

Pengembangan Kompetensi Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung dalam Era Industri 4.0: Pembekalan Inovasi, Kewirausahaan, dan Kolaborasi dengan Industri

Hadi Prayitno^{1*}, Iskandarsyah², ZF Arif BS³ dan An-Nisa Magnolia⁴

^{1,4}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung; e-mail: hadi.prayitno@eng.unila.ac.id

²PT Anjosia Corp

³Dinas Tenaga Kerja Provinsi Lampung

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian ini telah dilaksanakan di Universitas Lampung untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa Teknik Mesin dalam menghadapi tantangan Industri 4.0. Mengingat pentingnya kesiapan lulusan dalam mengadaptasi teknologi baru dan tuntutan dunia kerja, kegiatan ini difokuskan pada tiga aspek utama: inovasi dan kewirausahaan, profesionalisme dan budaya K3, serta sinergi kampus dan industri. Program ini bertujuan untuk membekali mahasiswa dengan keterampilan teknis dan non-teknis yang relevan dengan kebutuhan industri digital. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi *pre-test* dan *post-test*, diskusi kelompok, serta simulasi berbasis industri. Evaluasi menunjukkan peningkatan pemahaman mahasiswa yang signifikan dalam setiap topik, dengan mahasiswa mampu mengidentifikasi peluang inovatif di sektor teknologi dan memahami pentingnya kolaborasi antara dunia akademik dan industri. Kolaborasi ini juga membantu mahasiswa untuk memahami dan mengaplikasikan budaya K3 dalam konteks Industri 4.0. Hasil menunjukkan bahwa pengabdian ini berhasil dalam mempersiapkan mahasiswa untuk berinovasi, berkolaborasi dengan industri, serta mengintegrasikan prinsip keselamatan dan profesionalisme dalam pekerjaan mereka. Program ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menghasilkan lulusan yang siap menghadapi tantangan di dunia industri yang semakin berkembang.

Kata kunci: Industri 4.0, inovasi, kewirausahaan, profesionalisme, K3, kolaborasi kampus dan industri

ABSTRACT

This community service activity was held at Universitas Lampung to improve the skills of Mechanical Engineering students in facing the challenges of Industry 4.0. Recognizing the importance of ensuring graduates are ready to adapt to new technologies and industry needs, the program focused on three key areas: innovation and entrepreneurship, professionalism and occupational safety and health (K3), and the connection between campus and industry. The goal was to equip students with both technical and non-technical skills relevant to the digital industry. The methods used included pre-tests and post-tests, group discussions, and industry-based simulations. Evaluation results showed a significant increase in students' understanding of all topics, with students becoming better at spotting innovative opportunities in technology and understanding the need for collaboration between academia and industry. This partnership also helped students learn and apply K3 principles within Industry 4.0. The results demonstrate that the program effectively prepared students to innovate, work with industry, and incorporate safety and

professionalism into their careers. Overall, the program aims to produce graduates who are ready to meet the changing demands of the industrial world.

Keywords: *Industry 4.0, innovation, entrepreneurship, professionalism, occupational safety and health (K3), campus-industry collaboration*

1. Pendahuluan

Era Industri 4.0 telah membawa perubahan yang mendalam pada berbagai sektor, terutama di bidang teknik dan manufaktur. Kemajuan teknologi seperti otomatisasi, kecerdasan buatan (AI), *Internet of Things* (IoT), dan *big data* telah menciptakan paradigma baru dalam cara kerja dan interaksi industri. Transformasi ini menuntut mahasiswa teknik mesin untuk mengembangkan kompetensi yang tidak hanya mencakup pengetahuan teknis, tetapi juga kemampuan untuk berkolaborasi, berinovasi, dan beradaptasi dengan cepat dalam menghadapi tantangan yang kompleks di dunia industri modern (Marzuki et al., 2022).

Mahasiswa teknik mesin diharapkan untuk memahami peran strategis mereka dalam konteks perubahan yang dibawa oleh Industri 4.0. Kompetensi seperti pemecahan masalah dan kemampuan inovasi menjadi sangat penting. Penelitian menunjukkan bahwa lulusan yang mempelajari dan menerapkan teknologi digital memiliki keunggulan kompetitif di pasar tenaga kerja (Muzulon et al., 2025). Oleh karena itu, pendidikan harus adaptif dan terintegrasi dengan umpan balik dari industri untuk mendekatkan kesenjangan antara keterampilan yang dibutuhkan oleh industri dan yang diperoleh selama masa studi (Quraishi et al., 2023).

