



Peningkatan Kompetensi Pengecoran Logam melalui Pemanfaatan Tungku Berbahan Bakar LPG dan Kowi Berbasis Limbah di SMK Negeri 2 Kudus

Enhancing Metal Casting Competence through the Utilization of LPG-Fueled Furnaces and Waste-Based Crucibles at SMK Negeri 2 Kudus

Rusiyanto¹, Rahmat Doni Widodo², Kaleb Priyanto^{3*}, Ruben Bayu Kristiawan⁴,
Muhammad Zakky Mubarak⁵, Muhammad Emir Al Hakim⁶, Yudistira Rijal Andika⁷,
Hibban Pasya Hafid⁸, Julivan Brian Womsiwor⁹

¹⁻⁹Universitas Negeri Semarang, Indonesia

*Penulis korespondensi: kalebpriyanto@mail.unnes.ac.id

Artikel Histori:

Naskah Masuk: 28 Juli 2025;

Revisi: 07 Agustus 2025;

Diterima: 14 Agustus 2025;

Diterbitkan: 28 Agustus 2025;

Keywords: Metal Casting;

Crucible; Evaporation Boat Waste;

LPG Furnace; Teaching Factory

Abstract: This community service program aimed to improve vocational students' competence in metal casting by introducing LPG-fueled furnaces and UNNES crucibles fabricated from evaporation boat waste. The partner, SMK Negeri 2 Kudus, faced two main challenges: limited utilization of aluminum scrap from automotive practice and the absence of affordable, durable crucibles for repeated casting activities. The program applied a structured approach consisting of socialization, training, mentoring, and evaluation. Activities included theoretical instruction, pretest–posttest assessment, and hands-on workshops involving furnace operation, crucible utilization, mold preparation, and aluminum casting. Results demonstrated significant improvements: the average pretest score of 4.85 increased to 9.0 in the posttest, reflecting an 85.57% gain in competence. Qualitative observations showed that students developed greater confidence, teamwork, and adherence to safety standards. Beyond competence improvement, the innovation provided a cost-effective and sustainable solution for recycling aluminum scrap and reducing dependence on expensive imported crucibles. The program effectively integrated research-based technology into vocational education and aligned with the Teaching Factory model. This collaboration between university and school can serve as a replicable model for other vocational institutions seeking to strengthen practical skills, sustainability, and industry relevance.

Abstrak

Program pengabdian masyarakat ini bertujuan meningkatkan kompetensi siswa SMK dalam praktik pengecoran logam melalui penerapan tungku berbahan bakar LPG dan kowi UNNES berbasis limbah evaporation boat. Mitra program, SMK Negeri 2 Kudus, menghadapi dua tantangan utama: belum optimalnya pemanfaatan limbah aluminium hasil praktik otomotif dan keterbatasan kowi yang tahan lama sekaligus terjangkau. Program dilaksanakan melalui tahapan sosialisasi, pelatihan, pendampingan, dan evaluasi. Kegiatan meliputi penyampaian teori, pretest–posttest, serta praktik pengoperasian tungku, penggunaan kowi, pembuatan cetakan, dan pengecoran aluminium. Hasilnya menunjukkan peningkatan kompetensi yang signifikan, di mana rata-rata nilai pretest 4,85 meningkat menjadi 9,0 pada posttest atau setara peningkatan 85,57%. Secara kualitatif, siswa menunjukkan peningkatan rasa percaya diri, kerjasama tim, dan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan kerja. Selain peningkatan kompetensi, inovasi ini juga menawarkan solusi hemat biaya dan berkelanjutan dengan mendaur ulang limbah aluminium serta mengurangi ketergantungan pada kowi impor yang mahal. Program ini berhasil mengintegrasikan inovasi berbasis riset ke dalam pendidikan vokasi serta sejalan dengan konsep Teaching Factory. Kolaborasi universitas–sekolah ini dapat direplikasi pada SMK lain untuk memperkuat keterampilan praktis, keberlanjutan, dan relevansi industri.

Kata Kunci: Pengecoran Logam; Kowi; Limbah Evaporation Boat; Tungku LPG; Tefa

1. PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi memiliki peran penting dalam menyiapkan siswa menghadapi dunia industri, khususnya bidang teknik mesin dan otomotif. Kompetensi praktik memungkinkan siswa memahami teori sekaligus menerapkannya di lapangan (Priyanto et al., 2022). SMK Negeri 2 Kudus mengimplementasikan *Teaching Factory* (Tefa) untuk menghubungkan pendidikan dengan standar industri (Wahjusaputri & Bunyamin, 2022). Program ini menuntut adanya kegiatan pembelajaran yang berbasis produksi nyata sehingga siswa dapat merasakan langsung atmosfer kerja industri. Dengan demikian, kualitas lulusan diharapkan lebih siap memasuki pasar kerja dan mampu bersaing di era globalisasi.

