

**PENINGKATAN KUALITAS PRODUK KNALPOT *AFTERMARKET*
PURBALINGGA MELALUI PENERAPAN TEKNOLOGI PATEN,
LEAN MANUFACTURING, MANAJEMEN K3, SERTA
PENINGKATAN TEKNOLOGI MANUFAKTUR**

**Ahmad Roziqin^{1*}, Arif Ainur Rafiq², Ahmad Mustamil Khoiron³,
& Bayu Wiratama⁴**

¹Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Jalan Kolonel H. R. Hadijanto, Semarang, Jawa Tengah 50229, Indonesia

²Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Jurusan Rekayasa dan Mekatronika, Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dr. Soetomo Nomor 1, Cilacap, Jawa Tengah 53212, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Kejuruan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Negeri Semarang, Jalan Lamongan Tengah Nomor 2, Semarang, Jawa Tengah 50233, Indonesia

⁴Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Negeri Semarang, Jalan Kolonel H. R. Hadijanto, Semarang, Jawa Tengah 50229, Indonesia

*Email: ar_unnes@mail.unnes.ac.id

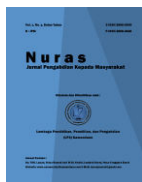
Submit: 14-11-2025; Revised: 19-03-2026; Accepted: 31-03-2026; Published: 17-04-2026

ABSTRAK: Pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk knalpot melalui penerapan teknologi berbasis paten IDS000008763 untuk menurunkan kebisingan dan paten IDS0020231494 untuk menurunkan emisi gas buang pada dua mitra pengabdian, yaitu RCM *Java Racing* dan JRC *Muffler*. Metode pelaksanaan pengabdian dilakukan dengan ceramah dan diskusi pada kegiatan sosialisasi regulasi, demonstrasi, dan praktik pada kegiatan pelatihan teknologi, implementasi sistem manajemen K3 dan *lean production*, dan peningkatan teknologi manufaktur. Hasil pengabdian menunjukkan peningkatan kapasitas produksi mitra JRC dan RCM dari 100 unit menjadi 150 unit per bulan, penurunan limbah dengan penerapan *lean manufacturing* sebesar 50%, dan peningkatan kualitas emisi serta kebisingan produk sesuai dengan regulasi pemerintah. Transformasi manajemen tercapai dengan penurunan *incident rate* K3 sebesar 89%. Program ini berhasil mengubah UMKM knalpot dari sektor informal menjadi usaha berorientasi kualitas, regulasi, dan keberlanjutan.

Kata Kunci: Emisi, Kebisingan, Knalpot *Aftermarket*, Regulasi Kendaraan, UMKM Purbalingga.

ABSTRACT: This community service program aims to improve the quality of exhaust products through the application of patent-based technology IDS000008763 to reduce noise and patent IDS0020231494 to reduce exhaust emissions for two service partners, RCM *Java Racing* and JRC *Muffler*. The service implementation method included lectures and discussions during regulatory outreach activities, demonstrations and practical exercises during technology training activities, implementation of an OHS management system and *lean production*, and improvements in manufacturing technology. The results of the service program showed an increase in the production capacity of JRC and RCM partners from 100 to 150 units per month, a 50% reduction in waste through the implementation of *lean manufacturing*, and an improvement in the quality of emissions and product noise in accordance with government regulations. Management transformation was achieved with an 89% reduction in the OHS incident rate. This program successfully transformed the exhaust MSME from an informal sector to a business oriented towards quality, regulation, and sustainability.

Keywords: Emissions, Noise, *Aftermarket Mufflers*, Vehicle Regulations, Purbalingga MSMEs.



How to Cite: Roziqin, A., Rafiq, A. A., Khoiron, A. M., & Wiratama, B. (2026). Peningkatan Kualitas Produk Knalpot *Aftermarket* Purbalingga melalui Penerapan Teknologi Paten, *Lean Manufacturing*, Manajemen K3, serta Peningkatan Teknologi Manufaktur. *Nuras : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(2), 683-691. <https://doi.org/10.36312/nuras.v6i2.797>



