

Pengembangan Media Sistem Hidrolik pada *Miniatur Excavator* untuk Mata Kuliah Teknologi Sistem Alat Berat

Dewi Nursari¹, Sriyono², Ramdhani³

^{1,2,3}Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia

Email: dewinursari@upi.edu

ABSTRAK

Keterbatasan penggunaan unit excavator sesungguhnya dalam pembelajaran menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan mengamati hubungan antara aliran fluida, komponen hidrolik, dan gerakan mekanis secara langsung. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media sistem hidrolik pada miniatur excavator, mengetahui tingkat kelayakan media, dan mengetahui respons mahasiswa terhadap penerapannya pada Mata Kuliah Teknologi Sistem Alat Berat. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* dengan model 4D yang meliputi *define, design, develop, dan disseminate*. Data diperoleh melalui validasi tiga ahli materi, tiga ahli media, angket respons 30 mahasiswa, serta tes *pretest* dan *posttest* sebagai data pendukung. Produk yang dihasilkan berupa miniatur excavator dengan struktur mekanik hasil pencetakan tiga dimensi, sirkuit hidrolik tertutup, dan sistem kontrol berbasis Arduino. Validasi ahli materi dan ahli media masing-masing memperoleh nilai *Content Validity Ratio* dan *Content Validity Index* sebesar 1,00. Persentase kelayakan ahli materi mencapai 99,48%, sedangkan ahli media mencapai 94,44%; keduanya termasuk kategori sangat layak. Respons mahasiswa memperoleh persentase 92,38% dengan kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media sistem hidrolik pada miniatur excavator sangat layak dan memperoleh respons positif sebagai media pendukung pembelajaran sistem hidrolik alat berat.

Kata kunci: excavator, media pembelajaran, miniatur, sistem hidrolik, teknologi alat berat

A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi menuntut pendidikan vokasi menghadirkan pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep teoretis dengan situasi kerja nyata. Transformasi pembelajaran alat berat perlu didukung media yang dapat memvisualisasikan proses kerja secara lebih konkret, aman, dan interaktif (Tsauri dkk., 2024). Penggunaan media yang sesuai juga membantu peserta didik memahami materi teknis yang sulit diamati hanya melalui penjelasan verbal atau gambar statis (Hasanah Lubis dkk., 2023).

Pembelajaran sistem hidrolik excavator pada Mata Kuliah Teknologi Sistem Alat Berat masih didominasi media gambar. Universitas Pendidikan Indonesia memiliki satu unit excavator sesungguhnya, tetapi akses mahasiswa untuk mengamati komponen internal dan jalur aliran fluida dibatasi oleh ukuran alat, jumlah unit, dan prosedur keselamatan.

Akibatnya, hubungan antara reservoir, pompa, *control valve*, silinder hidrolik, serta gerakan *boom*, *arm*, *bucket*, dan *swing* belum dapat diamati secara menyeluruh. Penggunaan simulator atau alat peraga dapat mengubah pembelajaran yang bersifat satu arah menjadi lebih kolaboratif dan aplikatif (Lestari dkk., 2023).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa prototipe dan miniatur dapat menjembatani konsep teknik yang abstrak dengan pengalaman praktik. Prototipe silinder transparan membantu pengamatan gerakan silinder dan aliran fluida (Pratomo dkk., 2021), sedangkan alat peraga mini excavator memudahkan mahasiswa memahami sistem penggerak hidrolik secara lebih nyata (Aji dkk., 2024). Media yang ringkas dan portabel juga lebih fleksibel digunakan di ruang kelas maupun laboratorium tanpa mengurangi representasi prinsip kerja sistem (Setiawan dkk., 2025).

Solusi yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa miniatur excavator berskala laboratorium dengan sistem hidrolik tertutup. Komponen disusun secara terbuka agar jalur fluida dan hubungan antarkomponen dapat diamati. Struktur mekanik dibuat melalui pencetakan tiga dimensi, sedangkan pengoperasian didukung sistem kontrol berbasis Arduino. Miniatur berbahan relatif ringan dinilai lebih mudah dipindahkan dan digunakan sebagai alat peraga dibandingkan unit komersial berukuran besar (Purwanto dkk., 2024).

Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan pengembangan media, menghasilkan miniatur sistem hidrolik excavator, mengetahui tingkat kelayakannya berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media, serta mengetahui respons mahasiswa setelah media digunakan pada Mata Kuliah Teknologi Sistem Alat Berat. Pengembangan media diharapkan membantu mahasiswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih konkret dan bermakna (Sukiman, 2012).

B. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) untuk menghasilkan media pembelajaran miniatur excavator sistem hidrolik. Desain pengembangan mengadaptasi model 4D yang terdiri atas *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate* (Thiagarajan dkk., 1974). Subjek uji coba adalah 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Pendidikan Indonesia yang sedang atau telah mengontrak Mata Kuliah Teknologi Sistem Alat Berat. Subjek ditentukan dengan teknik *purposive sampling* karena telah memiliki pengetahuan dasar mengenai sistem hidrolik dan prinsip kerja alat berat (Sugiyono, 2013).

1. Tahap *Define*

Tahap pendefinisian dilakukan melalui analisis kondisi pembelajaran, karakteristik mahasiswa, cakupan materi, capaian pembelajaran, serta keterbatasan unit excavator sesungguhnya. Hasil analisis digunakan untuk menetapkan kebutuhan media yang portabel, aman, dapat dioperasikan berulang, dan mampu memperlihatkan jalur fluida serta gerakan aktuator.

2. Tahap *Design*

Tahap perancangan meliputi penyusunan desain struktur mekanik tiga dimensi, posisi *boom*, *arm*, dan *bucket*, tata letak reservoir, pompa, *control valve*, selang, silinder hidrolik, serta rancangan kontrol berbasis Arduino. Rancangan juga memuat perangkat pembelajaran dan instrumen penilaian yang digunakan pada uji coba.

3. Tahap *Develop*

Tahap pengembangan dilakukan melalui pencetakan komponen menggunakan material PLA+, perakitan struktur dan rangkaian hidrolik, integrasi sistem kontrol, pengujian fungsi, serta validasi oleh tiga ahli materi dan tiga ahli media. Setiap validator memberikan skor 1-4. Validitas isi dianalisis menggunakan *Content Validity Ratio* (CVR) dan *Content Validity Index* (CVI) berdasarkan tingkat kesepakatan ahli (Lawshe, 1975; Polit & Beck, 2012). Skor juga dikonversi menjadi persentase kelayakan untuk menentukan kategori produk.

4. Tahap *Disseminate*

Tahap penyebaran dilakukan secara terbatas melalui demonstrasi dan praktik pengoperasian media kepada 30 mahasiswa. Setelah kegiatan pembelajaran, mahasiswa mengisi angket respons berskala empat yang mencakup pemahaman dan relevansi materi, kejelasan tampilan, manfaat media, ketertarikan, kemudahan penggunaan, dan mutu media. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk persentase dan kategori.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan Pengembangan Media

Tahap *define* menunjukkan bahwa media pembelajaran masih didominasi gambar dan penjelasan verbal. Unit excavator sesungguhnya hanya tersedia satu, berukuran besar, serta memiliki rangkaian hidrolik yang sebagian tertutup. Kondisi tersebut membatasi kesempatan mahasiswa untuk mengamati aliran fluida, perubahan posisi *control valve*, dan gerakan aktuator secara berulang. Ringkasan kebutuhan pengembangan disajikan pada Tabel 1.