Namun, keterbatasan fasilitas praktik dan bahan ajar masih menjadi kendala. Huda et al. (2024) menegaskan bahwa ketiadaan buku teks praktikum merupakan tantangan utama. Di sisi lain, Rifqi et al. (2025) menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis Android efektif (kelayakan 89,41%) untuk mendukung pembelajaran praktis dan meningkatkan keterlibatan siswa. Hal ini menunjukkan pentingnya inovasi dalam penyediaan sarana belajar, tidak hanya berupa perangkat keras tetapi juga perangkat lunak dan bahan ajar pendukung. Dengan adanya kombinasi fasilitas praktik yang memadai dan media pembelajaran modern, siswa akan lebih mudah memahami teori sekaligus mengaplikasikannya.

Masalah lain adalah pengelolaan limbah alumunium hasil praktik otomotif yang belum termanfaatkan optimal (Boopathi, 2024) serta keterbatasan kowi. Limbah yang menumpuk tanpa pemanfaatan dapat menimbulkan persoalan lingkungan sekaligus pemborosan sumber daya. Fashu et al. (2024) menegaskan limbah evaporation boat (boron nitride–titanium diboride) memiliki konduktivitas termal tinggi, ketahanan suhu ekstrem, dan retensi panas baik sehingga prospektif untuk bahan kowi. Widodo et al. (2023) melaporkan komposisi pengikat molasses 5% menghasilkan sifat mekanik terbaik. Inovasi pemanfaatan limbah ini tidak hanya menekan biaya produksi, tetapi juga menjadi upaya nyata mendukung prinsip keberlanjutan (sustainability) dalam pendidikan vokasi.

Program ini merespons kesenjangan tersebut melalui transfer teknologi tungku LPG dan kowi UNNES berbasis limbah, selaras dengan prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle) dan mendukung Tefa (Haikal et al., 2024). Dengan teknologi sederhana namun aplikatif, siswa tidak hanya dilatih aspek teknis, tetapi juga kesadaran terhadap pentingnya efisiensi energi dan pengelolaan limbah. Tujuannya meningkatkan kompetensi siswa dalam pengecoran alumunium melalui pelatihan terstruktur dan evaluasi terukur. Lebih jauh, program ini diharapkan dapat menjadi model yang dapat direplikasi di sekolah vokasi lain di Indonesia.

2. METODE

Desain program mengadopsi pendekatan partisipatif dan praktik langsung dengan empat tahap: (1) Sosialisasi, (2) Pelatihan, (3) Pendampingan, dan (4) Evaluasi (Gravett et al., 2019). Gambar 1 menunjukkan alur kegiatan pada program pengabdian masyarakat di SMK Negeri 2 Kudus.



Gambar 1. Alur skema kegiatan pengabdian kepada masyarakat di SMK Negeri 2 Kudus

Sosialisasi dilakukan bersama pimpinan sekolah dan guru untuk memetakan kebutuhan laboratorium, sumber limbah, dan kesiapan fasilitas. Tahap ini penting agar program sesuai dengan kondisi riil sekolah dan dapat diterapkan secara berkelanjutan. Dengan adanya diskusi awal, potensi hambatan dapat diidentifikasi lebih dini dan solusi bisa dirumuskan bersama mitra.

Pelatihan mencakup teori pengecoran non-ferro, pengenalan tungku LPG, kowi, keselamatan kerja, dan manufaktur berkelanjutan. Sesi praktik mencakup pembuatan kowi berbasis limbah evaporation boat, pengoperasian tungku, persiapan cetakan pasir, peleburan, dan penuangan. Tahap pelatihan ini tidak hanya membekali siswa dengan pengetahuan teknis, tetapi juga melatih keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Dengan kombinasi teori dan praktik, siswa diharapkan dapat menguasai keterampilan secara lebih komprehensif.

