

Evaluasi Dampak Sosialisasi Teknologi Rekayasa Otomotif dan Material Maju terhadap Peningkatan Pengetahuan Siswa SMK 2 Mei di Bandar Lampung

Irza Sukmana¹, A Yudi Eka Risano¹, Syaipudin Anwar¹, Rizal Adi Saputra^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Corresponding Author Email: rizaladisa@eng.unila.ac.id

Received: 01/06/2026, Accepted: 25/06/2026

Abstrak

Perkembangan teknologi otomotif saat ini telah menunjukkan kemajuan yang signifikan terutama dalam upaya untuk memproduksi kendaraan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan aman. Sekolah Menengah Kejuruan merupakan sekolah vokasi yang berperan penting dalam kemajuan teknologi otomotif dan penggunaan perkembangan material maju. Metode pengabdian dilakukan dengan 3 tahap pelaksanaan, yang pertama pelaksanaan pre-test untuk mengukur kemampuan dan pengetahuan awal siswa sebelum disampaikan materi pengabdian, selanjutnya pada tahap kedua yaitu penyampaian materi oleh dosen kaprodi D4 Teknologi Rekayasa Otomotif dengan materi Perkembangan dan Kemajuan Teknologi Rekayasa Otomotif dan materi yang kedua oleh Dosen Teknik Mesin dengan materi Material Maju untuk Otomotif. Pada tahap terakhir yaitu penyampaian soal post-test untuk mengukur akhir kemampuan dan pengetahuan siswa. Pada hasil pre-test didapatkan nilai rata-rata 67,61/100 point, dengan nilai median 73/100 point dengan range 26-100 point, dengan nilai terendah 26 point sebanyak 1 koresponden dan nilai tertinggi 100 point sebanyak 2 koresponden. Selanjutnya pada hasil post-test didapatkan nilai rata-rata 86/100 point, dengan nilai median 87/100 point dengan range 59-100 point, dengan nilai terendah 59 point sebanyak 1 koresponden dan nilai tertinggi 100 point sebanyak 4 koresponden. Hasil Kesimpulan, menunjukan adanya peningkatan pemahaman siswa terhadap Teknologi Rekayasa Otomotif dan Perkembangan Material Maju, dengan rata-rata peningkatan nilai mencapai 30%.

Kata Kunci: Sosialisasi; Teknologi Rekayasa Otomotif; Material Maju; Sekolah Menengah Kejuruan; SMK 2 Mei

Abstract

Current developments in automotive technology have shown significant progress, particularly in efforts to produce vehicles that are more efficient, environmentally friendly, and safer. Vocational High Schools (SMKs) are vocational education institutions that play an important role in the advancement of automotive technology and the application of advanced materials. This community service program was conducted in three stages. The first stage involved administering a pre-test to assess students' initial knowledge and understanding before the delivery of the program materials. The second stage consisted of lectures delivered by the Head of the D4 Automotive Engineering Technology Study Program on Developments and Advances in Automotive Engineering Technology and by a Mechanical Engineering lecturer on Advanced Materials for Automotive Applications. The final stage involved administering a post-test to evaluate students' knowledge and understanding after the program. The pre-test results showed an average score of 67.61 out of 100 points, with a median score of 73 and a score range of 26–100 points; the lowest score was 26 points, obtained by one respondent, while the highest score was 100 points, obtained by two respondents. The post-test results showed an average score of 86 out of 100 points, with a median score of 87 and a score range of 59–100 points; the lowest score was 59 points, obtained by one respondent, while the highest score was 100 points, obtained by four respondents. In conclusion, the results indicate an improvement in students' understanding of Automotive Engineering Technology and Advanced Materials Development, with an average increase in scores of approximately 30%.

