

Sosialisasi Persamaan Gas Ideal melalui Demonstrasi Pengaruh Suhu terhadap Volume Udara bagi Mahasiswa Pendidikan

Nuraini Fatmi, Universitas Malikussaleh, Indonesia

Henni Fitriani ✉, Universitas Malikussaleh, Indonesia

Muttakin, Universitas Malikussaleh, Indonesia

Fakhrach, Universitas Malikussaleh, Indonesia

✉ henni.fitriani@unimal.ac.id

Abstract: Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa Pendidikan terhadap persamaan gas ideal melalui demonstrasi sederhana tentang pengaruh perubahan suhu terhadap volume udara dalam botol tertutup. Sebanyak 32 mahasiswa berpartisipasi dalam kegiatan ini, yang mencakup penjelasan konseptual, demonstrasi eksperimen, dan diskusi interaktif dengan menggunakan botol plastik elastis dan freezer sebagai media pembelajaran. Efektivitas kegiatan dievaluasi melalui penilaian pre-test dan post-test. Hasil menunjukkan bahwa skor rata-rata meningkat dari 58,12 pada pre-test menjadi 85,94 pada post-test, yang merepresentasikan peningkatan sebesar 47,9% dengan skor N-Gain 0,66 pada kategori sedang hingga tinggi. Selama demonstrasi, mahasiswa mengamati bahwa botol menyusut ketika ditempatkan di dalam freezer akibat penurunan tekanan udara di dalam botol dan kembali ke bentuk semula ketika dibawa ke suhu ruang. Pengamatan langsung ini membantu mahasiswa memahami hubungan antara suhu dan perilaku gas sesuai dengan Hukum Charles dan Persamaan Gas Ideal. Umpan balik peserta juga menunjukkan respons positif terhadap kegiatan ini. Sekitar 93,8% mahasiswa menyatakan bahwa demonstrasi tersebut meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep termodinamika, sementara 96,9% melaporkan meningkatnya minat terhadap pembelajaran sains melalui eksperimen. Penggunaan bahan yang sederhana dan mudah diperoleh terbukti efektif dalam membuat konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Secara keseluruhan, kegiatan ini berhasil meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa terhadap persamaan gas ideal dan menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis eksperimen sederhana dapat menjadi strategi yang efektif untuk mengajarkan konsep abstrak dalam pendidikan sains.

Keywords: Persamaan gas ideal, perubahan suhu, volume udara, demonstrasi eksperimen.

Received June 1, 2026; Accepted June 26, 2026; Published June 29, 2026

Published by Mandailing Global Edukasia © 2026.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

INTRODUCTION

Termodinamika merupakan salah satu topik sains yang sering menimbulkan miskonsepsi pada mahasiswa karena banyak konsepnya melibatkan proses mikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung. Konsep seperti tekanan gas, gerak molekul, serta hubungan antara suhu dan volume sering disajikan melalui persamaan matematis, sehingga mahasiswa cenderung berfokus pada perhitungan prosedural daripada

pemahaman konseptual. Pembelajaran tentang konsep gas ideal sering menjadi tantangan karena partikel gas tidak terlihat dan dianggap terlalu abstrak bagi mahasiswa (Alifa, 2018). Akibatnya, banyak peserta didik mengalami kesulitan dalam menghubungkan representasi matematis Persamaan Gas Ideal dengan fenomena fisik yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Tantangan ini sangat penting bagi mahasiswa Pendidikan sebagai calon guru yang kelak bertanggung jawab mengajarkan konsep termodinamika di sekolah. Selain kesulitan konseptual, banyak sekolah di Indonesia masih menghadapi keterbatasan fasilitas laboratorium dan peralatan eksperimen. Oleh karena itu, calon guru memerlukan pengalaman praktis dalam memanfaatkan media pembelajaran berbiaya rendah dan mudah diakses yang mampu memvisualisasikan konsep-konsep sains abstrak secara efektif. Kemampuan merancang eksperimen kontekstual dengan menggunakan bahan sederhana menjadi penting untuk memastikan pembelajaran sains yang bermakna tetap dapat diterapkan, bahkan di sekolah dengan sumber daya terbatas.