Seiring berkembangnya tantangan dari perubahan iklim dan kebutuhan untuk transisi energi, mahasiswa juga perlu memahami dampak lingkungan dari teknologi yang mereka gunakan (Zhang et al., 2021). Penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi hijau dalam industri dapat membantu mengurangi jejak karbon dan meningkatkan efisiensi sumber daya (Shahzad et al., 2022). Selain itu, kolaborasi antara institusi pendidikan dan industri harus dibangun untuk mempersiapkan mahasiswa tidak hanya dengan keterampilan teknis tetapi juga dengan kesadaran akan keberlanjutan dan tanggung jawab sosial dalam praktik industri (Esangbedo et al., 2023).

Dalam era yang berkembang pesat ini, pentingnya ketangguhan dan kecepatan adaptasi

dalam pendidikan teknik juga semakin jelas. Dengan memperkenalkan konsep-konsep seperti *digital twins* dan model bisnis berbasis data, dosen dapat membekali mahasiswa dengan alat dan pemahaman yang diperlukan untuk berinovasi dalam lingkungan yang dinamis. Penelitian lebih lanjut menegaskan bahwa investasi dalam teknologi dan pengembangan keterampilan sangat penting untuk meningkatkan daya saing dalam menghadapi tantangan global yang semakin kompleks (Amjad & Joshi, 2025).

Dengan menyikapi perubahan drastis yang terjadi akibat digitalisasi dan otomatisasi, mahasiswa teknik mesin dituntut untuk tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga sebagai inovator yang mampu menciptakan solusi baru yang berkelanjutan dan responsif terhadap tantangan sosial dan lingkungan (Leng et al., 2021). Melalui kegiatan semacam Program Pembekalan Mahasiswa Teknik Mesin, dengan fokus pada kolaborasi lintas disiplin dan inovasi teknologi, mahasiswa bisa mendapatkan wawasan dan keterampilan yang diperlukan untuk sukses di dunia yang serba cepat ini (Broo et al., 2022).

Dengan tantangan dan peluang yang diciptakan oleh fase transisi ini, mahasiswa perlu diberdayakan untuk menghadapi dan memaksimalkan teknologi yang ada (Diogo et al., 2023). Mereka harus siap tidak hanya untuk bekerja dalam lingkungan yang sudah terbentuk, tetapi juga untuk mengembangkan solusi baru yang relevan untuk tantangan yang akan datang (Chavira et al., 2023; Perumal, 2024). Melalui pendidikan yang terintegrasi dengan praktik terbaik dari industri, lulusan teknik mesin diharapkan dapat menjadi pemimpin yang efektif dalam era Industri 4.0 dan seterusnya (Baiming & Voskerichyan, 2024).

2. Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di Universitas Lampung dengan melibatkan mahasiswa program studi Teknik Mesin angkatan 2025, memiliki fokus dan pendekatan yang

terstruktur untuk mempersiapkan mahasiswa menyongsong Industri 4.0. Dengan melibatkan industri dan wirausaha sebagai mitra dalam kegiatan ini, mahasiswa akan mendapatkan wawasan dan pengetahuan berharga mengenai

kompetensi yang diperlukan dalam menghadapi tantangan teknologi terbaru serta inovasi yang relevan dengan kewirausahaan di era digital (Huang et al., 2024).



Gambar 1. Pelaksanaan Program Pembekalan Mahasiswa Teknik Mesin 2025
Sumber: Dokumentasi Tim Pengabdian, 2025

Tahapan pelaksanaan kegiatan pengabdian dibagi menjadi dua tahap utama: persiapan dan perencanaan, serta pelaksanaan kegiatan pembekalan. Pada tahap persiapan, penting dilakukan identifikasi kebutuhan keterampilan yang relevan dengan industri melalui pertemuan dengan mitra industri dan wirausaha. Hal ini sejalan dengan temuan Irfanullah et al. (2024), menekankan pentingnya kolaborasi antara pendidikan tinggi dan industri untuk mempersiapkan lulusan yang memiliki keahlian terapan yang sesuai dengan kebutuhan pasar (Marzuki et al., 2022; Prabhakar, 2025). Materi pelatihan yang dikembangkan selanjutnya mencakup *soft skills* dan *technical skills* yang diidentifikasi sebagai kunci dalam kesiapan