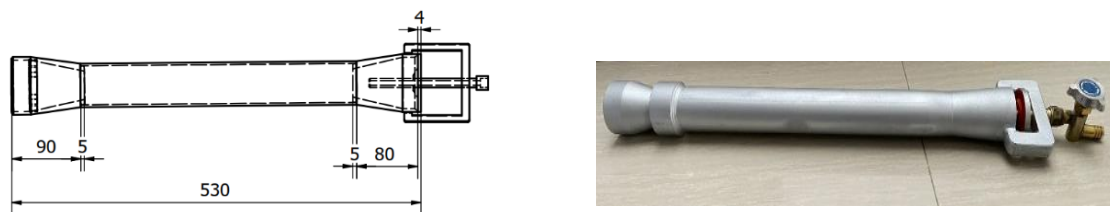
Strategi pembelajaran mengintegrasikan ceramah, demonstrasi, praktik langsung, dan mentoring berkelanjutan. Priyanto et al. (2025) membuktikan kombinasi pendekatan tersebut efektif meningkatkan kompetensi teknis guru-siswa SMK. Pendekatan multi-metode ini memberikan pengalaman belajar yang variatif dan adaptif terhadap gaya belajar siswa. Selain itu, keberadaan dosen dan mahasiswa sebagai mentor menciptakan suasana kolaboratif yang mendorong siswa lebih percaya diri dalam bereksperimen.

Evaluasi menggunakan rancangan pretest–posttest (Chang & Little, 2018) serta asesmen kinerja saat praktik. Indikator keberhasilan: pemanfaatan ulang limbah $\geq 80\%$, kenaikan skor kompetensi $\geq 85\%$, dan 90% produk cor memenuhi standar kualitas. Evaluasi tidak hanya menekankan pada hasil akhir, tetapi juga pada proses keterampilan dan sikap kerja siswa selama praktik. Dengan demikian, pengukuran keberhasilan program lebih

komprehensif, mencakup aspek kognitif, psikomotorik, maupun afektif.

3. HASIL

Sebelum kegiatan lapangan dimulai, tim pelaksana pengabdian telah mempersiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan. Peralatan tersebut merupakan hasil implementasi dari penelitian dosen yang sebelumnya telah dilakukan, di antaranya crucible berbasis limbah evaporation boats, tungku lebur, dan burner hasil desain tim peneliti UNNES. Gambar desain dan produk burner ditunjukkan oleh Gambar 2. Sedangkan crucible Kowi Unnes dan tungku pembakaran ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 2. Desain dan produk Burner



Gambar 3. Kowi Unnes dan Tungku pembakaran

Kegiatan lapangan diawali dengan pembukaan dan pengenalan tim narasumber dari Fakultas Teknik UNNES. Peserta kemudian mengerjakan pretest untuk mengukur pengetahuan awal. Setelah itu dilakukan penyampaian materi teori secara klasikal menggunakan modul elektronik, agar siswa dapat memahami dasar pengecoran logam non-ferro. Gambar 4 menunjukkan proses penyampaian materi dengan metode ceramah oleh narasumber.



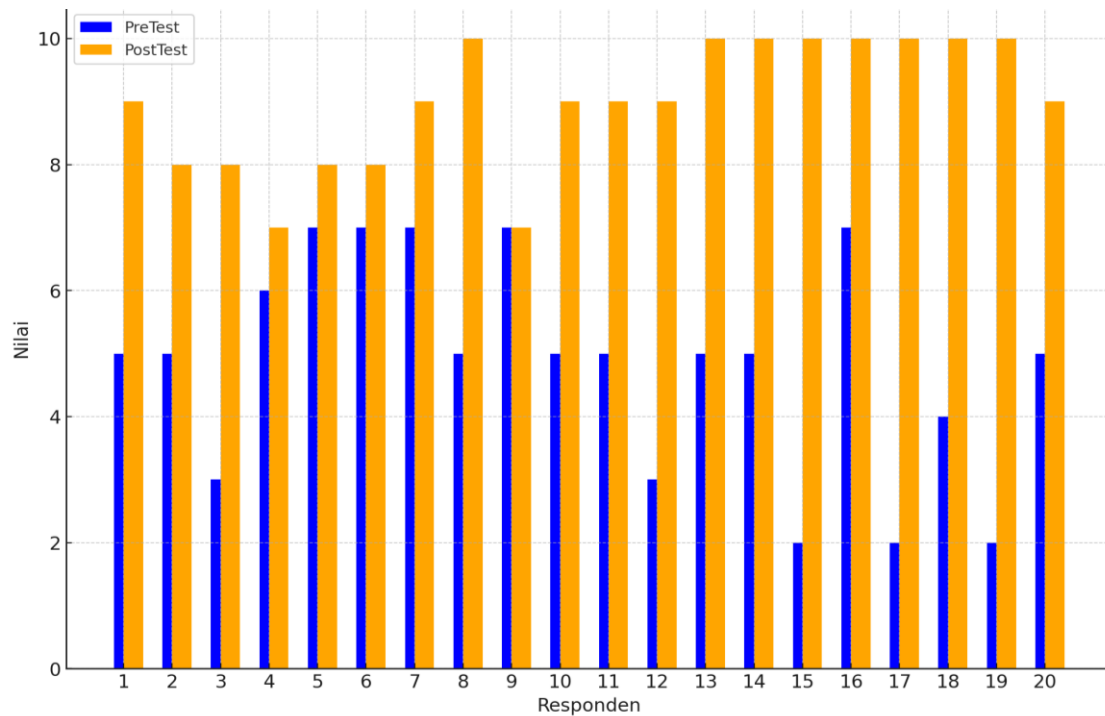
Gambar 4. Penyampaian materi dengan metode ceramah

