PELATIHAN PENGUATAN BAHAN AJAR SEL BAHAN BAKAR MEMBRAN PEMFC MENGGUNAKAN MEDIA POSTER

Afrizal[1)], Roni Adi Wijaya[2)], Hayyun Lisdiana[2)], Setria Majuita[3)], Shabrina[3)]

[1,3]Program Studi S2 Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta
[2]Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta
Rawamangun Muka, Pulogadung, Jakarta Timur, 13220, Indonesia

E-mail : setriamajuita@gmail.com

Abstract

Hydrogen fuel represents a compelling subject for chemistry instruction and requires an appropriate strategy to make its concepts more accessible and stimulating. To address this need, a Community Service (P2M) program was organized for chemistry teachers affiliated with the East Jakarta Chemistry Teachers' Working Group (MGMP) on July 29, 2026. The program was delivered as an intensive one-day workshop incorporating conceptual sessions, hands-on activities, group discussions, and evaluation. The outcomes indicated notable gains in teachers' conceptual grasp and practical proficiency in employing hydrogen fuel cell technology as an instructional medium. The initiative is expected to encourage teachers to integrate renewable-energy innovations into chemistry learning while contributing to better student achievement in academic assessment.

Keywords: *renewable energy literacy, teacher training, PEM fuel cells, chemistry education*

Abstrak

Bahan bakar hidrogen merupakan topik yang menarik untuk pembelajaran kimia dan memerlukan strategi yang tepat agar konsep-konsepnya lebih mudah dipahami serta lebih menggugah minat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sebuah program Pengabdian kepada Masyarakat (P2M) diselenggarakan bagi para guru kimia yang tergabung dalam Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Kimia Jakarta Timur pada tanggal 29 Juli 2026. Program ini dilaksanakan dalam bentuk lokakarya intensif selama satu hari yang mencakup sesi pemaparan konsep, kegiatan praktik langsung, diskusi kelompok, dan evaluasi. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam pemahaman konseptual maupun keterampilan praktis para guru dalam memanfaatkan teknologi sel bahan bakar hidrogen sebagai media pembelajaran. Inisiatif ini diharapkan dapat mendorong para guru untuk mengintegrasikan inovasi energi terbarukan ke dalam pembelajaran kimia, sekaligus berkontribusi pada peningkatan prestasi siswa dalam penilaian akademik.

Kata kunci: literasi energi terbarukan, pelatihan guru, PEM Fuel cells, pendidikan kimia

PENDAHULUAN

Pengetahuan mengenai Bahan Bakar Hidrogen (BBH) di lingkungan pendidikan maupun masyarakat masih belum merata, termasuk pada kalangan guru dan peserta didik. Padahal, bahasan ini dapat disisipkan sebagai materi pengayaan dalam pembelajaran kimia sekaligus dijadikan wahana pembelajaran yang lebih kontekstual. Atas dasar itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat diarahkan untuk memperluas penguasaan guru

Kimia terhadap konsep BBH (Purwanto, n.d, 2025; Purnawati & Sulistiyasni, 2023). Sasaran kegiatan ialah guru Kimia yang tergabung dalam MGMP Kimia Jakarta Timur, sebuah forum yang berfungsi sebagai ruang bertukar pengalaman, memperkuat kompetensi, serta merancang pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif (Fadhilah et al., 2023; Imawan & Yasir, 2024).

BBH menjadikan hidrogen sebagai pembawa energi dan memiliki prospek sebagai alternatif energi yang lebih bersih karena penggunaannya berpotensi menekan pelepasan gas rumah kaca. Selain bercirikan emisi yang rendah, teknologi ini menawarkan efisiensi energi yang baik, dengan bahan baku hidrogen yang dapat diperoleh dari air, biomassa, maupun gas alam. Meski demikian, pemanfaatannya masih berhadapan dengan persoalan efisiensi teknologi dan ongkos produksi yang perlu ditekan melalui pengembangan serta penelitian lanjutan (Murti & Pratomo, 2022; Alhamzani & Ibrohim Burhan, n.d.).