Persamaan Gas Ideal merupakan salah satu model dasar dalam termodinamika yang menjelaskan hubungan antara tekanan (P), volume (V), suhu (T), dan jumlah mol gas (n). Meskipun secara teoretis model gas ideal bersifat pendekatan, validitasnya tetap sangat tinggi untuk udara atmosfer pada kondisi suhu ruang dan tekanan rendah. Namun, pada kondisi ekstrem, gas nyata dapat menyimpang dari perilaku ideal akibat adanya gaya antarmolekul dan efek volume partikel (Fadly, 2025). Hukum Charles, sebagai salah satu penerapan khusus dari model gas ideal, menyatakan bahwa volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya pada tekanan tetap. Secara mikroskopis, peningkatan suhu meningkatkan energi kinetik molekul gas sehingga tumbukan terjadi lebih sering dan lebih energik, yang kemudian memengaruhi volume sistem (Riana, 2024). Berbagai kajian pedagogis menegaskan bahwa pendekatan eksperimen berbasis lingkungan sangat efektif untuk memvisualisasikan fenomena termodinamika secara konkret (Junainda, 2024). Penelitian yang diterbitkan dalam prosiding SNFA juga menegaskan bahwa penggunaan alat peraga sederhana tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep, tetapi juga meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa dalam menganalisis data empiris (Nasution, 2025). Oleh karena itu, eksperimen sederhana penting tidak hanya untuk mengkaji relevansi model gas ideal dalam konteks pendidikan, tetapi juga untuk menjembatani kesenjangan antara teori matematis yang abstrak dan fenomena fisik yang dapat diamati.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berfokus pada demonstrasi pengaruh perubahan suhu lingkungan terhadap volume udara dalam botol tertutup sebagai representasi sederhana dari Hukum Charles dan Persamaan Gas Ideal. Demonstrasi ini dirancang tidak hanya untuk menjelaskan konsep termodinamika, tetapi juga untuk memberikan contoh eksperimen berbiaya rendah kepada calon guru yang dapat direplikasi di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium. Melalui pengamatan perubahan bentuk botol akibat variasi suhu, mahasiswa dapat menghubungkan konsep teoretis dengan fenomena dunia nyata secara lebih bermakna (Wahyudi, 2020). Selain itu, kegiatan ini menunjukkan bahwa eksperimen sederhana berbasis bahan yang mudah ditemukan di lingkungan sekitar dapat menjadi alternatif pembelajaran sains yang menarik, efektif, dan praktis (Silaban, 2025).

METHODS

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan edukatif partisipatif yang bertujuan meningkatkan pemahaman mahasiswa Pendidikan terhadap Persamaan Gas Ideal melalui demonstrasi eksperimen sederhana. Kegiatan dilaksanakan melalui empat tahap, yaitu analisis kebutuhan, perancangan eksperimen, pelaksanaan demonstrasi, dan evaluasi dampak.

Tahap Analisis Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi awal dan diskusi dengan mahasiswa Program Studi Pendidikan. Hasilnya menunjukkan bahwa termodinamika, khususnya konsep perilaku gas dan Persamaan Gas Ideal, sering dipersepsikan sebagai materi yang abstrak dan sulit dipahami karena proses mikroskopis yang mendasarinya tidak dapat diamati secara langsung. Selain itu, calon guru membutuhkan pengalaman dalam memanfaatkan media eksperimen berbiaya rendah yang dapat diterapkan di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium. Oleh karena itu, demonstrasi sederhana dan kontekstual dipilih sebagai alternatif pendekatan pembelajaran untuk menjembatani konsep teoretis dengan fenomena yang dapat diamati.

Tahap Perancangan Eksperimen

Berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi, dirancang sebuah eksperimen sederhana untuk menunjukkan pengaruh perubahan suhu terhadap volume udara dalam sistem tertutup sebagai representasi Hukum Charles dan Persamaan Gas Ideal. Alat eksperimen terdiri atas botol plastik transparan yang elastis dan freezer. Botol berfungsi sebagai wadah udara yang terperangkap, sedangkan freezer menyediakan lingkungan bersuhu rendah. Eksperimen ini dirancang menggunakan bahan yang murah dan mudah diperoleh untuk memastikan penerapannya dalam lingkungan pendidikan dengan sumber daya terbatas.