Keywords: Socialization Program, Automotive Engineering Technology, Advanced Materials, Vocational High School, SMK 2 Mei.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi otomotif saat ini telah menunjukkan kemajuan yang signifikan terutama dalam upaya untuk memproduksi kendaraan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan aman. Perkembangan teknologi salah satu pilar penting dari inovasi otomotif penggunaan material maju yang memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan material konvensional. Material-material seperti serat karbon, aloi aluminium, dan baja tahan karat semakin banyak diterapkan dalam desain dan produksi kendaraan untuk meningkatkan performa dan efisiensi bahan bakar [1], [2]. Serat karbon, dikenal dengan karakteristiknya yang menawarkan kekuatan tinggi dan bobot yang ringan. Hal ini menjadikannya pilihan ideal untuk komponen kendaraan yang memerlukan efisiensi bahan bakar yang tinggi dan tidak mengorbankan integritas struktural kendaraan [3], [4]. Paduan aluminium juga menunjukkan potensi besar dalam industri otomotif di mana penggunaannya dapat mengurangi berat kendaraan tanpa mengorbankan daya tahan dan kekuatan [1], [5]. Penerapan kedua material ini menunjukkan arah inovasi yang lebih mengedepankan efisiensi dan keberlanjutan dalam sektor otomotif. Sejalan dengan tren tersebut, pendidikan di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) harus mampu beradaptasi untuk mempersiapkan siswa yang kompeten dalam bidang otomotif. Misi dari pendidikan di SMK adalah untuk menghasilkan tenaga kerja terampil yang dapat memenuhi tuntutan industri, terutama dalam konteks penggunaan material maju [1][6]. Oleh karena itu, sosialisasi mengenai teknologi dan material terbaru perlu dilakukan secara strategis di sekolah-sekolah otomotif agar siswa memiliki pemahaman yang mendalam tentang inovasi terbaru dalam industri.

Sosialisasi yang efektif mengenai material maju dalam otomotif tidak hanya akan memberikan siswa pengetahuan teoretis, tetapi juga keterampilan praktis yang berguna saat mereka memasuki dunia kerja. Misalnya, dengan mengenalkan teknologi komposit yang canggih, siswa dapat belajar tentang keuntungan material yang lebih ringan namun memiliki kekuatan setara dengan material konvensional seperti baja [5]. Untuk mengukur keberhasilan sosialisasi yang dilakukan, evaluasi menggunakan metode pre-test dan post-test sering diterapkan. Metode ini memberikan gambaran jelas tentang sejauh mana pengetahuan siswa mengenai material maju dan teknologi otomotif meningkat setelah sosialisasi. Hasil dari kedua tes ini diharapkan bukan hanya memberikan bukti efektivitas dari metode sosialisasi, tetapi juga membantu dalam merancang program pendidikan otomotif yang lebih adaptif dan relevan [2].

Selain itu, pemahaman terhadap material maju juga penting sebagai fondasi bagi siswa dalam menghadapi tantangan di industri otomotif yang semakin kompleks. Memahami berbagai jenis material dan aplikasinya dapat membantu siswa untuk mengintegrasikan teori yang mereka pelajari dengan praktik nyata di lapangan, mendukung tujuan pendidikan vokasi yang lebih luas [6][4]. Dengan demikian, SMK berperan sebagai penghubung antara pendidikan dan praktik industri yang nyata. Namun, tantangan yang ada saat ini adalah kurangnya pengetahuan dasar siswa mengenai material maju dan bagaimana teknologi ini diterapkan dalam industri otomotif. Banyak siswa yang mungkin belum familiar dengan manfaat dan aplikasi dari material seperti serat karbon dan paduan aluminium, yang seharusnya dapat meningkatkan tidak hanya performa kendaraan, tetapi juga keselamatan dan keberlanjutan lingkungan.

Secara keseluruhan, pengabdian ini diharapkan memberikan kontribusi bagi pengembangan pendidikan vokasi di SMK dalam bidang otomotif. Dengan meningkatkan pengetahuan siswa tentang material maju dan teknologi terbaru, mereka dipersiapkan untuk menghadapi tantangan global dan menjadi agen perubahan dalam industri otomotif yang terus berkembang.

2. Metode

Pengabdian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak sosialisasi teknologi rekayasa otomotif dan material maju untuk otomotif terhadap peningkatan pengetahuan siswa SMK di Bandar Lampung. Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini mencakup tiga tahapan utama, yaitu penyuluhan melalui ceramah, pemaparan video praktik teknologi otomotif, dan evaluasi hasil kegiatan. Setiap tahapan bertujuan untuk memastikan pemahaman yang mendalam mengenai teknologi rekayasa otomotif dan penerapan material maju dalam industri otomotif.