Dalam penerapannya di kelas, guru masih berhadapan dengan keterbatasan bahan pendukung, kerumitan memasukkan materi sel bahan bakar hidrogen ke dalam kurikulum, serta minimnya kesempatan pelatihan. Berbagai upaya dapat ditempuh, antara lain melalui pelatihan dan workshop, seminar, penyesuaian kurikulum, penyediaan buku teks dan artikel, pemanfaatan video maupun animasi, penggunaan perangkat simulasi, penguatan dukungan sekolah, serta jejaring dengan pakar dan sesama guru. Berdasarkan kebutuhan tersebut, pelatihan pembuatan model sel bahan bakar hidrogen berbasis PEMFC bagi guru MGMP Kimia Jakarta Timur menjadi relevan untuk dilaksanakan. Model yang dihasilkan selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai perangkat pengayaan untuk memperjelas materi kimia di sekolah.

METODE PENELITIAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PkM) berupa pelatihan ini diselenggarakan pada 29 Juli 2026 dengan guru-guru Kimia yang tergabung dalam MGMP Kimia Jakarta Timur, Provinsi DKI Jakarta, sebagai kelompok sasaran. Program ini diarahkan untuk mengasah kecakapan guru dalam merancang model sel bahan bakar hidrogen. Pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh diharapkan tidak berhenti pada peserta, tetapi dapat diteruskan kepada guru bidang studi lain sebagai alternatif dalam menghadirkan perangkat yang lebih atraktif untuk mengevaluasi capaian belajar siswa. Sebagai bagian dari keberlanjutan program, peserta yang telah mengikuti pelatihan

diharapkan mampu berperan sebagai tutor sebaya bagi peserta pada angkatan berikutnya. Jumlah peserta yang ditargetkan dalam kegiatan ini adalah 50 guru Kimia MGMP Kimia Jakarta Timur, Provinsi DKI Jakarta.

Rangkaian pelatihan ditempuh melalui tiga fase. Fase pertama berupa pendahuluan, yang diawali dengan penjajakan kebutuhan melalui jajak pendapat dan survei pada lingkungan MGMP Kimia untuk memetakan tingkat kebutuhan serta urgensi program. Temuan *needs assessment* tersebut kemudian menjadi pijakan dalam merancang fase kedua, yaitu pelaksanaan pelatihan, dengan memperhatikan karakteristik model sel bahan bakar yang dinilai menarik dan sesuai bagi peserta. Fase terakhir adalah evaluasi, yang mencakup penelaahan terhadap materi, kinerja pelatih, dan keterlibatan peserta. Kinerja pelatih ditinjau dari penguasaan materi, kecakapan menyampaikan materi, serta sikap selama mendampingi peserta. Sementara itu, keberhasilan program ditentukan melalui tingkat pencapaian tujuan dan kesesuaian metode pelatihan yang digunakan.

Secara teknis, model PEMFC yang digunakan mengintegrasikan pemahaman guru mengenai: prinsip kerja sel bahan bakar hidrogen, termasuk reaksi oksidasi hidrogen di anoda dan reduksi oksigen di katoda; fungsi membran polimer (proton exchange membrane) dalam menghantarkan proton dan memisahkan ruang reaksi elektrokimia; pembuatan dan perakitan komponen sel bahan bakar skala laboratorium, meliputi elektroda karbon, katalis sederhana, membran Nafion atau penggantinya, serta sistem suplai gas sederhana dari elektrolisis air; konversi energi kimia menjadi energi listrik yang ditunjukkan melalui nyala lampu LED atau penggerak motor kecil; serta aspek keberlanjutan dan lingkungan, termasuk pemanfaatan hidrogen sebagai energi bersih tanpa emisi karbon. Seluruh perangkat dan panduan disusun dengan mempertimbangkan keterbatasan alat dan bahan di lingkungan sekolah agar guru dapat mereplikasi model ini secara mandiri dan menerapkannya dalam pembelajaran di kelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan PkM berlangsung pada 29 Juli 2026 bertempat di lingkungan Kampus Universitas Negeri Jakarta. Pesertanya berasal dari beragam unsur, yakni dosen Rumpun Kimia FMIPA UNJ, mahasiswa, serta guru-guru yang tergabung dalam MGMP Kimia Jakarta Timur. Para guru tersebut mewakili sejumlah sekolah negeri maupun swasta yang berada di kawasan Jakarta Timur dan wilayah sekitarnya.