Pada sesi praktikum, siswa mempelajari cara mengoperasikan alat pengecoran, mulai dari penggunaan burner, tungku, hingga kowi UNNES. Proses pengecoran dilakukan dengan melelehkan limbah komponen otomotif berbahan aluminium, yang kemudian dituang ke dalam cetakan pasir. Siswa tampak antusias dan terlibat aktif dalam seluruh tahapan. Setelah kegiatan praktikum, siswa kembali mengikuti posttest untuk mengukur peningkatan kompetensi. Gambar 5 menunjukkan kegiatan praktikum yang dilakukan oleh para peserta dengan sangat antusias.



Gambar 5. Kegiatan praktikum yang diikuti oleh seluruh peserta

Hasil kuantitatif menunjukkan peningkatan signifikan. Dari 20 siswa yang mengikuti kegiatan, rata-rata skor pretest adalah 4,85, sedangkan skor posttest mencapai 9,0, atau terjadi peningkatan 85,57%. Peningkatan kompetensi peserta divisualisasikan melalui diagram skor pretest–posttest seperti ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Diagram perbandingan nilai pretest dan posttest seluruh peserta

Selain aspek kognitif, siswa menunjukkan peningkatan keterampilan praktis, seperti penguasaan operasi tungku, pembuatan cetakan pasir, hingga penuangan logam cair. Observasi kualitatif juga mencatat bahwa siswa lebih percaya diri, kooperatif, serta patuh terhadap prosedur keselamatan kerja (K3). Guru melaporkan adanya peningkatan motivasi siswa karena pengalaman langsung mendaur ulang limbah aluminium menjadi produk fungsional.

Lebih jauh, keberhasilan kegiatan ini juga terlihat dari respon positif pihak sekolah. Kepala sekolah SMK Negeri 2 Kudus menyatakan bahwa kegiatan ini membuka wawasan baru bagi siswa sekaligus memberikan alternatif pemanfaatan limbah otomotif yang sebelumnya belum tersentuh. Dengan adanya pengalaman praktik nyata, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan tambahan, tetapi juga mampu melihat peluang kewirausahaan di bidang pengecoran logam skala kecil. Hal ini menjadi nilai tambah yang penting karena selaras dengan misi SMK untuk mencetak lulusan yang siap bekerja sekaligus berjiwa entrepreneur.

4. DISKUSI

Peningkatan kompetensi siswa yang mencapai 85,57% sejalan dengan literatur sebelumnya bahwa pembelajaran yang memadukan praktik langsung, demonstrasi, dan interaksi sebaya efektif meningkatkan self-efficacy peserta didik (Marsono et al., 2024). Hasil ini menunjukkan bahwa metode pelatihan berbasis praktik dengan pendampingan intensif sangat relevan bagi pendidikan vokasi. Dari aspek teknis, penggunaan kowi berbasis limbah

evaporation boats terbukti mendukung keberhasilan kegiatan. Karakteristik material ini sesuai dengan temuan Fashu et al. (2024) yang menekankan konduktivitas termal tinggi dan ketahanan terhadap suhu ekstrem. Penambahan molasses 5% sebagai pengikat (Widodo et al., 2023) juga meningkatkan kekuatan mekanik crucible, sehingga lebih tahan dalam siklus peleburan berulang.