Nuras : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

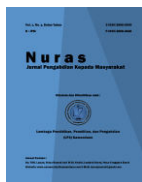
PENDAHULUAN

Industri manufaktur knalpot *aftermarket* Purbalingga telah berkembang sejak tahun 1960 dan diakui sebagai sentra industri nasional dengan kontribusi ekonomi signifikan. Data menunjukkan sektor ini mencakup 204 IKM pengrajin, menyerap 1.326 tenaga kerja terampil, dan menghasilkan nilai produksi Rp 138,7 miliar per tahun (Febriani, 2022). Namun secara hukum, produk knalpot *aftermarket* buatan Purbalingga terbukti melanggar peraturan lalu lintas pasal 285, pasal 210, pasal 48, dan pasal 64 (Irawan, 2024). Pada Tahun 2023 tercatat 1.200 kasus tilang knalpot brong di Jawa Tengah (Koran KPK, 2023), mengancam keberlangsungan industri yang menjadi penopang hidup 1.326 keluarga terutama mitra pengabdian JRC *Muffler* dan RCM *Java Racing*.

Berdasarkan kegiatan survei yang dilakukan di lapangan kepada kedua mitra, permasalahan utama terletak pada desain konvensional yang hanya berfokus pada estetika dan performa tanpa mempertimbangkan rekayasa akustik atau pengendalian emisi. Selain permasalahan emisi dan kebisingan, masalah mitra juga terdapat pada aspek produksi yang masih mengandalkan alat yang sederhana dengan teknologi secara manual. Aspek permasalahan lainnya terdapat pada aspek manajemen pengelolaan bengkel yang kurang terstruktur dan mengabaikan kesehatan dan keselamatan kerja. Studi oleh Roziqin *et al.* (2023) mengembangkan tabung peredam suara dengan pelat kerucut, sementara penelitian Septiyanto *et al.* (2024) menganalisis performa dan emisi knalpot HPLPM dengan variasi jarak *catalytic converter*. Teknologi tersebut merupakan solusi yang dapat diterapkan kepada mitra untuk mengatasi permasalahan emisi dan kebisingan.

Penguatan dari aspek produksi dilakukan dengan menghadirkan alat pengelasan dengan daya lebih tinggi untuk menghasilkan kualitas las yang sesuai dengan standar kebutuhan pasar. Kebutuhan pasar akan kualitas pengelasan yang lebih baik harus diimbangi dengan pemenuhan fasilitas produksi yang lebih bagus. Solusi yang diberikan dari aspek manajemen adalah memanfaatkan *lean manufacturing* dan penerapan K3. Dengan metode ini mampu memberikan manfaat yang signifikan pada proses produksi (Luzuriaga-Velasquez *et al.*, 2023). *Lean manufacturing* juga mampu memberikan peningkatan produktivitas dan pengurangan sampah produksi yang sangat membantu produksi (Corro *et al.*, 2024). Dengan pemanfaatan manajemen tersebut, maka mitra memperoleh solusi yang tepat akan permasalahan yang dialami dalam kegiatan proses produksi knalpotnya.

Kebaruan ilmiah dari pengabdian ini terletak pada penerapan terintegrasi teknologi berbasis paten IDS000008763 (sistem peredam kebisingan) dan paten IDS00202314946 (pengendali emisi) untuk memenuhi regulasi dari pemerintah. Kegiatan pengabdian lainnya juga meliputi pendekatan sistem manajemen *lean*



manufacturing dan peningkatan teknologi manufaktur untuk mengatasi permasalahan mitra UMKM RCM *Java Racing* dan JRC *Muffler*. Tujuan pengabdian ini adalah meningkatkan kualitas produk knalpot *aftermarket* melalui: 1) penerapan teknologi berbasis paten untuk memenuhi standar emisi dan kebisingan; 2) peningkatan teknologi manufaktur; dan 3) penguatan sistem manajemen *lean manufacturing* dan K3.

METODE

Jenis pengabdian yang dilaksanakan adalah pemberdayaan berbasis kewirausahaan dengan pendekatan *case study* (Yin, 2018). Alur pelaksanaan mengikuti model *five-stage community development* yang terdiri dari persiapan, perencanaan partisipasi, implementasi, monitoring, dan evaluasi keberlanjutan (Chevalier & Buckles, 2019). Durasi kegiatan pengabdian berlangsung selama 2 bulan, kegiatan dilakukan secara bertahap tiap satu minggu sekali. Jumlah total peserta pada kegiatan ini berjumlah 20 orang dari 2 mitra kegiatan pengabdian, terdiri dari 10 orang perwakilan dari RCM *Java Racing* dan 10 orang dari JRC *Muffler*, meliputi pemilik usaha, kepala produksi, dan operator.