Gambar 1. Foto bersama tim PkM dan Tim MGMP Kimia Jakarta Timur

Pelatihan dikemas sebagai lokakarya padat selama satu hari, dengan rangkaian kegiatan yang bergerak dari pemaparan konsep menuju praktik, tukar gagasan, dan penilaian akhir. Acara diawali dengan sambutan dari pimpinan Rumpun Kimia dan perwakilan MGMP, dilanjutkan pemaparan arah serta kegunaan program, kemudian *pre-test* untuk memotret bekal pengetahuan peserta sebelum pelatihan dimulai. Materi inti membahas mekanisme kerja sel bahan bakar hidrogen, kedudukan PEM dalam proses elektrokimia, hidrogen sebagai sumber energi rendah emisi, serta cara membawa konsep tersebut ke dalam pembelajaran Kimia tingkat SMA.

Pada sesi praktik, peserta bekerja dalam kelompok-kelompok kecil untuk merancang poster model PEMFC. Setiap kelompok memaparkan gagasannya, kemudian dilanjutkan dengan forum diskusi dan refleksi untuk mengurai hambatan teknis maupun pedagogis yang mungkin muncul ketika teknologi tersebut diterapkan di kelas. Peserta juga diarahkan untuk menggali kemungkinan pengembangan media pembelajaran dengan pendekatan berbasis proyek. Rangkaian kegiatan diakhiri melalui *post-test*, pembagian modul dan sertifikat, dokumentasi bersama, serta pengisian kuesioner untuk merekam tingkat kepuasan peserta terhadap pelaksanaan pelatihan (Rahmah et al., 2026; Abong et al., n.d.).

Tabel 1. Hasil Evaluasi Penyusunan Poster para peserta.

No	Indikator Penilaian	Pertanyaan Evaluasi	Rata-rata Skor Pre-test	Rata-rata Skor Post-test	Peningkatan (%)
1	Pemahaman konsep energi terbarukan	Jelaskan perbedaan antara energi fosil dan energi terbarukan serta berikan contohnya.	50	86	72
2	Prinsip kerja *Hydrogen Fuel Cell*	Bagaimana mekanisme reaksi elektrokimia yang terjadi pada anoda dan katoda dalam sel bahan bakar hidrogen?	50	82	64
3	Fungsi membran polimer (*PEM*)	Apa fungsi utama membran polimer dalam sistem *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell*?	50	88	76
4	Integrasi konsep ke pembelajaran kimia	Bagaimana Anda dapat mengaitkan prinsip kerja *fuel cell* dengan topik elektrokimia di kelas?	60	84	40
5	Kesiapan menerapkan dalam pembelajaran	Sebutkan strategi pembelajaran berbasis proyek yang dapat digunakan untuk mengenalkan *fuel cell* di sekolah.	50	88	76
Rata-rata keseluruhan			**58,2**	**87,6**	**65,6**