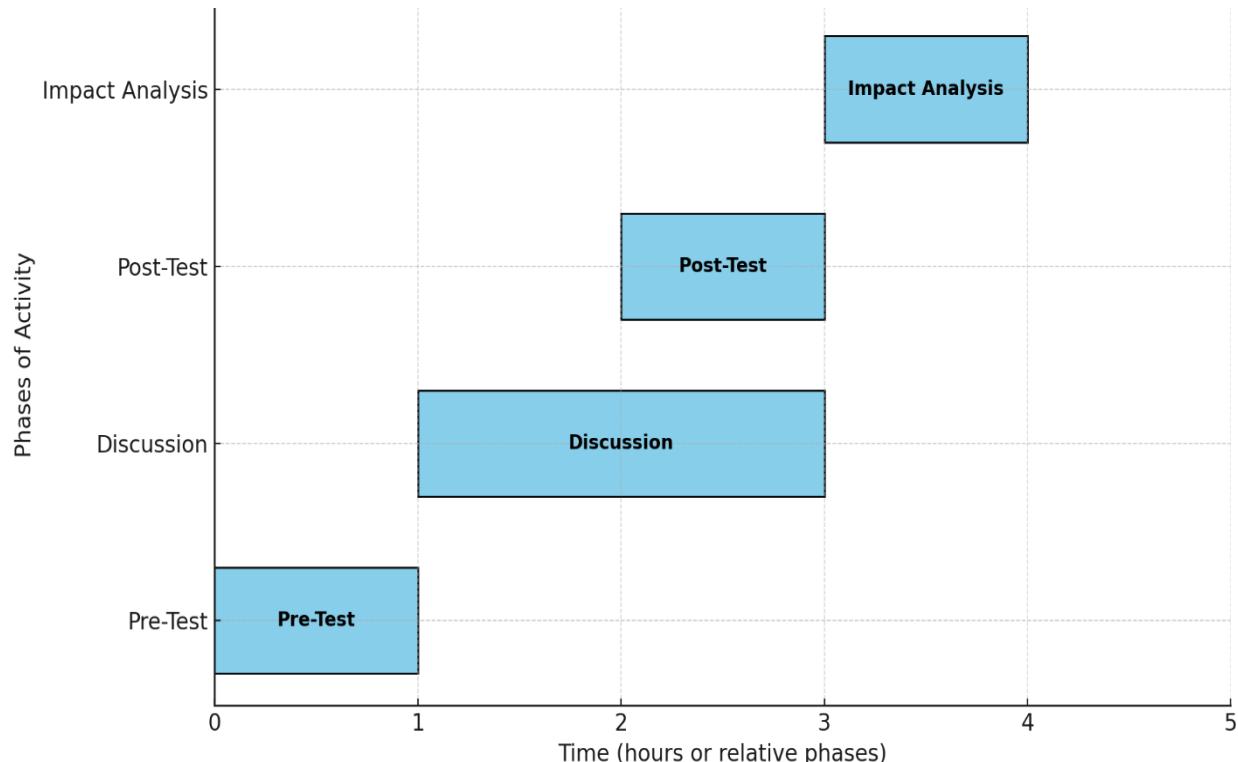
mahasiswa menghadapi dunia kerja modern serta pengembangan kewirausahaan yang inovatif di era Industri 4.0 (Qi et al., 2022).

Sesi pembekalan dilaksanakan selama satu hari, dimulai dengan pemaparan teori mengenai peran mahasiswa dalam industri. Bersamaan dengan itu, diskusi kelompok dan simulasi memberikan mahasiswa kesempatan untuk menerapkan pengetahuan teoritis mereka dalam konteks praktis. Hal ini penting untuk membentuk pola pikir inovatif yang diperlukan untuk beradaptasi pada dinamika industri yang selalu berubah, seperti yang ditekankan dalam studi yang menunjukkan bahwa mahasiswa yang terlibat dalam pembelajaran berbasis proyek

cenderung lebih siap untuk menghadapi tantangan di dunia kerja (Huang, 2021).

Pre-Test dan *Post-Test* juga dilakukan untuk mengukur perubahan pemahaman mahasiswa

sebelum dan setelah kegiatan, guna mengevaluasi dampaknya terhadap kesiapan mahasiswa dalam menghadapi dunia industri dan kewirausahaan.