2.1 Tahapan Pelaksanaan Pengabdian

Tahapan pelaksanaan pengabdian di mulai dengan beberapa tahap persiapan yaitu persiapan sosialisasi, pelaksanaan sosialisasi dan evaluasi.

2.1.1 Persiapan Sosialisasi

Tahapan persiapan sosialisasi dilaksanakan pada kunjungan awal di sekolah SMK 2 Mei Bandar Lampung untuk melakukan diskusi dengan Kepala Sekolah dan para guru untuk melaksanakan pengabdian, seperti ditunjukkan pada gambar 1 sebagai berikut,



Gambar 1. Pertemuan awal tim dengan Kepala Sekolah

2.1.2 Pelaksanaan Sosialisasi

Pelaksanaan sosialisasi dilaksanakan di Lokasi SMK 2 Mei Bandar Lampung dengan disambut oleh Kepala Sekolah dan Guru, sesi awal dilaksanakan pembukaan, diskusi pelaksanaan dan penutup dengan penyerahan pelakat dan foto bersama, seperti ditunjukkan pada gambar 2 sebagai berikut,



Gambar 2. Pembukaan sosialisasi

Selanjutnya sosialisasi dilaksanakan dengan metode diskusi dan ceramah. Materi Teknologi Rekayasa Otomotif disampaikan oleh Kaprodi D4 Teknologi Rekayasa Otomotif dan materi material maju disampaikan oleh Dosen Teknik Mesin, Universitas Lampung (Unila). Pada tahap ini, peserta diberikan pemahaman dasar mengenai

teknologi rekayasa otomotif modern dan jenis-jenis material maju yang digunakan dalam industri otomotif, seperti serat karbon, paduan aluminium, dan komposit. Fokus ceramah ini adalah pada pengenalan material maju yang berperan penting dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar, performa kendaraan, serta keselamatan. Tujuan dari penyuluhan ini adalah untuk meningkatkan kesadaran peserta mengenai pentingnya teknologi otomotif terkini dan penerapan material maju dalam dunia industri otomotif serta relevansinya dengan pendidikan vokasi yang berfokus pada industri otomotif.



Gambar 3. Penyampaian materi Teknologi Rekayasa Otomotif dan Material Maju

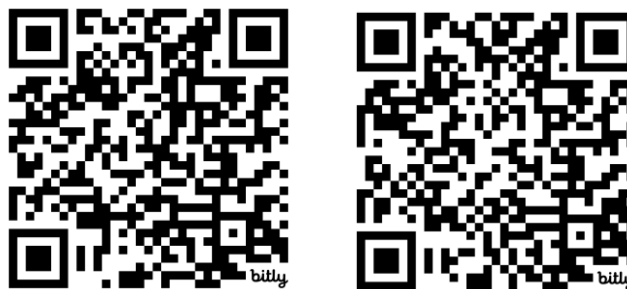
Setelah sesi ceramah, kegiatan dilanjutkan dengan pemaparan video praktik teknologi otomotif. Pada tahap ini, peserta diajak untuk melihat secara visual bagaimana teknologi rekayasa otomotif diterapkan dalam industri. Video ini menampilkan berbagai aplikasi teknologi rekayasa otomotif modern, seperti penggunaan material maju dalam pembuatan komponen kendaraan dan bagaimana teknologi tersebut meningkatkan efisiensi, kekuatan, dan daya tahan kendaraan. Pemaparan video ini bertujuan untuk memberikan gambaran nyata tentang penerapan teknologi yang telah dibahas dalam ceramah, memberi peserta wawasan praktis mengenai bagaimana teknologi tersebut bekerja dalam industri otomotif



Gambar 4. Penyampaian video praktik Teknologi Rekayasa Otomotif

2.1.3 Evaluasi

Setelah penyuluhan, pemaparan video, dan workshop, dilakukan evaluasi menggunakan metode pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta mengenai teknologi rekayasa otomotif dan material maju untuk otomotif. pre-test diberikan sebelum kegiatan untuk mengetahui pemahaman awal peserta mengenai teknologi otomotif dan material maju. Pre-test ini bertujuan untuk mengukur pengetahuan dasar peserta sebelum mereka mengikuti penyuluhan, soal pre-test dapat diakses melalui tautan <https://bit.ly/PretestSMK2MEI> dan pada kode QR gambar 5a. Sedangkan post-test diberikan setelah seluruh kegiatan selesai untuk menilai sejauh mana pemahaman peserta terhadap materi yang telah disampaikan. Soal post-test dapat diakses melalui tautan <https://bit.ly/PosttestSMK2MEI> dan pada kode QR pada gambar 5b. Post-test ini berfungsi untuk mengukur efektivitas sosialisasi dan memberikan data mengenai peningkatan pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan.



