwa teknologi bukan hanya mempermudah pengajaran, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar siswa melalui metode yang lebih interaktif dan menarik.



Gambar 4. Penyampaian Pentingnya Implementasi Teknologi di Abad-21

b. Tips Mengajar pada Level Mikroskopik
Tahap berikutnya fokus pada pemberian tips dan strategi untuk mengajar materi kimia pada level submikroskopik, yang seringkali dianggap abstrak dan sulit dipahami oleh siswa. Dalam tahap ini, guru diberikan panduan tentang cara menyusun bahan ajar yang efektif dan menarik, serta teknik-teknik pengajaran yang dapat membantu siswa memahami konsep submikroskopik dengan lebih baik.



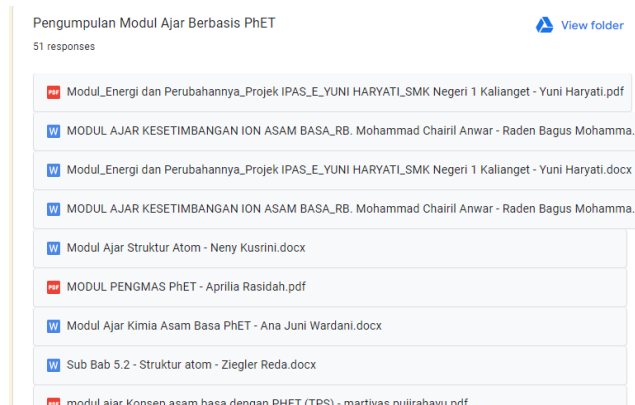
Gambar 5. Tips Mengajar pada Level Mikroskopik

c. Tutorial Pengaplikasian PhET dan SiPERU
Tahap terakhir adalah pelatihan praktis tentang cara menggunakan media PhET dan SiPERU. PhET adalah simulator interaktif yang memungkinkan guru dan siswa untuk melihat dan memahami konsep kimia pada level submikroskopik melalui visualisasi yang realistis. Sementara itu, SiPERU adalah platform yang dapat digunakan baik secara online maupun offline, mendukung guru dalam menyiapkan materi ajar yang terstruktur dan mudah diakses. Pada tutorial ini, guru diberikan panduan langkah demi langkah tentang cara

mengoperasikan kedua media tersebut dan mengintegrasikannya ke dalam proses pembelajaran sehari-hari.

Dampak Program

Pelaksanaan program pemberdayaan ini memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan pemahaman guru-guru MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep mengenai materi kimia pada level submikroskopik, serta menghasilkan modul ajar yang dapat digunakan secara konkret. Melalui pelatihan intensif, guru-guru tidak hanya meningkatkan keterampilan mereka dalam menggunakan media PhET dan SiPERU, tetapi juga memperdalam pemahaman mereka tentang konsep kimia submikroskopik yang sebelumnya sulit diajarkan. Hasilnya, guru dapat menjelaskan materi dengan lebih efektif, sehingga siswa lebih mudah memahami konsep abstrak. Selain itu, program ini menghasilkan modul ajar yang mencakup panduan pengajaran dan langkah-langkah penggunaan PhET dan SiPERU, yang mempermudah guru dalam mengajar dan memastikan konsistensi serta efektivitas materi yang disampaikan di seluruh sekolah yang berpartisipasi.



Gambar 6. Output Modul Ajar Karya Mitra

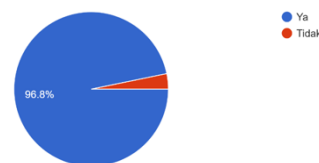
Tingkat Pemahaman Guru MGMP Kimia Se-Kabupaten Sumenep Terhadap Materi Kimia Level Submikroskopik

Sebelum Penerapan Program Pemberdayaan Edukit berbantuan PhET. Sebelum penerapan program pemberdayaan ini, tingkat pemahaman guru-guru MGMP (Musyawarah Guru Mata Pelajaran) Kimia se-Kabupaten Sumenep terhadap materi kimia pada level submikroskopik cenderung kurang optimal. Banyak guru yang mengalami kesulitan dalam mengajarkan konsep-konsep submikroskopik karena sifatnya yang abstrak dan sulit divisualisasikan. Akibatnya, pembelajaran di kelas sering kali hanya berfokus pada aspek makroskopik dan simbolik, dengan pemahaman submikroskopik yang terbatas.