Gambar 2. *Time Schedule* Program Pembekalan Mahasiswa Teknik Mesin 2025

Sumber: Dokumentasi Tim Pengabdian, 2025

Keterlibatan mitra pengabdian, baik dari sektor industri maupun wirausaha, berfungsi sebagai pendorong untuk menciptakan sinergi antara dunia akademik dan industri. Diskusi tentang kebutuhan keterampilan yang diperlukan juga dapat membantu merumuskan strategi pelatihan yang lebih efektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa program-program hibrida yang melibatkan interaksi langsung dengan praktisi industri mampu meningkatkan daya saing lulusan (Belouafa et al., 2017).

Program pengabdian ini bertujuan untuk memberdayakan mahasiswa dalam menghadapi perubahan Industri 4.0 dan mendukung transisi mereka menuju kewirausahaan yang inovatif. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan dan perubahan iklim, ada kebutuhan yang semakin mendesak untuk

mengintegrikan pendidikan teknik dengan sektor kewirausahaan demi menciptakan masa depan yang berkelanjutan dan bertanggung jawab (Bendig et al., 2023). Inisiatif semacam ini akan penting untuk mendukung visi industri yang tidak hanya berorientasi pada teknologi tetapi juga ramah lingkungan dan sosial (Sonar & Sathe, 2024).

Gambar 2 (tahapan pelaksanaan) menunjukkan urutan kegiatan yang dilaksanakan dalam pengabdian ini, dimulai dengan *Pre-Test*, dilanjutkan dengan sesi diskusi, kemudian *Post-Test*, dan ditutup dengan analisis dampak terhadap perubahan pandangan mahasiswa terkait kesiapan lulus dari program studi Teknik Mesin Universitas Lampung.

3. Pembahasan

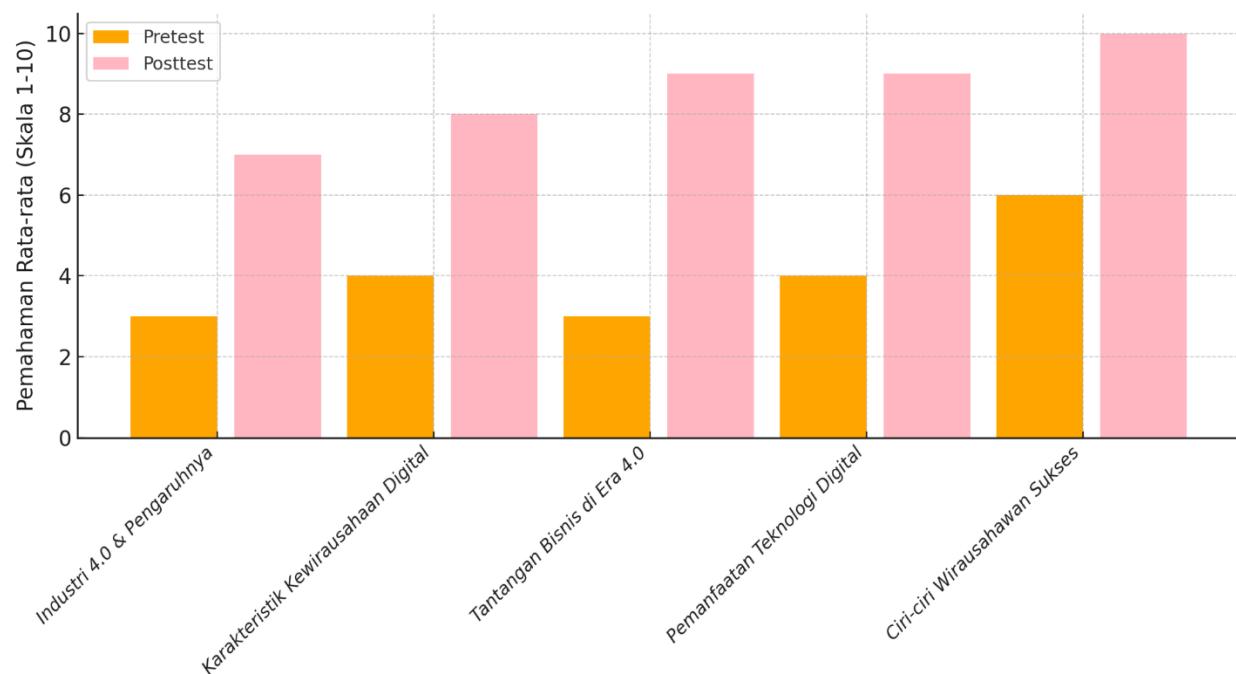
Pada kegiatan pengabdian yang dilaksanakan di Universitas Lampung untuk mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2025, terdapat tiga topik utama yang sangat penting dalam konteks pendidikan dan praktik profesional mereka, yaitu inovasi dan kewirausahaan, profesionalisme dan budaya K3 (keselamatan dan kesehatan kerja), serta sinergi kampus dan industri. Setiap topik dibahas secara mendalam untuk memberikan wawasan kepada mahasiswa mengenai tantangan dan peluang di era Industri 4.0. Dalam diskusi ini, kita akan membahas lebih dalam setiap topik berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test*, serta hasil pengamatan dari diskusi dan simulasi yang dilakukan.