Gambar 5. Kode QR soal a). Pre-test dan b). Post-test

2.2 Tahapan Evaluasi Pengabdian

Melalui pengabdian masyarakat, diharapkan siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan teoritis mengenai teknologi rekayasa otomotif dan material maju, tetapi juga keterampilan praktis yang dapat langsung diterapkan dalam dunia industri otomotif. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang teknologi dan material maju, peserta diharapkan dapat lebih siap untuk menghadapi perkembangan industri otomotif yang terus berubah. Selain itu, pengabdian ini juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas pendidikan di SMK, terutama di bidang rekayasa otomotif, serta mempersiapkan siswa untuk berkontribusi dalam industri yang semakin membutuhkan tenaga kerja terampil dan terinformasi.



Gambar 6. Evaluasi pelaksanaan pengabdian

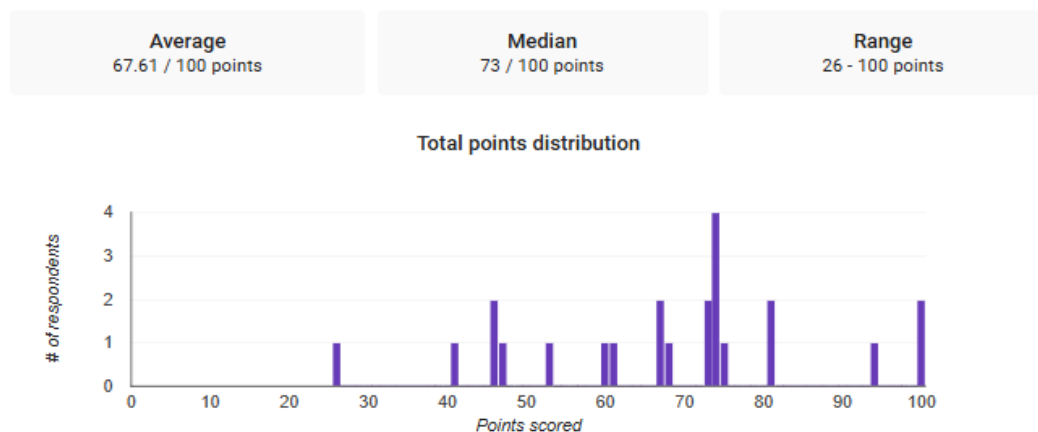
3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil data pengabdian merupakan hasil data pada tahapan evaluasi pengabdian yang disajikan berupa data respon koresponden dalam memahami sosialisasi Rekayasa

Teknologi Otomotif dan Material Maju bagi siswa SMK 2 Mei Bandar Lampung. Indikator keberhasilan pengabdian ditunjukkan pada data pre-test dan post-test sebagai berikut,