Berdasarkan data pada Tabel 1, rerata capaian peserta mengalami perubahan yang cukup mencolok setelah mengikuti pelatihan. Skor awal berada pada angka 50 dari 100, yang mengisyaratkan bahwa penguasaan awal terhadap materi masih relatif terbatas. Setelah rangkaian pelatihan selesai, rerata skor mencapai 87,6, sehingga tercatat kenaikan sebesar 72%, dengan peningkatan rerata secara keseluruhan sebesar 65,6%. Perubahan tersebut memperlihatkan bahwa pola belajar yang menggabungkan praktik langsung dan *hands-on activity* dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dibandingkan penyampaian materi yang semata-mata bersifat konvensional. Dampaknya tidak hanya terlihat pada pemahaman mengenai energi terbarukan, tetapi juga pada kecakapan guru dalam menyusun pembelajaran yang bersifat kontekstual. Temuan ini sejalan dengan pandangan konstruktivistik bahwa keterlibatan langsung dalam suatu pengalaman dapat membantu peserta membangun pemahaman baru secara lebih cepat. Dengan demikian, pelatihan berbasis eksperimen dapat menjadi ruang bagi guru untuk mengembangkan cara berpikir kritis sekaligus mendorong lahirnya gagasan yang lebih inovatif dalam pembelajaran sains.

Dari sisi akademik, kegiatan ini menjadi salah satu bentuk keterlibatan perguruan tinggi dalam memperkuat kapasitas pendidik dan menunjang pengembangan pembelajaran Kimia. Aktivitas utama diarahkan pada pelatihan serta demonstrasi penyusunan poster

mengenai model PEMFC sebagai alternatif media pembelajaran. Guru tidak hanya memperoleh penjelasan konseptual, tetapi juga diajak menelusuri penerapan teknologi PEMFC secara praktis. Tim dosen Rumpun Kimia memperkenalkan teknologi tersebut melalui pembahasan mekanisme elektrokimia, prinsip kerja sel berbahan bakar hidrogen, hingga pertimbangan dalam menentukan material elektrode dan membran. Rancangan kegiatan memadukan pendekatan STEAM dengan PjBL, sehingga materi dapat dikaitkan dengan penguatan literasi sains serta keterampilan abad ke-21 dalam konteks Kurikulum Merdeka dan isu energi yang berkembang secara global (Antameng, 2026).

Pemaparan materi dan demonstrasi melalui video mengenai perangkat dilakukan oleh Dr. Afrizal, M.Si. bersama tim pengabdian. Setelah sesi tersebut, peserta memasuki *forum group discussion* untuk menuangkan pemikiran dan rancangan masing-masing. Gagasan yang dihasilkan kemudian dituangkan ke dalam bentuk poster dan dipresentasikan secara langsung oleh peserta, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Sesi penyampaian materi oleh ketua tim kegiatan pengabdian Masyarakat.



Gambar 3. Sesi diskusi dan penyampaian ide dalam poster

Kegiatan tersebut turut memiliki keterkaitan nyata dengan agenda SDGs, khususnya SDG 4, SDG 7, dan SDG 13 (Puji Cahyani & Fadly, 2026). Pada ranah SDG 4 -Pendidikan Berkualitas, pelatihan menjadi sarana penguatan kapasitas pendidik melalui pengenalan teknologi energi baru dan terbarukan yang dapat diterjemahkan ke dalam pembelajaran Kimia yang lebih dekat dengan penerapan nyata. Selaras dengan itu,

SDG 7- Energi Bersih dan Terjangkau diwujudkan melalui perluasan wawasan peserta mengenai urgensi peralihan menuju sumber energi yang lebih bersih, hemat, dan berjejak karbon rendah. Sementara itu, SDG 13 - Penanganan Perubahan Iklim didukung dengan memasukkan isu energi terbarukan sebagai bagian dari pembelajaran Kimia di jenjang pendidikan menengah, sehingga materi tersebut dapat menjadi medium untuk mengenalkan upaya mitigasi perubahan iklim kepada siswa.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Kegiatan Penyusunan Poster