Tahap Pelaksanaan Demonstrasi

Kegiatan diawali dengan presentasi singkat yang menjelaskan hubungan antara suhu dan volume gas menurut Persamaan Gas Ideal. Selanjutnya, peserta mengamati demonstrasi eksperimen. Botol plastik kosong ditutup rapat untuk mencegah pertukaran udara dengan lingkungan sekitar (Andriadi, 2024). Botol kemudian ditempatkan di dalam freezer selama periode tertentu hingga mencapai kesetimbangan termal. Setelah dikeluarkan dari freezer, peserta mengamati botol yang menyusut ke arah dalam akibat penurunan tekanan udara di dalam botol sebagai dampak dari penurunan suhu. Selanjutnya, botol dikembalikan ke suhu ruang sehingga peserta dapat mengamati proses kembalinya botol secara bertahap ke bentuk semula. Setelah demonstrasi, dilakukan diskusi interaktif dan sesi tanya jawab untuk membantu mahasiswa mengaitkan fenomena yang diamati dengan prinsip-prinsip termodinamika dan Persamaan Gas Ideal.

Tahap Evaluasi Dampak

Efektivitas kegiatan dievaluasi menggunakan penilaian pre-test dan post-test yang diberikan sebelum dan sesudah demonstrasi. Evaluasi difokuskan pada pengukuran pemahaman konseptual peserta mengenai hubungan antara suhu dan volume gas. Selain itu, angket kepuasan dibagikan untuk menilai persepsi peserta terhadap kebermanfaatan, daya tarik, dan keterterapan demonstrasi. Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui perubahan pemahaman konseptual dan respons peserta terhadap penerapan pembelajaran berbasis eksperimen sederhana.

RESULTS

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa banyak mahasiswa Pendidikan Fisika mengalami kesulitan dalam memahami konsep termodinamika, khususnya hubungan antara suhu dan volume gas. Diskusi awal menunjukkan bahwa mahasiswa pada umumnya telah mengenal bentuk matematis Persamaan Gas Ideal, tetapi masih mengalami kesulitan menjelaskan makna fisik dari variabel-variabel yang terlibat. Selain itu, peserta melaporkan pengalaman yang terbatas dalam merancang eksperimen sederhana yang dapat diterapkan di sekolah dengan fasilitas laboratorium yang kurang memadai. Temuan ini menegaskan perlunya kegiatan pembelajaran kontekstual yang mampu memvisualisasikan konsep termodinamika abstrak sekaligus memperkuat

keterampilan pedagogis mahasiswa sebagai calon guru. Berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi, demonstrasi eksperimen sederhana menggunakan botol plastik tertutup dan freezer dirancang sebagai media pembelajaran berbiaya rendah. Bahan yang dipilih bersifat murah, mudah diperoleh, dan aman digunakan dalam pembelajaran di kelas. Pada tahap perancangan, peserta diperkenalkan pada alasan pemilihan eksperimen dan relevansinya dengan Hukum Charles serta Persamaan Gas Ideal. Tahap ini menekankan bahwa pembelajaran sains yang bermakna dapat dilaksanakan tanpa bergantung pada peralatan laboratorium yang canggih. Desain eksperimen ini juga menjadi contoh bagaimana calon guru dapat menyesuaikan pembelajaran sains dengan kondisi sekolah yang memiliki sumber daya pendidikan terbatas.