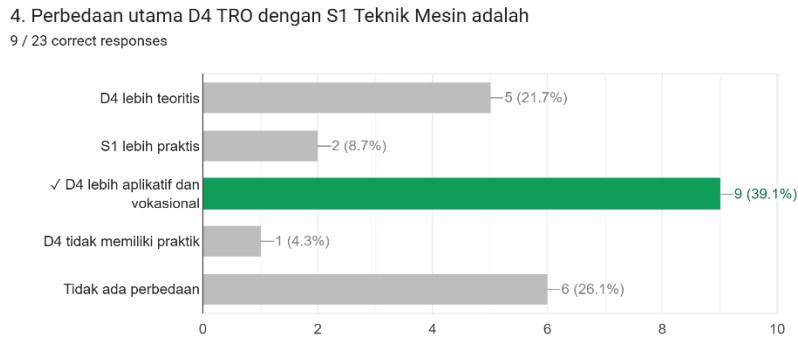
3.1 Pre-Test

Dalam konteks pendidikan, evaluasi pemahaman siswa terhadap konsep dasar sangat penting untuk menentukan efektivitas pembelajaran. Pre-test dilakukan untuk mengukur tingkat pemahaman peserta sebelum diberikan materi Teknologi Rekayasa Otomotif (D4) dan Material Maju untuk Otomotif. Dalam pembahasan ini, akan dikemukakan beberapa poin utama terkait hasil pre-test, dengan mengacu pada data dan bukti yang relevan. Hasil pre-test menunjukkan pentingnya pemahaman dasar peserta dalam bidang otomotif dan material maju. Nilai rata-rata peserta yang mencapai 67,61/100 point mengindikasikan pemahaman yang cukup baik, tetapi masih terdapat kesenjangan yang signifikan antara peserta dengan skor rendah dan tinggi yaitu nilai 26 point pada 1 koresponden dan nilai maksimum 100 poin didapatkan oleh 2 koresponden. Nilai tengah atau median yaitu berada pada nilai 73/100 point, hal ini menunjukkan masih rendahnya pemahaman siswa terhadap pengetahuan Teknologi Rekayasa Otomotif dan Material Maju.



Gambar 7. Grafik hasil kesimpulan pre-test koresponden

Selanjutnya pada soal terkait perbedaan utama antara Teknologi Rekayasa Otomotif dengan Teknik mesin didapatkan hasil jawaban yang bervariasi, dengan jawaban benar sebesar 39,1 %, dan jawaban yang salah sebesar 60,9% hal ini merupakan salah satu soal pre-test yang didapatkan presentase jawaban salah yang besar. Grafik Kesimpulan koresponden ditunjukkan pada gambar 8 sebagai berikut,

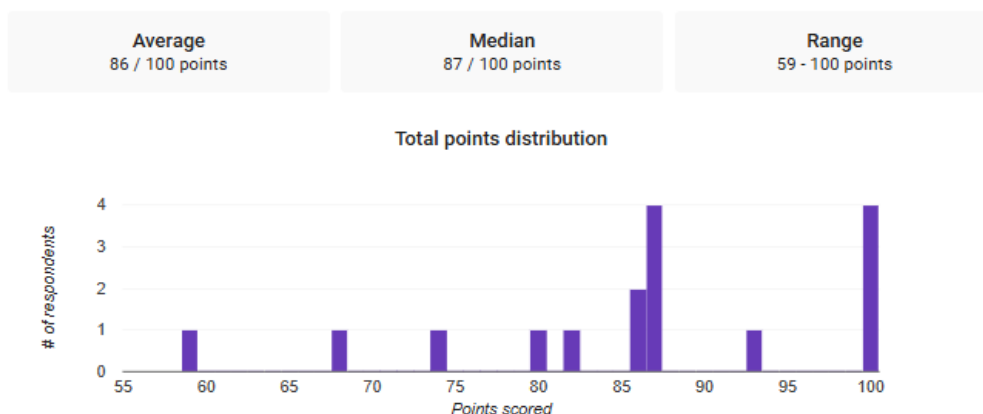


Gambar 8. Grafik presentase koresponden pada salah satu soal pre-test

3.2 Post-Test

Standar fasilitas dan infrastruktur pendidikan di sekolah-sekolah kejuruan dapat mempengaruhi pencapaian belajar siswa, termasuk keterampilan dasar dalam bidang yang mereka pelajari [7]. Dengan dilaksanakan metode pengajaran berupa diskusi, video pengajaran, dan praktik diharapkan mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang disampaikan. Efektivitas pembelajaran bergantung pada metode yang digunakan untuk mengajar siswa, serta pada kemampuan dasar yang dimiliki siswa [8]. Hal ini menunjukkan bahwa penguasaan materi yang beragam di antara peserta mungkin terkait dengan latar belakang pendidikan dan metode pengajaran yang digunakan. Seperti pada data post-test berikut menunjukkan adanya peningkatan pemahaman siswa terhadap materi yang disampaikan.