No	Aspek yang Dinilai	Contoh Pertanyaan Evaluasi	Rata-rata Skor (1–5)	Persentase Kepuasan (%)
1	Relevansi materi pelatihan	Apakah materi pelatihan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran kimia di sekolah Anda?	4,6	96
2	Keterampilan narasumber	Apakah penyampaian materi oleh narasumber mudah dipahami dan menarik?	4,6	98
3	Kesesuaian metode pelatihan	Apakah kombinasi antara ceramah, praktik, dan diskusi efektif dalam membantu pemahaman Anda?	4,8	98
4	Manfaat kegiatan bagi pengajaran	Apakah pelatihan ini membantu Anda mengembangkan media atau proyek pembelajaran baru?	4,6	95
5	Keinginan mengikuti kegiatan lanjutan	Apakah Anda tertarik mengikuti kegiatan lanjutan atau pendampingan pasca pelatihan ini?	5	99
		Rata-rata keseluruhan	4,72	97,2

Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa sebanyak 96% peserta menilai materi pelatihan sangat selaras dengan kebutuhan pembelajaran Kimia sekaligus membuka pemahaman baru mengenai pemanfaatan konsep energi berkelanjutan. Secara keseluruhan, seluruh komponen yang dinilai memperoleh respons positif dengan tingkat kepuasan melampaui 90%. Indikator yang memperoleh capaian paling tinggi ialah minat peserta untuk kembali mengikuti kegiatan serupa. Temuan ini mengisyaratkan bahwa manfaat program tidak berhenti pada penambahan wawasan, tetapi turut memantik dorongan guru untuk terus merancang pembelajaran yang memanfaatkan isu dan teknologi energi terbarukan. Kondisi tersebut menjadi bahan pertimbangan bagi tim pengabdian untuk merancang kegiatan lanjutan dengan tema sejenis sebagai bentuk kesinambungan program (Amelia & Chusni, 2024; Kartikawati et al., 2023).

Untuk menjaga agar hasil kegiatan tidak berhenti setelah pelatihan berakhir, tim pelaksana menyiapkan beberapa agenda lanjutan yang diarahkan pada penguatan

penerapan di lapangan. Bentuk tindak lanjut tersebut mencakup pendampingan penerapan di sekolah, penyusunan sekaligus publikasi modul ajar, serta produksi video tutorial. Rangkaian ini diharapkan dapat membantu guru Kimia semakin terampil dalam membuat model sel bahan bakar hidrogen berbasis membran polimer. Pada akhirnya, program tersebut juga ditujukan untuk memperluas kelompok guru inovatif yang mampu menjadikan teknologi sebagai bagian dari media pembelajaran sekaligus perangkat penilaian, sehingga proses pengukuran kemampuan akademik peserta didik dapat dilakukan dengan cara yang lebih variatif.

SIMPULAN

Program PkM dikemas sebagai lokakarya padat selama satu hari, dengan alur kegiatan yang mencakup penguatan konsep, latihan langsung, pertukaran gagasan, hingga penilaian. Perubahan capaian peserta tampak dari hasil pengukuran sebelum dan sesudah kegiatan. Rerata skor awal tercatat 58,2/100, kemudian bergerak menjadi 87,6/100 setelah pelatihan, yang menunjukkan kenaikan sebesar 72% dan peningkatan rerata sebesar 65,6%. Dari sisi kebermanfaatan, sebanyak 96% peserta menilai program tersebut sangat sesuai dengan kebutuhan pembelajaran Kimia sekaligus memperkaya wawasan mereka tentang penerapan energi berkelanjutan. Seluruh unsur pelatihan juga memperoleh respons kepuasan di atas 90%. Nilai tertinggi muncul pada indikator minat untuk mengikuti kegiatan lanjutan, yang memperlihatkan bahwa pengalaman selama pelatihan tidak hanya menambah pengetahuan, tetapi juga memantik keinginan guru untuk terus mengembangkan pembelajaran yang memanfaatkan teknologi dan isu energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

Abong, M. K., Bili, M., Kaleka, U., & Astro, R. B. (n.d.). *Pengembangan Modul Pembelajaran Ipa Berbasis Problem Based Learning Materi Energi Terbarukan* (Vol. 9, Number 1).