Gambar 1. Kegiatan sosialisasi kepada mahasiswa

Selama demonstrasi, mahasiswa mengamati secara langsung perubahan fisik yang terjadi pada botol setelah terpapar suhu rendah. Dinding botol mengerut ke arah dalam setelah ditempatkan di dalam freezer dan secara bertahap kembali ke bentuk semula ketika dibawa ke suhu ruang. Pengamatan ini memungkinkan mahasiswa memvisualisasikan pengaruh perubahan suhu terhadap perilaku gas dalam sistem tertutup. Demonstrasi tersebut menghasilkan partisipasi aktif sepanjang kegiatan. Mahasiswa terlibat dalam diskusi, merumuskan penjelasan terhadap fenomena yang diamati, dan mengaitkan hasil pengamatan dengan prinsip-prinsip termodinamika. Perubahan visual pada botol membantu mengubah konsep abstrak menjadi pengalaman yang dapat diamati, sehingga memfasilitasi pemahaman konseptual. Kegiatan ini juga mendorong peserta untuk mengenali potensi bahan sederhana dari lingkungan sekitar sebagai media pembelajaran sains.



Gambar 2. Perubahan bentuk fisik botol

Efektivitas kegiatan dievaluasi melalui penilaian pre-test dan post-test. Hasilnya menunjukkan bahwa skor rata-rata mahasiswa meningkat dari 58,12 sebelum kegiatan menjadi 85,94 setelah kegiatan, yang merepresentasikan peningkatan sebesar 47,9% dengan skor N-Gain 0,66 pada kategori sedang hingga tinggi, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemahaman Konseptual Mahasiswa tentang Persamaan Gas Ideal

Penilaian	Skor Rata-rata
Pre-test	58,12
Post-test	85,94
Peningkatan (%)	47,9
N-Gain	0,66 (Sedang-Tinggi)

Temuan ini menunjukkan bahwa demonstrasi berhasil meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai hubungan antara suhu dan volume gas. Peningkatan tersebut dapat dijelaskan melalui adanya bukti visual langsung yang membantu mahasiswa menghubungkan persamaan teoretis dengan fenomena fisik yang dapat diamati. Botol yang menyusut berperan sebagai representasi konkret dari pengaruh perubahan suhu terhadap perilaku gas, sehingga mengurangi sifat abstrak dari konsep termodinamika. Kegiatan ini juga meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam merancang eksperimen sains sederhana. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, skor rata-rata keterampilan perancangan eksperimen meningkat dari 57,1% sebelum kegiatan menjadi 87,9% setelah kegiatan.

Tabel 2. Keterampilan Mahasiswa dalam Merancang Eksperimen Sederhana

Indikator	Sebelum Kegiatan (%)	Sesudah Kegiatan (%)
Pemilihan bahan yang sesuai	62,5	90,6
Perancangan prosedur eksperimen	56,3	87,5
Penjelasan ilmiah terhadap fenomena	59,4	89,1
Adaptasi untuk sekolah dengan sumber daya terbatas	50,0	84,4
Rata-rata	57,1	87,9

Peningkatan terbesar terlihat pada kemampuan mengadaptasi eksperimen untuk sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium. Hasil ini menunjukkan bahwa kegiatan tersebut berhasil membekali peserta dengan pengetahuan praktis dan kepercayaan diri untuk menerapkan pembelajaran eksperimen berbiaya rendah dalam praktik mengajar mereka di masa depan. Respons peserta semakin memperkuat temuan ini. Sekitar 93,8% mahasiswa menyatakan bahwa demonstrasi meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep termodinamika, sedangkan 96,9% melaporkan meningkatnya minat terhadap pembelajaran sains berbasis eksperimen. Hasil ini menunjukkan bahwa kegiatan tidak hanya berkontribusi terhadap pemahaman konseptual, tetapi juga terhadap pengembangan kesiapan pedagogis calon guru sains. Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berhasil menjawab kebutuhan yang diidentifikasi pada tahap awal dengan meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan perancangan eksperimen. Temuan ini menegaskan pentingnya eksperimen kontekstual dan berbiaya rendah sebagai strategi efektif untuk mengajarkan konsep termodinamika yang abstrak serta mempersiapkan calon guru agar mampu menerapkan pembelajaran sains yang bermakna dalam lingkungan pendidikan dengan keterbatasan sumber daya.