Inovasi dan Kewirausahaan: Strategi untuk Menciptakan Peluang di Era Industri 4.0

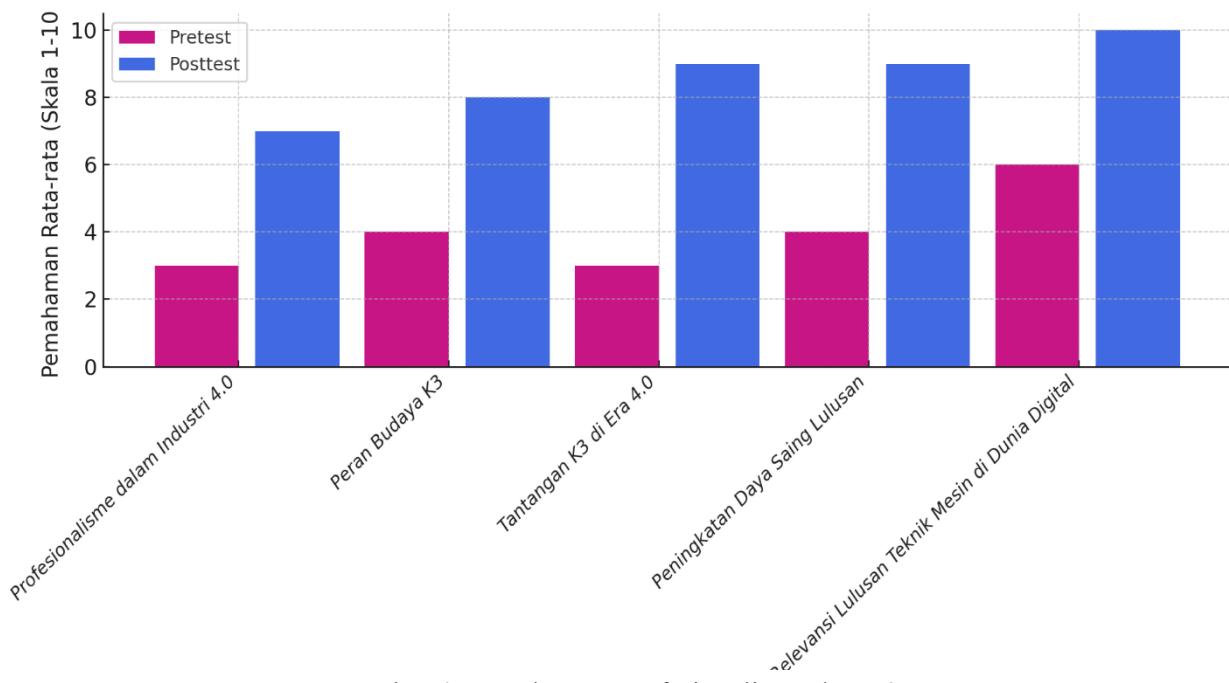
Inovasi dan kewirausahaan adalah keterampilan yang sangat penting bagi mahasiswa Teknik Mesin, terutama di era Industri 4.0, di mana teknologi digital memainkan peran

sentral dalam menentukan keberhasilan suatu bisnis. Selama sesi ini, mahasiswa tidak hanya diberikan penjelasan teori tentang kewirausahaan digital, tetapi juga diajarkan cara untuk mengidentifikasi peluang bisnis serta mengembangkan solusi inovatif menggunakan teknologi (Marzuki et al., 2022).