Alhamzani, I., & Ibrohim Burhan, L. (n.d.). *Dharma Bakti: Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Inovasi Teknologi Tepat Guna Pengembangan Energi Terbarukan melalui Panel Surya di Desa Tertinggal*.

Amalia, N., & Penelitian dan Pengembangan Universitas Djuanda, S. (2024). *Tridharma Perguruan Tinggi Untuk Membangun Akademik Dan Masyarakat Berpradaban* (Vol. 3).

Amelia, N., & Chusni, M. M. (2024). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Fisika Pada Materi Energi Terbarukan. *Biochephy: Journal of Science Education*, *4*(1), 248–252. https://doi.org/10.52562/biochephy.v4i1.1114

Antameng, B. P. (2026). Strategi Operasional Pembakaran Rendah Temperatur Berbasis Hidrogen, Biofuel, Aditif Nano, Dan Kontrol Cerdas Untuk Penurunan Emisi Mesin Pembakaran Dalam. *Journal of Energy and Mechanical Engineering*, *3*(2), 1–6. https://doi.org/10.62299/jeme.v3i2.37

Fadhilah, N., Risanti, D. D., Wahyuono, R. A., Sawitri, D., Mawarani, L. J., Zulkifli, Z., Muharja, M., Arimbawa, I. M., & Raafi'u, B. (2023). Energy Experiment Teaching Kit sebagai Alat Bantu Materi Pembelajaran Energi Terbarukan yang Interaktif dalam Meningkatkan Keterampilan Sains Siswa SDN Ajung 01 Kalisat. *Sewagati*, *7*(4), 634–642. https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i4.591

Imawan, R., & Yasir, A. (2024). State's Right of Control: Concept and Its Corelation for Renewable Energy Use in Indonesia. *Jurnal Konstitusi*, *21*(1), 153–168. https://doi.org/10.31078/jk2119

Kartikawati, E., Maesaroh, M., Irdalisa, I., & Elvianasti, M. (2023). Kemampuan Critical Thinking Calon Guru Terhadap Penggunaan Media Pembelajaran Video Online. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, *13*(2), 93–99. https://doi.org/10.24929/lensa.v13i2.287

Murti, B., & Pratomo, S. A. (2022). *Pemodelan Infrastruktur Hidrogen Untuk Aplikasi Fuel Cell Dan Dampaknya Terhadap Era Ekonomi Hidrogen Studi Kasus Di Kota Semarang*. *1*(1).

Puji Cahyani, V., & Fadly, D. (2026). Pendidikan Energi Terbarukan Berbasis Keberlanjutan: Tinjauan Literatur terhadap Kurikulum Pendukung SDGs. *Jurnal Teknologi Dan Sains Modern*, *3*(2), 60–73. https://doi.org/10.69930/jtsm.v3i2.737

Purnawati, E., & Sulistiyasni. (2023). Peran Tridharma Perguruan Tinggi dalam Pemberdayaan UMKM Masyarakat Desa. *Jurnal Pengabdian Masyarakat - PIMAS*, *2*(4), 237–243. https://doi.org/10.35960/pimas.v2i4.1288

Purwanto, B. T. (n.d.). *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masayarakat (SENIAS) 2025 Peran Perguruan Tinggi dalam pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat*.

Rahmah, A., Triantini, D., Rakhmat Baharuddin, A., & Nur Alam, A. (2026). Diseminasi Modul Pembelajaran Plts Untuk Meningkatkan Literasi Energi Terbarukan Guru SMK Negeri 5 Barru 1. *Journal of Engineering Service and Innovation*, *1*(2), 2026. https://journal.unm.ac.id/index.php/JESI