Operasionalisasi Tahapan Pengabdian

Sosialisasi dan Analisis Kebutuhan (Minggu 1-2)

Kegiatan berupa *workshop* partisipatif selama 4 jam per pertemuan; Durasi 2 pertemuan (2x4 jam); Perangkat yang digunakan berupa modul regulasi lalu lintas dan SNI, lembar kerja analisis SWOT, dan kuesioner identifikasi kebutuhan; dan *Output* adalah peta kebutuhan teknologi dan manajemen mitra serta rencana kerja bersama.

Pelatihan Teknis (Minggu 3-4)

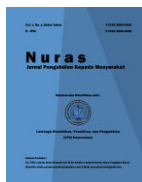
Pelatihan fabrikasi presisi, pengelasan, dan penggunaan alat uji; Durasi 4 pertemuan (4x5 jam); Perangkat yang digunakan berupa modul teknis, mesin las berdaya tinggi, *rotary welding positioning*, *gas analyzer* (tipe: NHA-506), *sound level meter* (tipe: Krisbow KW06-291), serta 5 unit prototipe knalpot untuk praktik; dan *Output*-nya peserta terampil mengoperasikan alat uji dan menghasilkan las sesuai standar.

Implementasi Teknologi dan Manajemen (Minggu 5-6)

Penerapan langsung teknologi paten dan sistem baru di lantai produksi; Durasi 2 minggu (pendampingan harian); Perangkat yang digunakan berupa perlengkapan K3, skema *lean production*, proses produksi berbasis paten; dan *Output*-nya adalah prototipe produk jadi dengan spesifikasi paten dan tata letak produksi yang lebih teratur.

Monitoring dan Evaluasi (Minggu 7-8)

Pengukuran capaian menggunakan instrumen baku; Instrumen monitoringnya berupa formulir *checklist lean manufacturing* (5S), form audit K3 (identifikasi bahaya), dan lembar inspeksi kualitas produk. Instrumen evaluasi yaitu lembar uji emisi dan kebisingan (mengacu pada SNI 19-7118.3-2005 untuk kebisingan), formulir pencatatan produksi harian, dan kuesioner kepuasan mitra. Indikator capaian yaitu: 1) kualitas produk (*reject rate* $\leq 10\%$); 2) kepatuhan regulasi (emisi CO $\leq 1,0$ g/km & kebisingan ≤ 80 dB); 3) manajemen (*incident rate* K3 ≤ 2 per 200.000 jam kerja); dan 4) produktivitas (kapasitas produksi ≥ 150



unit/bulan). Hasil pengukuran tersebut kemudian dianalisis secara berkala untuk menentukan tindakan perbaikan berkelanjutan.

Variabel dan Metode Pengukurannya

Variabel Bebas (Intervensi)

Variabel bebasnya antara lain: 1) teknologi paten dan pengelasan, yaitu penerapan desain peredam plat kerucut dan katalis pada knalpot. Diukur melalui kesesuaian produk akhir dengan gambar teknis paten serta kualitas pengelasan; 2) *lean manufacturing*, yaitu penerapan prinsip 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke*) dan standardisasi kerja yang diukur menggunakan *checklist* 5S dengan skor kepatuhan (0-100%); dan 3) sistem manajemen K3, yaitu penerapan prosedur keselamatan kerja yang diukur melalui frekuensi audit K3 dan jumlah *near miss*.

Variabel Terikat (Hasil)

Variabel terikatnya antara lain: 1) tingkat kebisingan, yaitu diukur menggunakan *sound level meter* pada jarak 0,5 meter dari ujung knalpot dengan rpm mesin 5.000. Pengukuran dilakukan 3 kali dan diambil rata-ratanya (dalam dB); 2) tingkat emisi gas buang, yaitu diukur menggunakan *gas analyzer* untuk kandungan CO (g/km) dan HC (g/km) pada rpm *idle* dan 5.000 rpm yang mengacu pada prosedur uji tipe kendaraan bermotor; 3) *lean manufacturing*, yaitu persentase pengolahan sampah sisa produksi menjadi komponen yang mampu digunakan dan dijual (jumlah sampah/konversi sampah ke produk) x 100%; 4) kapasitas produksi, yaitu jumlah unit knalpot yang berhasil diproduksi dalam satu bulan; dan 5) *incident rate* K3, yaitu jumlah kecelakaan kerja per 8 jam kerja yang dihitung berdasarkan formulir laporan kecelakaan.