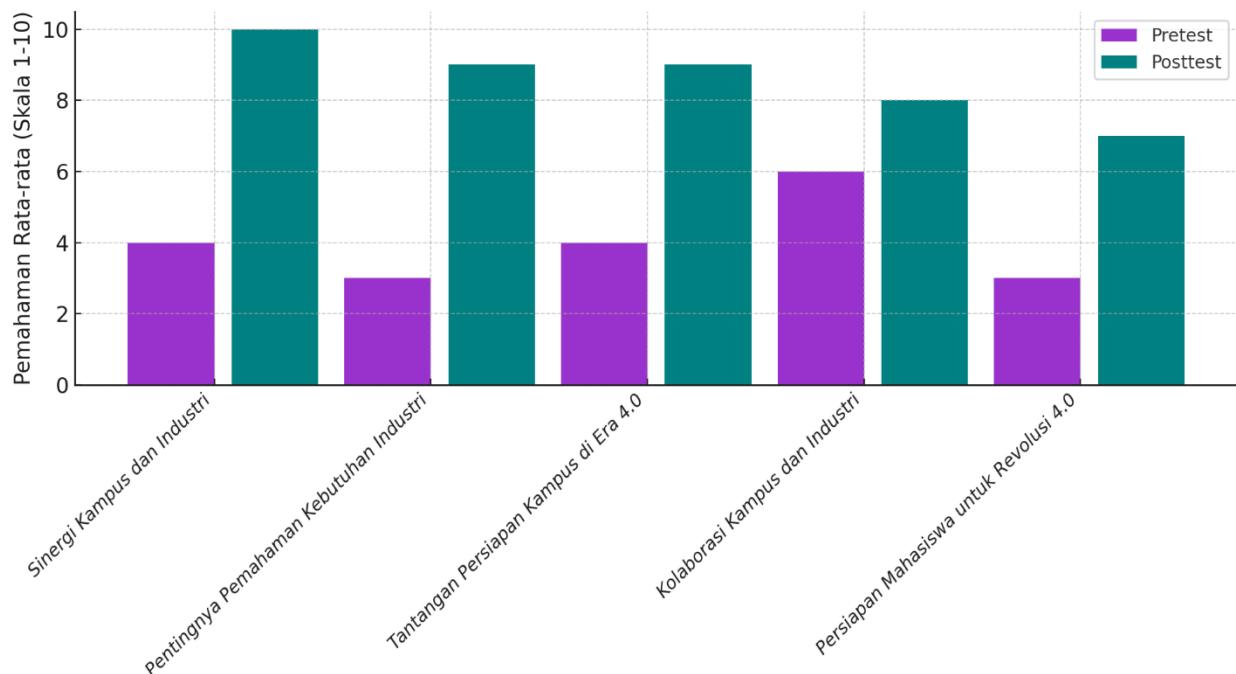
Gambar 3 menunjukkan hasil dari *pre-test* dan *post-test* yang memperlihatkan peningkatan yang signifikan dalam pemahaman mahasiswa mengenai konsep inovasi dan kewirausahaan. Sebelum pembekalan, hanya 3-6% peserta yang benar-benar memahami materi tersebut. Namun, setelah pembekalan, peningkatan jumlah mahasiswa yang menguasai topik ini meningkat menjadi sekitar 7-10 mahasiswa. Peningkatan ini sangat signifikan dan mencerminkan efektivitas metode pembelajaran yang melibatkan diskusi kelompok dan simulasi situasi nyata dalam dunia industri (Muzulon et al., 2025). Mahasiswa kini lebih mampu untuk mengidentifikasi peluang inovatif, baik dalam sektor teknologi digital maupun dalam konteks manufaktur cerdas.



Gambar 3. Pemahaman Inovasi dan Kewirausahaan
Sumber: Diolah dari data Tim Pengabdian, 2025



Gambar 4. Pemahaman Profesionalisme dan K3
Sumber: Diolah dari data Tim Pengabdian, 2025



Gambar 5. Pemahaman Sinergi Kampus dan Industri
Sumber: Diolah dari data Tim Pengabdian, 2025

Pemahaman mahasiswa terhadap inovasi digital dan kewirausahaan berbasis teknologi meningkat setelah mereka diberikan kesempatan untuk menganalisis studi kasus dan berpartisipasi dalam simulasi yang menggambarkan penerapan inovasi dalam industri. Hal ini menunjukkan bahwa pengajaran berbasis praktik dan interaksi langsung dengan materi yang relevan sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa.

Membangun Daya Saing Lulusan melalui Profesionalisme dan Budaya K3

Di era yang semakin terdigitalisasi, lulusan Teknik Mesin harus memiliki profesionalisme yang kuat serta pemahaman yang mendalam tentang budaya K3 (keselamatan dan kesehatan kerja). Dalam sesi ini, mahasiswa diberikan wawasan menyeluruh mengenai pentingnya penerapan standar keselamatan kerja yang tinggi, serta bagaimana kesadaran akan budaya K3 dapat meningkatkan produktifitas dan kesejahteraan di lingkungan kerja (Esangbedo et al., 2023).