Gambar 7 menunjukkan hasil survei terhadap 31 responden mengenai kesulitan yang mereka hadapi dalam mengajar materi kimia yang bersifat

submikroskopik. Sebagian besar responden, yaitu 96,8%, mengaku mengalami kesulitan dalam mengajarkan konsep-konsep tersebut. Hanya sebagian kecil responden, sekitar 3,2%, yang tidak mengalami kesulitan. Data ini menunjukkan bahwa mayoritas guru memang memerlukan dukungan tambahan, seperti program pemberdayaan yang menggunakan alat bantu interaktif, untuk membantu mereka mengajarkan materi kimia submikroskopik secara efektif. Sesudah Penerapan Program Pemberdayaan Edukit berbantuan PhET

Apakah Anda selama ini mengalami kesulitan dalam mengajar materi kimia yang bersifat sub-mikroskopik?
31 responses



Gambar 7. Tingkat Kesulitan Guru Kimia terhadap Materi Level Sub-Mikroskopik



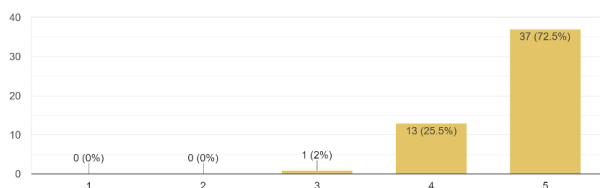
Gambar 8. Pasca Penerapan Program Pemberdayaan

Setelah penerapan Program Pemberdayaan Edukit yang berbantuan PhET Interactive Simulator, terjadi peningkatan yang signifikan dalam tingkat pemahaman guru-guru MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep terhadap materi kimia level submikroskopik. PhET Interactive Simulator membantu guru untuk lebih mudah memahami dan menjelaskan konsep-konsep submikroskopik melalui visualisasi interaktif yang mendalam. Program ini juga mendorong pembelajaran yang lebih aktif dan partisipatif, sehingga guru mampu mengembangkan metode pengajaran yang lebih efektif dan meningkatkan kualitas pembelajaran di kelas.

Selain itu, hasil kebermanfaat media program terlihat pada grafik ini menunjukkan hasil survei terhadap 51 responden mengenai kemudahan media PhET dan SiPERU dalam menjelaskan pembelajaran kimia pada level submikroskopik. Sebanyak 72,5% responden menilai penggunaan media ini sangat mudah (skor 5), dan 25,5% responden memberikan skor 4. Hanya 2% responden yang memberikan skor 3, sementara tidak ada responden yang memberi nilai 1 atau 2. Ini menunjukkan bahwa mayoritas guru

merasa bahwa PhET dan SiPERU sangat membantu dalam memudahkan pembelajaran kimia pada level submikroskopik.

Kemudahan media PhET dan SiPERU diaplikasikan dalam menjelaskan pembelajaran kimia level submikroskopik
51 responses

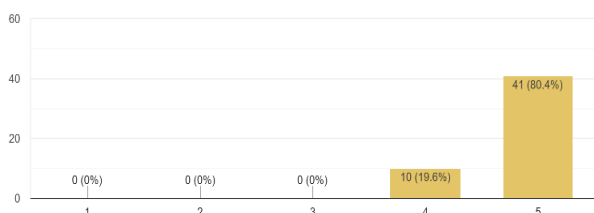


Gambar 9. Grafik Kebermanfaatan Program

Mengukur keefektifan pelaksanaan program melalui testimoni serangkaian program oleh guru MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep

Keefektifan pelaksanaan program diukur melalui testimoni dari guru-guru MGMP Kimia se-Kabupaten Sumenep, yang memberikan umpan balik mengenai pengalaman mereka selama mengikuti serangkaian program pemberdayaan ini. Testimoni ini membantu menilai sejauh mana program berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru dalam mengajarkan kimia pada level submikroskopik.