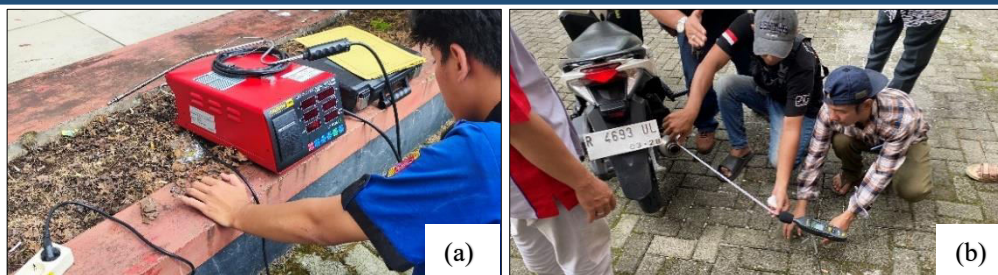
Metode Evaluasi

Evaluasi keberhasilan program dilakukan dengan metode *pretest* dan *posttest* pada seluruh variabel terikat. Data kuantitatif dianalisis secara deskriptif komparatif untuk melihat selisih peningkatan. Kriteria keberhasilan ditetapkan berdasarkan: 1) berhasil jika indikator capaian terpenuhi >80%; 2) cukup berhasil jika 70-80% indikator terpenuhi; dan 3) kurang berhasil jika <70% indikator terpenuhi. Partisipasi mitra dievaluasi melalui laporan harian progres produksi, pengujian emisi dan kebisingan, dan pengujian secara visual terhadap produk mitra.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Peningkatan Kualitas Produk Berbasis Paten

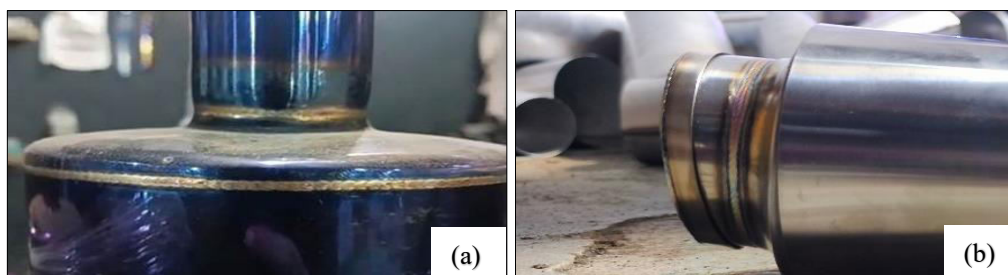
Implementasi teknologi paten IDS000008763 dan IDS00202314946 berhasil diterapkan pada produk knalpot mitra. Dengan pelatihan pembentukan dan pendampingan, mitra berhasil mengadopsi teknologi paten dengan baik dan diterapkan pada produk knalpot *aftermarket*-nya. Penerapan paten tersebut mampu meningkatkan kualitas produk secara signifikan. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan penurunan tingkat kebisingan knalpot mitra dari 98 dB menjadi 78 dB (memenuhi standar KLHK ≤ 80 dB), emisi CO dari 2,5 g/km menjadi 0,8 g/km (standar $\leq 1,0$ g/km), dan emisi HC dari 0,3 g/km menjadi 0,07 g/km (standar $\leq 0,1$ g/km). Inovasi plat kerucut berlubang dilengkapi katalis karbon aktif terbukti efektif meredam suara dan emisi tanpa mengurangi performa.



Gambar 1. (a) Pengukuran Emisi; dan (b) Pengukuran Kebisingan Knalpot Mitra.

Hasil Peningkatan Teknologi Manufaktur

Peningkatan teknologi manufaktur dilakukan dengan peningkatan teknologi pengelasan yang awalnya menggunakan daya 200 A ditingkatkan menjadi 250 A. Hasil penggunaan mesin las berdaya tinggi dan *rotary welding positioning* menjadikan struktur sambungan yang lebih kuat dan rapi. Kualitas produk meningkat dari 65% menjadi 92%, sementara *cost of quality* turun dari 18% menjadi 7% dari *revenue*. Temuan ini sejalan dengan penelitian Cahya & Yasin (2024) yang menyatakan bahwa penerapan alat dan mesin manufaktur presisi meningkatkan kemampuan teknis dan mengurangi tingkat cacat di UKM.