Hasil *pre-test* dan *post-test* yang terlihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa terhadap budaya K3 meningkat secara signifikan. Sebelum pembekalan, mahasiswa hanya memiliki pengetahuan dasar tentang keselamatan kerja, tetapi setelahnya, mereka menunjukkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang bagaimana keselamatan harus diintegrasikan dalam setiap proses industri, baik itu yang manual ataupun otomatis. Hasil *post-test* menunjukkan peningkatan yang sangat positif dalam kesadaran mahasiswa akan pentingnya mengintegrasikan keselamatan dalam proses industri yang semakin terdigitalisasi.

Pentingnya budaya K3 dalam Industri 4.0 semakin ditekankan mengingat adanya peningkatan teknologi otomatisasi yang memungkinkan risiko yang lebih tinggi terhadap keselamatan kerja. Mahasiswa kini memiliki pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana keselamatan dan kesehatan kerja harus diintegrasikan dalam setiap lapisan proses manufaktur dan industri digital.

Sinergi Kampus dan Industri: Persiapan untuk Revolusi Industri 4.0

Sinergi antara kampus dan industri menjadi fondasi yang sangat penting untuk menciptakan

lulusan yang siap dan relevan di pasar tenaga kerja. Mahasiswa diberikan pengetahuan tentang bagaimana kolaborasi ini dapat memperkaya pengalaman belajar mereka dan mempersiapkan mereka dengan kompetensi yang sesuai dengan kebutuhan industri 4.0 (Heilala et al., 2023).

Hasil *pre-test* dan *post-test* seperti yang terlihat pada Gambar 5 menunjukkan bahwa mahasiswa awalnya kurang memahami pentingnya kolaborasi antara akademik dan industri. Namun, setelah pembekalan, mereka menjadi lebih sadar akan signifikansi hubungan antara kampus dan industri dalam mempersiapkan mereka untuk transformasi digital yang terjadi di masa depan. Pembekalan ini memperlihatkan adanya peningkatan yang sangat signifikan dalam pemahaman mahasiswa mengenai pentingnya kerja sama antara dunia akademik dan industri.

Kolaborasi yang lebih erat dengan industri memberikan mahasiswa pengalaman praktis dan akses ke teknologi terbaru, yang memungkinkan mereka untuk menerapkan pengetahuan yang diperoleh di kampus dalam konteks dunia nyata. Hal ini memperkuat kesiapan mereka untuk menghadapi tantangan di dunia kerja yang semakin kompleks.

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian ini berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa dalam inovasi, kewirausahaan, profesionalisme, dan kolaborasi dengan industri. Program ini tidak hanya menyiapkan mahasiswa secara teknis, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan non-teknis yang dibutuhkan di era Industri 4.0. Kolaborasi antara kampus dan industri diharapkan menciptakan sinergi yang menguntungkan bagi mahasiswa, industri, dan masyarakat, serta mempersiapkan lulusan Universitas Lampung untuk menghadapi tantangan dan menciptakan solusi inovatif di dunia industri.

5. Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin, Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin, dan Ikatan Keluarga Besar Alumni

Teknik Mesin Universitas Lampung atas dukungan dan kerjasama yang luar biasa dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada semua pihak