Kegiatan pengabdian ini juga memberikan nilai tambah berupa donasi peralatan (4 kowi UNNES, 1 unit tungku LPG, burner, dan tabung LPG) kepada sekolah mitra. Dengan adanya hibah ini, SMK Negeri 2 Kudus dapat melanjutkan praktik pengecoran logam secara mandiri, mendukung keberlanjutan program. Hal ini konsisten dengan konsep Teaching Factory yang menekankan keterlibatan nyata siswa dalam produksi dan praktik industri.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian menunjukkan bahwa transfer teknologi berbasis riset dosen ke sekolah vokasi mampu menjembatani kesenjangan antara hasil penelitian dan kebutuhan praktik di lapangan. Inovasi ini tidak hanya meningkatkan kompetensi siswa, tetapi juga menghadirkan solusi pengelolaan limbah yang ekonomis dan berkelanjutan.

Implikasi lain dari kegiatan ini adalah potensi replikasi di sekolah kejuruan lain dengan kondisi serupa. Model pelatihan berbasis limbah yang murah namun inovatif dapat menjadi solusi alternatif bagi SMK di daerah dengan keterbatasan dana, tanpa harus bergantung pada peralatan impor yang mahal. Selain itu, pendekatan ini juga mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya poin 4 (pendidikan berkualitas) dan poin 12 (konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab). Kegiatan terlaksana sesuai rencana. Siswa menunjukkan antusiasme tinggi selama sesi teori, workshop, hingga praktik. Penguasaan operasi tungku, pembuatan cetakan, dan prosedur penuangan meningkat secara nyata.

KESIMPULAN

Program pengabdian masyarakat ini menegaskan efektivitas penggunaan tungku berbahan bakar LPG dan kowi berbasis limbah evaporation boat dalam meningkatkan kompetensi pengecoran siswa SMK Negeri 2 Kudus. Peningkatan kompetensi sebesar 85,57% yang diikuti perubahan sikap positif seperti kepercayaan diri, kemampuan kolaborasi, dan kepatuhan terhadap prosedur K3 menjadi bukti nyata keberhasilan pembelajaran berbasis praktik. Inovasi kowi berbasis limbah tidak hanya menjawab keterbatasan fasilitas dan menekan biaya praktik, tetapi juga menghadirkan solusi ramah lingkungan melalui pemanfaatan limbah aluminium. Integrasi teknologi tepat guna ini sejalan dengan konsep *Teaching Factory* yang menuntut keterhubungan antara pendidikan vokasi dan dunia industri.

Dengan capaian tersebut, model kolaborasi universitas–sekolah ini layak direplikasi pada SMK lain untuk memperkuat pendidikan vokasi yang relevan, berkelanjutan, dan berorientasi pada kebutuhan industri.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Program ini didukung LPPM UNNES melalui skema DPA 2025 (DPA No. 139.032.693449/2025.01, 10 Maret 2025) sesuai Surat Perjanjian Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat bagi Dosen No. 501.14.3/UN37/PPK.11/2025.

DAFTAR REFERENSI

- Boopathi, S. (2024). Implementation of green manufacturing practices in automobile fields: A review. *Sustainable Machining and Green Manufacturing*, 221–248.
- Chang, R., & Little, T. D. (2018). Innovations for evaluation research: Multifform protocols, visual analog scaling, and the retrospective pretest–posttest design. *Evaluation & the Health Professions*, 41(2), 246–269.
- Fashu, S., Liu, Y., Zhang, B., Cai, X., Li, C., & Zheng, R. (2024). The potential of evaporation boats waste as a crucible material for casting: A review. *Indonesian Journal of Engineering and Science*, 5(1). <https://doi.org/10.51630/ijes.v5i1.95>
- Gravett, S., Petersen, N., & Ramsaroop, S. (2019). A university and school working in partnership to develop professional practice knowledge for teaching. *Frontiers in Education*, 3, 118. <https://doi.org/10.3389/educ.2018.00118>
- Haikal, K., Yusuf, N. K., Hamdan, A., & Nasha, E. (2024). Sustainable aluminum recycling method. *Journal of Multi-Disciplinary Engineering Reviews*, 1(1), 8–19.
- Huda, K., Rusiyanto, R., Iskandar, R., & Darsono, F. B. (2024). Analyzing the requirements for the creation of teaching resources for mechanical engineering practicum courses. In *Proceedings of the 5th Vocational Education International Conference (VEIC-5 2023)* (pp. 1270–1274). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-198-2_180
- Marsono, M., Qolik, A., Hakim, I. N., & Rusiyanto, R. (2024). The influences of microteaching and peer interaction on undergraduate student self-efficacy. In *Proceedings of the 5th Vocational Education International Conference (VEIC-5 2023)* (pp. 228–235). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-198-2_31
- Priyanto, K., Haniel, H., & Hidayah, F. N. (2022). Peningkatan kompetensi otomasi bagi siswa program keahlian teknik mesin SMK YP Colomadu. *Abdi Masya*, 3(2), 55–61.
- Priyanto, K., Kurniadi, N., Baihaqi, S. B. F., Gojandra, F. P. L., Kristiawan, R. B., Cahyanto, S. E., & Enita, S. (2025). Enhancing competence in battery-based electric vehicle installation and programming at SMK Negeri Jambu. *Jurnal Pelayanan Masyarakat*, 2(3). <https://doi.org/10.62951/jpm.v2i3.2162>
- Rifqi, M. I., Musyono, A. D. N. I., Rusiyanto, R., & Kriswanto, K. (2025). Pengembangan aplikasi pengelasan berbasis Android sebagai penunjang belajar siswa kelas XI SMK Negeri Jawa Tengah. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 5(3).