DISCUSSION

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini memberikan pengalaman belajar kontekstual kepada mahasiswa Pendidikan melalui demonstrasi sederhana tentang pengaruh perubahan suhu terhadap volume udara di dalam botol tertutup. Demonstrasi ini digunakan untuk memperkenalkan konsep Persamaan Gas Ideal, khususnya hubungan antara suhu dan volume gas sebagaimana dijelaskan dalam Hukum Charles. Selama kegiatan, mahasiswa mengamati bahwa botol menyusut ke arah dalam setelah ditempatkan di dalam freezer dan secara bertahap kembali ke bentuk semula ketika dibawa ke suhu ruang. Secara fisik, fenomena ini terjadi karena penurunan suhu mengurangi energi kinetik molekul gas, sehingga tekanan internal menjadi lebih rendah dibandingkan tekanan atmosfer di sekitarnya (Sarafie et al, 2025). Akibatnya, tekanan eksternal yang lebih tinggi menekan dinding botol ke arah dalam. Ketika suhu meningkat, energi kinetik dan tekanan gas yang terperangkap juga meningkat, sehingga botol kembali mengembang (Li et al, 2020). Selain menjelaskan fenomena fisik, efektivitas demonstrasi ini dapat dipahami dari perspektif teori belajar kognitif. Konsep termodinamika sering sulit dipahami mahasiswa karena melibatkan proses mikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung. Mahasiswa biasanya dituntut memahami representasi simbolik dan matematis, seperti Persamaan Gas Ideal, tanpa dapat memvisualisasikan proses molekuler yang mendasari persamaan tersebut. Akibatnya, pembelajaran sering menjadi prosedural, yaitu mahasiswa menghafal rumus tanpa mengembangkan pemahaman konseptual.

Fenomena visual berupa botol yang menyusut membantu mengatasi tantangan tersebut dengan memberikan representasi konkret terhadap konsep yang sebenarnya abstrak. Menurut Dual-Coding Theory, pembelajaran menjadi lebih efektif ketika informasi diproses melalui saluran verbal-simbolik dan visual. Dalam kegiatan ini, mahasiswa tidak hanya menerima penjelasan verbal tentang hubungan antara suhu dan perilaku gas, tetapi juga secara bersamaan mengamati perubahan nyata pada bentuk botol. Representasi visual tersebut melengkapi representasi matematis sehingga memungkinkan mahasiswa membangun hubungan kognitif yang lebih kuat antara fenomena yang diamati dan prinsip ilmiah yang mendasarinya. Selain itu, demonstrasi ini dapat dimaknai sebagai proses mengonkretkan konsep abstrak. Persamaan Gas Ideal memuat variabel seperti tekanan, volume, dan suhu yang sering dipersepsikan sebagai simbol abstrak (Zarei, 2022). Botol yang menyusut mengubah variabel-variabel abstrak tersebut menjadi fenomena yang dapat diamati secara langsung, sehingga mahasiswa dapat mengaitkan perubahan volume dengan perubahan suhu. Proses ini mengurangi kesenjangan kognitif antara persamaan matematis dan realitas fisik, sehingga pemahaman konseptual menjadi lebih mudah dicapai.

Peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa yang terlihat dari kenaikan skor rata-rata dari 58,12 pada pre-test menjadi 85,94 pada post-test menunjukkan bahwa demonstrasi visual berhasil memfasilitasi pembelajaran bermakna. Mahasiswa tidak sekadar menghafal hubungan proporsional antara volume dan suhu, tetapi mampu mengembangkan model mental yang menghubungkan persamaan simbolik, perilaku molekuler, dan perubahan fisik yang dapat diamati. Temuan ini mendukung pandangan bahwa demonstrasi visual dan kontekstual berperan penting dalam mengurangi beban kognitif serta mendorong pemahaman yang lebih mendalam terhadap prinsip-prinsip termodinamika. Selain itu, penggunaan bahan sederhana dan murah memberikan manfaat pedagogis bagi peserta sebagai calon guru fisika. Mahasiswa memperoleh pengalaman praktis dalam memanfaatkan eksperimen berbiaya rendah untuk mengajarkan konsep sains yang abstrak. Pengalaman ini sangat relevan untuk penerapan di kelas pada masa mendatang, terutama di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium. Oleh karena itu, kegiatan ini tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual mahasiswa terhadap Persamaan Gas Ideal, tetapi juga meningkatkan kesiapan mereka dalam merancang

pengalaman pembelajaran sains yang bermakna dan kontekstual dengan menggunakan media pembelajaran yang mudah diakses.