yang terlibat, baik akademik maupun mitra industri, atas kontribusinya dalam menyukseskan program ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amjad, A. I., & Joshi, S. (2025). Technological advancements and the role of artificial intelligence – a review of textile material, machine manufacturing, and stakeholder experiences. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 37(5), 903–932. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/IJCST-03-2024-0070>
- Baiming, J., & Voskerichyan, R. O. (2024). The Digital Transformation: Unlocking New Dimensions in Manufacturing Efficiency. *RUDN Journal of Economics*, 32(2), 235–250. <https://doi.org/10.22363/2313-2329-2024-32-2-235-250>
- Belouafa, S., Habti, F., Benhar, S., Belafkikh, B., Tayane, S., Hamdouch, S., Bennamara, A., & Abdelmjid, A. (2017). Statistical tools and approaches to validate analytical methods: methodology and practical examples. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 8, 9. <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2016030>
- Bendig, D., Kleine-Stegemann, L., & Gisa, K. (2023). The green manufacturing framework—A systematic literature review. *Cleaner Engineering and Technology*, 13, 100613. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100613>
- Broo, D. G., Kaynak, O., & Sait, S. M. (2022). Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. *Journal of Industrial Information Integration*, 25, 100311. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311>
- Chavira, P. C., Shamsuzzoha, A., Kuusniemi, H., & Jovanovski, B. (2023). Defining green innovation, its impact, and cycle – A literature analysis. *Cleaner Engineering and Technology*, 17, 100693. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100693>
- Diogo, R. A., dos Santos, N., & Loures, E. F. R. (2023). 13 - Digital Transformation of Engineering Education for Smart Education: A systematic literature review. In M. Ram & L. Xing (Eds.), *Reliability Modeling in Industry 4.0* (pp. 407–438). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99204-6.00002-9>
- Esangbedo, C., Zhang, J., Esangbedo, M., Kone, S., & Xu, L. (2023). The role of industry-academia collaboration in enhancing educational opportunities and outcomes under the digital driven Industry 4.0. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i1.2569>
- Huang, X.-S., Liang, R.-Z., & Su, Y.-C. (2024). Application of Mechatronics and Automation in Modern Construction Machinery Manufacturing. *Academic Frontiers*

- Publishing Group, 1, 1–5. <https://doi.org/10.62989/jetm.2024.1.1.1>
- Huang, Y. (2021). Technology innovation and sustainability: challenges and research needs. In *Clean Technologies and Environmental Policy* (Vol. 23, Issue 6, pp. 1663–1664). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02152-6>
- Irfanullah, I., Gul, A., Khan, K., Khan, I. U., ElDin, H. M. S., Azab, M., & Shahzada, K. (2024). Improving the lateral load resistance capacity of cellular lightweight concrete (CLC) block masonry walls through ferrocement overlay. *Applications in Engineering Science*, 18, 100180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apples.2024.100180>
- Leng, J., Wang, D., Shen, W., Li, X., Liu, Q., & Chen, X. (2021). Digital twins-based smart manufacturing system design in Industry 4.0: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 60, 119–137. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.05.011>
- Marzuki, M. A. B., & Yunus, J. N. (2022). Industry-4.0 Based Teaching and Learning Technology: An Acceptance Investigation among Mechanical Engineering Lecturers in Higher TVET Education Institution. *Advances in Business Research International Journal*, 8(3), 1–9. <https://doi.org/10.24191/abrij.v1i2.4326>
- Muzulon, N. Z., Resende, L. M., Leal, G. C. L., & Pontes, J. (2025). Beyond Technical Skills: Competency Framework for Engineers in the Digital Transformation Era. In *Societies* (Vol. 15, Issue 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/soc15080217>
- Perumal, P. A. (2024). Role of Industry 4.0 in revitalizing traditional manufacturing for future directions. *Journal of Visual Performing Arts*, 5(1).
- Prabhakar, A. (2025). Corporate management in the digital Age: Harnessing automation, robotics, and AI in the Fourth Industrial Revolution. *Review of Socio-Economic Perspectives*, 10, 27–43. <https://doi.org/10.2478/rsep-2025-0003>
- Qi, Y. W., Luo, Z. P., Li, X. Y., & Lu, K. (2022). Transition of deformation mechanisms from twinning to dislocation slip in nanograined pure cobalt. *Journal of Materials Science & Technology*, 121, 124–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmst.2022.02.009>
- Quraishi, T., Ulusi, H., Moihd, A., Hakimi, M., & Olusi, M. (2023). Empowering Students Through Digital Literacy: A Case Study of Successful Integration in a Higher Education Curriculum. *Journal of Digital Learning and Distance Education*, 2, 668–681. <https://doi.org/10.56778/jdlde.v2i8.208>
- Shahzad, M., Qu, Y., Rehman, S. U., & Zafar, A. U. (2022). Adoption of

- green innovation technology to accelerate sustainable development among manufacturing industry. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(4), 100231. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41939-024-00404-8](https://doi.org/10.1007/s41939-024-00404-8)
- Sonar, K., & Sathe, S. (2024). Exploring fiber reinforcements in concrete and its challenges: a comprehensive review. *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, 1–33. <https://doi.org/10.3390/polym13172913>
- Zhang, W., Wang, C., Gu, S., Yu, H., Cheng, H., & Wang, G. (2021). Physical-Mechanical Properties of Bamboo Fiber Composites Using Filament Winding. *Polymers*, 13, 2913. <https://doi.org/10.3390/polym13172913>