Besaran point koresponden atau siswa rata-rata diperoleh point sebesar 87/100 point hal ini merupakan peningkatan yang signifikan dengan nilai pre-test yaitu rata-rata sebesar 67,61/100 point, pada hasil ini menunjukkan bahwa peserta secara keseluruhan telah mencapai pemahaman yang kuat. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian oleh [9] yang menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis proyek melalui pendekatan STEM selama pandemi dapat secara signifikan meningkatkan hasil belajar. Dengan demikian, metode pengajaran yang digunakan dalam post-test ini terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta. Hasil kesimpulan data koresponden post-test ditunjukkan pada gambar 9 sebagai berikut,



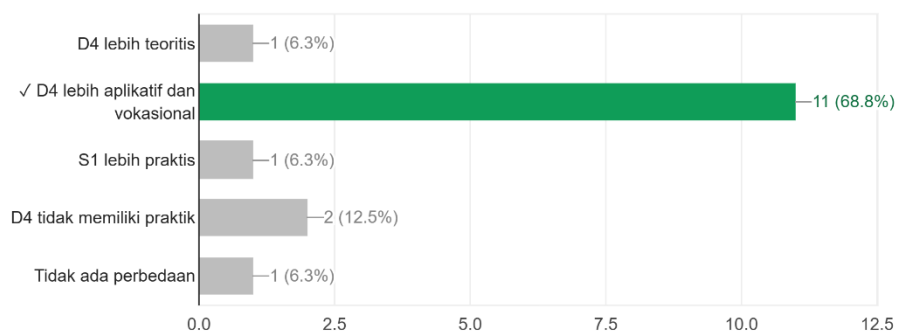
Gambar 9 Grafik hasil kesimpulan post-test koresponden

Selanjutnya pada hasil median yaitu didapatkan nilai 87/100 point hal ini juga terjadi peningkatan dengan hasil pre-test sebelumnya yaitu 73/100 point, pada hasil median dapat disimpulkan bahwa banyak siswa yang mendapatkan nilai atau point yang tinggi atau meningkat dari point pre-test sebelumnya. Dalam konteks ini, pendekatan yang disarankan meliputi penggunaan simulasi dan pembelajaran berbasis proyek menunjukkan bahwa intervensi pendidikan yang berfokus pada peningkatan keahlian praktis siswa dapat menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam hasil pembelajaran [10]. Selanjutnya pada range nilai terendah didapatkan nilai sebesar 59 point hal ini juga terjadi peningkatan pada nilai terendah pre-test didapatkan nilai sebesar 26 point. Penggunaan pembelajaran siklus yang efektif menunjukkan bahwa struktur pembelajaran yang spesifik membantu siswa dalam mengakses dan menerapkan pengetahuan secara lebih mendalam [11]. Penerapan model serupa dalam kurikulum Teknologi Rekayasa Otomotif dapat memperkuat pemahaman siswa terhadap materi yang diajarkan.

Selanjutnya pada soal terkait perbedaan utama antara Teknologi Rekayasa Otomotif dengan Teknik mesin pada hasil post-test didapatkan hasil jawaban yang lebih baik dari soal pre-test, dengan jawaban benar sebesar 68,8 %, dan jawaban yang salah sebesar 31,2%, adanya peningkatan presentase jawaban yang benar menunjukan bahwa adanya peningkatan pengetahuan siswa terkait materi yang disampaikan. Grafik Kesimpulan koresponden ditunjukan pada gambar 10 sebagai berikut,

5. Perbedaan utama D4 TRO dengan S1 Teknik Mesin adalah

11 / 16 correct responses



Gambar 10. Grafik presentase koresponden pada salah satu soal post-test

Pada penelitian sebelumnya oleh Khotimah dan Meilasari belum dapat memberikan bukti yang relevan mengenai pendekatan yang sesuai dalam mengajarkan materi teknik; referensinya tidak relevan untuk mendukung klaim ini dan telah dihapus [12]. Oleh karena itu, perhatian lebih perlu diberikan kepada peserta dengan nilai rendah untuk memastikan pembelajaran yang merata. Sebuah studi oleh Çevik menunjukkan bahwa pendidikan berbasis proyek (PBL) terintegrasi dengan STEM berhasil meningkatkan pencapaian akademis dan ketertarikan karir siswa, yang memberikan contoh konkret tentang bagaimana variasi dalam metode pembelajaran dapat mempengaruhi hasil belajar peserta di bidang teknik [13].

4. Simpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil post-test yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa program pengabdian masyarakat mengenai Teknologi Rekayasa Otomotif dan Material Maju

untuk Otomotif telah berhasil meningkatkan pemahaman peserta. Hal ini terbukti dengan skor rata-rata yang cukup tinggi (86/100 point) dan median yang lebih tinggi (87/100 point), menunjukkan bahwa mayoritas peserta telah memahami materi yang diberikan. Namun, meskipun sebagian besar peserta menunjukkan pemahaman yang baik, terdapat sebagian kecil peserta yang memperoleh nilai rendah (59 point), yang menandakan masih ada kesulitan dalam memahami beberapa konsep tertentu. Oleh karena itu, penting untuk memberikan perhatian khusus kepada peserta yang masih menghadapi kendala dalam memahami materi, melalui pendekatan yang lebih personal atau tambahan sesi pembelajaran.

Secara keseluruhan, hasil post-test ini menunjukkan bahwa materi yang diberikan dalam program pengabdian masyarakat ini dapat meningkatkan pemahaman peserta dalam bidang Teknologi Rekayasa Otomotif dan Material Maju untuk Otomotif, tetapi perlu ada langkah-langkah lanjutan untuk lebih memperkuat pemahaman peserta yang kurang baik.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sekolah Menengah Kejuruan SMK 2 Mei Bandar Lampung yang telah memberikan waktu dan fasilitasnya untuk pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat.

6. Daftar Pustaka

- [1]. J. L. Taub, M. De Moor, D. Luo, D. Matlock, J. G. Speer, and E. DeCooman, "Materials for Automotive Lightweighting," *Annu. Rev. Mater. Res.*, vol. 49, pp. 327–359, 2019, doi: 10.1146/annurev-matsci-070218-010134.
- [2]. G. Refiadi, M. A. Budiyo, and I. P. Mulyatno, "Trends in Lightweight Automotive Materials for Improving Fuel Efficiency and Reducing Carbon Emissions," *Automot. Exp.*, vol. 2, no. 3, pp. 96–110, 2019, doi: 10.31603/ae.v2i3.2993.
- [3]. Y. Wu, H. Zhang, and L. Wang, "Application of lightweight materials in automobiles: A review," *Appl. Comput. Eng.*, vol. 45, pp. 12–25, 2024.
- [4]. X. Kun, Z. Li, and Y. Chen, "A Review of Materials for Vehicle Structure Based on Specific Strength and Fatigue," *Mater. Sci. Forum*, vol. 1102, pp. 45–60, 2025.
- [5]. M. Pervaiz, M. Panthapulakkal, B. Sain, and M. Tjong, "Emerging Trends in Automotive Lightweighting through Novel Composite Materials," *Mater. Sci. Appl.*, vol. 7, no. 1, pp. 26–38, 2016, doi: 10.4236/msa.2016.71003.
- [6]. E. Efendi, "Rancang Bangun Mobil Listrik SULA Politeknik Negeri Subang," *J. Pendidik. Teknol. Kejur.*, vol. 17, no. 2, pp. 101–110, 2020.
- [7]. Sugiyono, "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D," Bandung: Alfabeta, 2021.
- [8]. M. Nurtanto, H. Sofyan, N. Fawaid, and R. Rabiman, "Problem-based learning (PBL) in industry 4.0: Improving learning quality through character-based literacy learning and life career skill (LL-LCS)," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1573, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1573/1/012006.
- [9]. I. N. Asri, I. W. Sudana, and I. M. Candiasa, "Project-based learning integrated with STEM approach to improve students' learning outcomes during the COVID-19 pandemic," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1810, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-

6596/1810/1/012061.

- [10]. M. Nurtanto, H. Sofyan, N. Fawaid, and R. Rabiman, "Problem-based learning (PBL) in industry 4.0: Improving learning quality through character-based literacy learning and life career skill (LL-LCS)," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1573, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1573/1/012006.
- [11]. Y. Dinihari, S. H. Pramono, and T. Triyono, "The effectiveness of learning cycle model to improve students' understanding in vocational education," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1833, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1833/1/012045.
- [12]. N. Khotimah and S. Meilasari, "Analysis of teaching approaches in engineering subject learning," *J. Tech. Educ. Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 15–23, 2025.
- [13]. M. Çevik, "Impacts of project-based learning integrated with STEM on academic achievement and career interest," *J. STEM Educ. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 123–140, 2018, doi: 10.1007/s41979-018-0009-5.