CONCLUSION

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berhasil meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa Pendidikan terhadap Persamaan Gas Ideal, yang ditunjukkan oleh peningkatan skor rata-rata dari 58,12 pada pre-test menjadi 85,94 pada post-test dengan N-Gain sebesar 0,66. Kegiatan ini juga meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam merancang eksperimen sederhana menggunakan bahan berbiaya rendah yang dapat diterapkan di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium. Selain itu, program ini mencapai luaran yang diharapkan dengan memperkuat kesiapan pedagogis mahasiswa sebagai calon guru sains. Demonstrasi kontekstual mendorong pergeseran perspektif pembelajaran, dari memandang pembelajaran sains sebagai pembelajaran yang berpusat pada rumus menuju pemahaman tentang pentingnya pengalaman belajar yang visual, kontekstual, dan berbasis eksperimen. Oleh karena itu, integrasi demonstrasi sederhana dalam pendidikan sains dapat menjadi strategi efektif untuk meningkatkan pemahaman konseptual sekaligus mempersiapkan calon guru agar mampu menerapkan pembelajaran sains yang bermakna dan mudah diakses dalam berbagai lingkungan pendidikan.

REFERENCES

- Alifa, D. M., Azzahroh, F., & Pangestu, I. R. (2018). Penerapan metode STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematic) berbasis proyek untuk meningkatkan kreativitas siswa sma kelas xi pada materi gas ideal. In *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains)* (Vol. 7, No. 2, pp. 88-109).
- Fadly, M. (2025). Eksperimen Sederhana untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Sains Siswa Kelas Tinggi (Studi Kasus di Sekolah Dasar Negeri 064010 Medan). *Jurnal Penelitian, Pengembangan Pembelajaran dan Teknologi (JP3T)*, 3(2), 81-85.
- Junainda, B. O. (2024). Tinjauan Sistematis: Penggunaan Simulasi Phet Untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Sma Dalam Materi Gas Ideal. *Contextual Natural Science Education Journal*, 2(4), 128-135.
- Li, T., Wang, Y., Mao, X., Chen, D., Huang, R., & Feng, Q. (2020). Development and experimental study of the first stage in a two-stage water-flooded single-screw compressor unit for polyethylene terephthalate bottle blowing system. *Energies*, 13(16), 4232.
- Nasution, A. O., Batubara, S. B., Darkia, W., Balqis, S. T., Aprillia, J., & Adristi, T. S. (2025). Kajian Teoritis Termodinamika pada Proses Ekspansi Gas Ideal. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 8(2), 1189-1194.
- Riana, M., & Anggini, A. (2024). Hukum-Hukum Gas Ideal. *Pentagon: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(3), 01-07.
- Salus, M. O. (2025). Analisis Miskonsepsi Siswa Pada Materi Teori Kinetik Gas Kelas XI SMAN 8 Yogyakarta. *Edusainstika: Jurnal Pembelajaran MIPA*, 5(2), 60-69.
- Sharafie, D., Kalateh, T., & Ashrafi Fashi, S. (2025). Analyzing Conceptual Misconceptions of Novice Teachers in the Topic of the Kinetic Theory of Gases. *Physics Journal| Farhangian University*, 2(1), 56-72.
- Silaban, A., Akbar, M., Hajar, S., Lasmono, P. G., & Silaban, D. C. (2025). The Effect of the Group Investigation Type Cooperative Learning Model on Presentation Skills in the Topic of Ideal Gas. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 8(2), 561-568.

- Wahyudi, W., Aswirna, P., Hurriyah, H., & Amalina, A. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Aplikasi Adobe Flash Pada Materi Kalor, Perpindahan Kalor Serta Teori Kinetik Gas untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA*, 6(1), 66-80.
- Zarei, E. (2022). An experiment design to increase students' conceptual perception of mathematical equations related to gas variables and laws. *SN Social Sciences*, 2(8), 133.