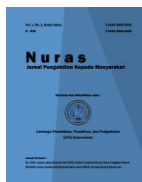
Gambar 2. (a) Perbandingan Hasil Pengelasan Sebelum; dan (b) Sesudah Implementasi.

Hasil Transformasi Sistem Manajemen K3 dan *Lean Manufacturing*

Implementasi *lean manufacturing* dan K3 terstruktur berhasil menurunkan *incident rate* dari 8,5 menjadi 1,2 per 200.000 jam kerja (-85,9%). *Near miss reporting* meningkat dari 2 menjadi 10 laporan per bulan (+500%), menunjukkan peningkatan budaya *safety*. Penerapan *lean manufacturing* dilakukan dengan pengolahan bahan sisa menjadi komponen *bracket* knalpot. Bahan sisa yang terbuang mampu diolah sebanyak 50% menjadi komponen, dan sisanya dijual kembali dalam bentuk sampah produksi logam.



Gambar 3. (a) Penerapan K3; dan (b) *Lean Manufacturing* di Lokasi Mitra.



Hasil ini konsisten dengan studi Ibikunle *et al.* (2024) yang menemukan bahwa implementasi *lean manufacturing* efektif mendorong UKM mengadopsi industri 4.0, terutama ketika terstruktur dan berfokus pada integrasi manajemen kualitas total.

Diskusi Hasil Kegiatan

Peningkatan Kualitas Produk Berbasis Paten

Penerapan teknologi paten IDS000008763 dan IDS00202314946 pada produk knalpot memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap peningkatan kualitas produk. Penurunan kebisingan dikarenakan struktur peredam yang berbentuk kerucut membantu menurunkan tekanan dan suara dari gas buang (Roziqin *et al.*, 2024). Seluruh parameter utama yang menjadi indikator kualitas emisi CO dan HC mengalami penurunan drastis, sesuai dengan penelitian yang dilakukan Susanto *et al.* (2024) juga berhasil melampaui ambang batas standar yang ditetapkan oleh KLHK. Justifikasi seluruh indikator capaian terpenuhi 100%. Inovasi pelat kerucut berlubang dengan katalis karbon aktif terbukti efektif sebagai solusi teknologi yang tepat guna dan ramah lingkungan, sehingga masuk kategori berhasil.

Peningkatan Teknologi Manufaktur

Peningkatan teknologi manufaktur melalui adopsi mesin las berdaya lebih tinggi (250 A) dan *rotary welding positioning* terbukti sangat efektif. Peningkatan kualitas produk hingga 92% menunjukkan bahwa teknologi baru ini berhasil meminimalkan cacat produksi dan menghasilkan struktur sambungan yang lebih kuat dan rapi. Penurunan *cost of quality* secara signifikan mengindikasikan efisiensi biaya yang tinggi, karena pengeluaran untuk pengerjaan ulang (*rework*), *scrap*, dan inspeksi berkurang drastis. Justifikasi indikator peningkatan kualitas produk mencapai 92% (>80%) dan penurunan *cost of quality* juga menunjukkan efisiensi yang melampaui target. Hal ini sejalan dengan literatur yang menyebutkan bahwa teknologi presisi meningkatkan kemampuan teknis UKM (Roziqin *et al.*, 2022), dan pada aspek ini masuk pada kategori berhasil.

Transformasi Sistem Manajemen K3 dan Lean Manufacturing

Transformasi sistem manajemen K3 dan penerapan *lean manufacturing* memberikan hasil yang luar biasa.

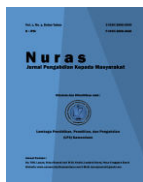
1) Aspek K3

Penurunan *incident rate* sebesar 85,9% menunjukkan lingkungan kerja yang jauh lebih aman. Lonjakan drastis dalam pelaporan *near miss* (naik 500%) adalah indikator positif yang menunjukkan bahwa budaya keselamatan (*safety culture*) di kalangan pekerja telah terbangun dengan baik. Pekerja kini lebih sadar dan proaktif dalam melaporkan potensi bahaya sebelum terjadi kecelakaan.