Kemudahan narasumber pengabdian dalam menjelaskan materi tentang pembelajaran digital masa kini
51 responses



Gambar 10. Keefektifan Penyampaian Pelaksanaan Program

Gambar 10 menunjukkan hasil survei terhadap 51 responden mengenai kemudahan narasumber dalam menjelaskan materi tentang pembelajaran digital masa kini. Sebanyak 80,4% responden memberikan skor tertinggi (5), menunjukkan bahwa mayoritas merasa narasumber sangat jelas dan mudah dipahami. Sebanyak 19,6% responden memberikan skor 4, sedangkan tidak ada responden yang memberikan skor di bawah itu. Ini menunjukkan bahwa narasumber dianggap sangat efektif dalam menyampaikan materi terkait pembelajaran digital. Kemudian responden menyatakan bahwa program ini sangat bermanfaat, terutama dalam meningkatkan pengetahuan dan kompetensi guru terkait pembelajaran digital yang interaktif di kelas. Mereka

merasa terbantu dalam mengoptimalkan pembelajaran dan melihat program ini sebagai inspirasi untuk meningkatkan kualitas pendidikan, baik di sekolah maupun di institusi lainnya. Selain itu, beberapa responden juga mengapresiasi dukungan yang diberikan untuk pengembangan produk berbasis kimia dan kegiatan lomba.

4. SIMPULAN

Program "Pemberdayaan Guru MGMP Kimia Se-Kabupaten Sumenep" melalui Edukit berbantuan PhET Interactive Simulator berhasil meningkatkan kompetensi guru dalam mengajarkan konsep kimia submikroskopik, dengan 72,5% peserta menyatakan media ini sangat membantu. Program ini mendorong pengembangan modul ajar digital, integrasi teknologi, dan pengajaran interaktif berbasis abad ke-21. Kelebihan program meliputi efektivitas PhET dalam memvisualisasikan konsep abstrak dan kaderisasi untuk keberlanjutan. Kekurangannya adalah cakupan wilayah yang terbatas dan perlunya pendampingan lanjutan. Pengembangan program selanjutnya dapat mencakup perluasan wilayah, platform berbagi antar-guru, dan perangkat ajar adaptif untuk memperkuat dampak secara nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Negeri Malang yang telah mendanai penelitian ini, serta kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyediaan data dan pelaksanaan program. Dukungan dari mitra dan tim pelaksana serta semua pihak yang terlibat sangat berarti dalam menyelesaikan program ini. Semoga program ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi pengembangan pendidikan di madrasah.

DAFTAR RUJUKAN

- Almazroa, H., & Alotaibi, W. (2023). Teaching 21st century skills: Understanding the depth and width of the challenges to shape proactive teacher education programmes. *Sustainability*, 15(9), 7365.
- Fatmawati, F., Hasbi, H., & Nurdin, K. (2020). Dampak implementasi manajemen Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) IPS terhadap profesionalitas guru SMP Negeri di Palopo. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 9(3), 369–383.
- Guci, S. R. F., Zainul, R., & Azhar, M. (2018). Pengembangan media pembelajaran berbasis tiga level representasi menggunakan Prezi

pada materi kesetimbangan kimia kelas XI SMA/MA.

- Lay, A.-N., & Osman, K. (2018). Developing 21st century chemistry learning through designing digital games. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 4(1), 81–92.
- Moore, E. B., Perkins, K., Lancaster, K., & Lopez, R. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191–1197.
- Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., & Wieman, C. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, 44(1), 18–23.
- Rahmi, C., Mujakir, M., & Febriani, P. (2021). Kemampuan representasi submikroskopik siswa pada konsep ikatan kimia. *Lantanida Journal*, 9(1), 498272.
- Wrahatnolo, T. (2018). 21st century skill implication on educational system. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (p. 12036). IOP Publishing.