<https://doi.org/10.36312/panthera.v5i3.562>

- Siswoyo, J. F., Rusiyanto, R., Widodo, R. D., Sunyoto, S., & Fitriyana, D. F. (2023). Pengaruh ukuran partikel serbuk evaporation boats dalam pembuatan kowi terhadap kekuatan impact dan struktur makro. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(1), 13–21. <https://doi.org/10.15294/jrm.v14i1.38941>
- Tiwan, M., Widarto, M., & Ardian, A. (2017). Aluminum casting laboratory to develop competencies of vocational high school teacher candidate. In *International Conference on Technology and Vocational Teachers (ICTVT 2017)* (pp. 218–222). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/ictvt-17.2017.38>
- Wahjusaputri, S., & Bunyamin, B. (2022). Development of Teaching Factory competency-based for vocational secondary education in Central Java, Indonesia. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(1), 353–360. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i1.22137>
- Widodo, R. D., Rusiyanto, R., Athoillah, A., Setiadi, R., Bahatmaka, A., Darsono, F. B., Fitriyana, D. F., Siregar, J. P., Cionita, T., Ismail, R., Bayuseno, A. P., Irawan, A. P., & Guterres, N. F. D. S. (2023). Investigating the effect of molasses concentrations on the characterization of evaporation boat waste for crucible materials candidate. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 18(12), 1354–1364. <https://doi.org/10.59018/0623173>
- Gojandra, F. P. L., Priyanto, K., Cahyanto, S. E., Saputra, D. C., Wibowo, A. A. T., Rahmawati, A. H., & Enita, S. (2025). Peningkatan keterampilan dan produksi pakan berbasis silase bagi peternak sapi di Kecamatan Musuk. *Jurnal Suara Pengabdian* 45, 4(3), 19–27. <https://doi.org/10.56444/pwg4y651>
- Priyanto, K., Priyambodo, B. H., Palmiyanto, M. H., & Enita, S. (2025). Peningkatan kesadaran masyarakat dalam pencegahan penyebaran virus pasca pandemi melalui pembuatan dan pemanfaatan alat cuci tangan portabel di Kecamatan Colomadu. *Jurnal Suara Pengabdian* 45, 4(1), 8–18. <https://doi.org/10.56444/zn6ymn80idayati>
- S.N. (2016). Pengaruh Pendekatan Keras dan Lunak Pemimpin Organisasi terhadap Kepuasan Kerja dan Potensi Mogok Kerja Karyawan. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship*, 5(2), 57-66. <http://dx.doi.org/10.30588/SOSHUMDIK.v5i2.164>
- Risdwiyanto, A. & Kurniyati, Y. (2015). Strategi Pemasaran Perguruan Tinggi Swasta di Kabupaten Sleman Yogyakarta Berbasis Rangsangan Pemasaran. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship*, 5(1), 1-23. <http://dx.doi.org/10.30588/SOSHUMDIK.v5i1.142>
- Bator, R. J., Bryan, A. D., & Schultz, P. W. (2011). Who Gives a Hoot?: Intercept Surveys of Litterers and Disposers. *Environment and Behavior*, 43(3), 295–315. <https://doi.org/10.1177/0013916509356884>