2) Aspek *Lean Manufacturing*

Pengolahan 50% bahan sisa menjadi produk bernilai (*bracket*) menunjukkan implementasi *lean manufacturing* yang sukses dalam meminimalkan *waste* (pemborosan) dan menciptakan nilai tambah dari material yang sebelumnya terbuang.

Justifikasi penurunan *incident rate* sebesar 85,9% (>80%) memenuhi kriteria sangat berhasil. Peningkatan *near miss* menunjukkan efektivitas program pelatihan K3. Pemanfaatan limbah 50% menjadi komponen baru menunjukkan



implementasi *lean* yang efektif, mengurangi limbah, dan menambah pendapatan (Corro *et al.*, 2024). Semua indikator utama menunjukkan capaian >80%, sehingga masuk dalam kategori berhasil.

Program hilirisasi teknologi dan pendampingan manufaktur yang dilakukan menunjukkan hasil yang sangat memuaskan. Ketiga aspek utama yang menjadi fokus program, yaitu peningkatan kualitas produk berbasis paten, peningkatan teknologi manufaktur, dan transformasi sistem manajemen K3 dan *lean manufacturing*. Seluruhnya masuk dalam kategori berhasil dengan seluruh indikator kuantitatif melampaui target >80%. Keberhasilan ini tidak hanya meningkatkan daya saing produk mitra melalui kualitas yang unggul dan ramah lingkungan, tetapi juga membangun fondasi operasional yang lebih efisien, modern, dan berkelanjutan. Dari aspek lingkungan, pemanfaatan limbah besi menjadi komponen *bracket* mendukung prinsip ekonomi sirkular, sementara produk ramah lingkungan mendukung program hijau pemerintah (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, 2021).

SIMPULAN

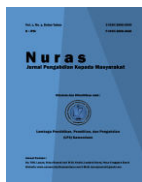
Berdasarkan pelaksanaan pengabdian masyarakat, dapat disimpulkan bahwa: 1) program pengabdian masyarakat ini berhasil meningkatkan kualitas dan daya saing UMKM knalpot Purbalingga melalui penerapan teknologi dan manajemen terpadu. Implementasi teknologi berbasis paten IDS000008763 dan IDS00202314946 terbukti mampu menurunkan tingkat emisi dan kebisingan, sehingga produk memenuhi standar KLHK; 2) peningkatan teknologi manufaktur melalui adopsi mesin las berdaya lebih tinggi dan *rotary welding positioning* terbukti sangat efektif. Peningkatan kualitas produk hingga 92% menunjukkan bahwa teknologi baru ini berhasil meminimalkan cacat produksi dan menghasilkan struktur sambungan yang lebih kuat dan rapi; dan 3) transformasi sistem manajemen melalui implementasi *lean manufacturing* dan K3 terstruktur meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas mitra dengan pengurangan sampah sisa produksi sebesar 50% dan pengurangan *incident rate* sebesar 89%.

SARAN

Berdasarkan hasil pengabdian yang telah dilaksanakan, disarankan: 1) pemanfaatan teknologi perlu ditingkatkan supaya mitra dapat memperoleh manfaat yang lebih baik dari kegiatan pengabdian; 2) perlu pendampingan berkelanjutan untuk percepatan pendaftaran HKI dan sertifikasi produk guna memperkuat perlindungan hukum; dan 3) perlunya kerja sama multi pihak dengan pemerintah daerah dan asosiasi industri untuk replikasi model pemberdayaan ini pada sentra industri sejenis.

UCAPAN TERIMA KASIH

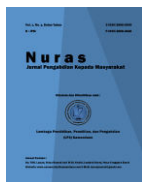
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi Republik Indonesia, yang telah mendanai pengabdian melalui skema Pemberdayaan Mitra Usaha Produk Unggulan Daerah Tahun 2025. Terima kasih juga disampaikan kepada mitra RCM



Java Racing dan JRC Muffler, serta Pemerintah Kelurahan Wirasana yang telah berpartisipasi aktif dalam program pengabdian.

REFERENSI

- Cahya, R. D., & Yasin, M. (2024). Strategi Industri Manufaktur dalam Meningkatkan Percepatan Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Bisnis dan Kewirausahaan*, 1(4), 19-22. <https://doi.org/10.69714/pevd1v26>
- Chevalier, J. M., & Buckles, D. J. (2019). *Participatory Action Research: Theory and Methods for Engaged Inquiry (2nd Ed.)*. Oxfordshire: Routledge.
- Corro, D., Tisnado, M., Ontaneda-Portal, M., & Algoner, W. C. (2024). A Systematic Review of the Lean Model Manufacturing in the Supply Chain of the Metal-Mechanical Companies. In *Proceedings of the 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology* (pp. 1-9). San Jose, Costa Rica: The Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions (LACCEI).
- Febriani, L. (2022). Retrieved March 24, 2026, from Tribunnews. Interactwebsite: <https://www.tribunnews.com/otomotif/2022/08/31/industri-knalpot-di-purbalingga-kian-produktif-nilai-produksi-tembus-rp%201387-miliar>
- Ibikunle, A. K., Rajemi, M. F., & Zahari, F. M. (2024). Implementation of Lean Manufacturing Practices and Six-Sigma among Malaysian Manufacturing SMEs: Intention to Implement IR 4.0 Technologies. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 41(2), 447-468. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2022-0086>
- Irawan, S. (2024). Retrieved March 24, 2026, from Kompas. Interactwebsite: <https://regional.kompas.com/read/2024/01/09/100352078/sanksi-penggunaan-knalpot-brong-apa-saja>
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. (2021). *Implementasi Bisnis Hijau dan Pembangunan Berkelanjutan bagi Dunia Perbankan*. Jakarta: Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia.
- Koran KPK. (2023). Retrieved March 24, 2026, from KoranKPK. Interactwebsite: <https://korankpk.com/sepanjang-operasi-patuh-candi-2023-polda-jateng-tilang-ratusan-ribu-pelanggar-lain/>
- Luzuriaga-Velasquez, J. E., Luzuriaga-Eyzaguirre, C. E., Algoner, W. C., & Luque-Sanca, C. E. (2023). Lean Manufacturing y su Efecto Sobre la Productividad: Revisión Sistemática en la Literatura entre el 2013 y el 2023 en Compañías Industriales del Sector Textil. In *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development* (pp. 1-9). Florida, USA: The Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions (LACCEI), Florida Atlantic University.
- Roziqin, A., Kriswanto, K., Septiyanto, A., Munako, I., Hangga, A., Wiratama, B., Prasetyo, M., & Fathkhurokhan, N. (2024). Comparative Test Analysis of Exhaust Noise of OEM, HPLPM and Free Flow Under Three Test Conditions. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*,



-
- 1381(1), 1-10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1381/1/012005>
- Roziqin, A., Kriswanto, K., & Widjanarko, W. (2023) Tabung Peredam Suara pada Knalpot dengan Plat Kerucut. *IDN Patent No. IDS000006790*.
- Roziqin, A., Suwahyo, S., Septiyanto, A., Anggoro, A. B., & Herunandi, R. I. D. (2022). Pelatihan Produksi *Silincer Free Flow* Ramah Lingkungan bagi Bengkel Knalpot dan Bengkel Las. *Surya Abdimas*, 6(3), 432-440. <https://doi.org/10.37729/abdimas.v6i3.1665>
- Septiyanto, A., Roziqin, A., Suwahyo, S., Kriswanto, K., Hapsoro, B. B., Fauzi, I., Hangga, A., Wiratama, B., Suni, A. F., Fauzi, M., & Arrizki, M. M. (2024). Analysis of Engine Performance and Emission of HPLPM Exhaust with Catalytic Converter Distance Variation. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, 1381(1), 1-15. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1381/1/012006>
- Susanto, N. F., Roziqin, A., Naryanto, R. F., & Mujaki, A. (2024). Effect of Using a High Performance-Low Pollution Muffler (HPLPM) with Catalytic Converter on Fuel Consumption and Performance of 110cc. *JMEL : Journal of Mechanical Engineering Learning*, 13(1), 17-22. <https://doi.org/10.15294/jmel.v13.i1.7934>
- Umar, A., Sugiharto, S., & Hartanto, H. (2020). Improving the Business Performance of SMEs through Digital Marketing Training. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 12(8), 279-293.
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods (6th Ed.)*. California: SAGE Publications.