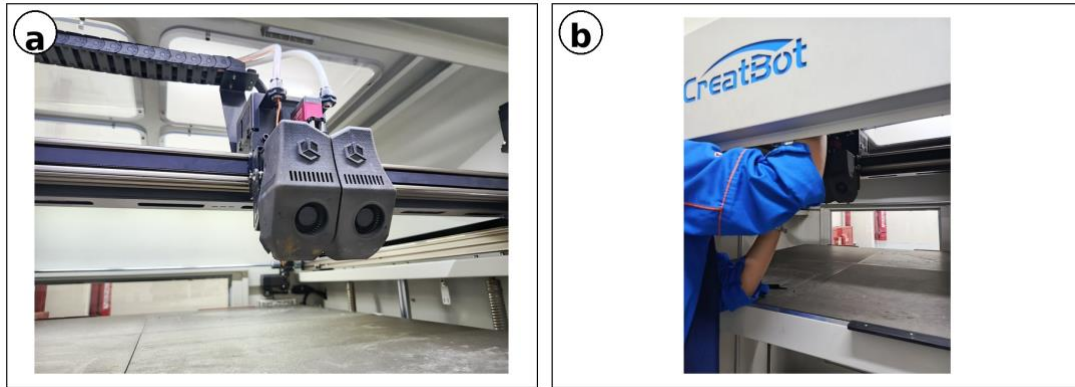
Tabel 1. Ringkasan Hasil Analisis Kebutuhan Pengembangan Media

Aspek Analisis	Temuan	Kebutuhan Pengembangan
Media pembelajaran	Dominan gambar dan penjelasan verbal.	Media fisik yang dapat diamati dan dioperasikan.
Akses unit asli	Satu unit, berukuran besar, dan prosedur keselamatan ketat.	Media portabel, aman, dan dapat digunakan berulang.
Representasi sistem	Jalur fluida dan komponen utama sulit diamati.	Komponen terbuka, selang terlihat, dan alur kerja jelas.
Karakteristik mahasiswa	Memiliki pengetahuan dasar sistem hidrolik.	Media untuk praktik, diskusi, dan analisis hubungan komponen.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kebutuhan utama bukan hanya miniatur yang menyerupai bentuk excavator, melainkan media fungsional yang mampu memperlihatkan hubungan antara reservoir, pompa, *control valve*, silinder, dan gerakan mekanis secara aman serta mudah diamati.

Proses Pengembangan Miniatur

Pengembangan produk dimulai dari pencetakan komponen mekanik, perakitan *boom-arm-bucket*, pemasangan silinder dan selang, pembuatan dudukan reservoir serta pompa, dan integrasi sistem kontrol. Proses pencetakan tiga dimensi yang menjadi dasar pembentukan struktur miniatur ditunjukkan pada Gambar 1.

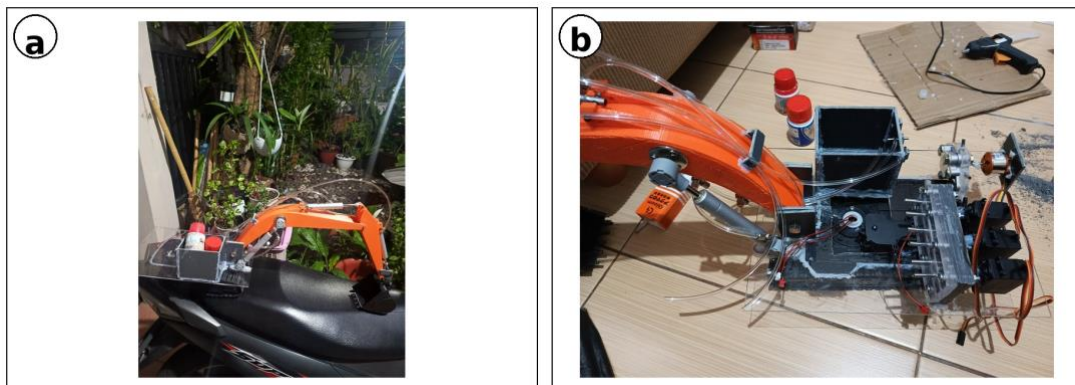


Gambar 1. Proses pencetakan komponen miniatur excavator: (a) unit printer 3D dan (b) pemeriksaan proses pencetakan.

Gambar 1 memperlihatkan tahap produksi struktur mekanik menggunakan pencetakan tiga dimensi. Tahap ini memungkinkan komponen dibuat sesuai ukuran dan titik sambungan yang telah dirancang, sehingga gerakan lengan miniatur dapat dirakit secara sistematis.

Hasil Akhir Pengembangan Media

Produk akhir mengintegrasikan struktur mekanik hasil pencetakan tiga dimensi, sirkuit hidrolik tertutup, pompa, reservoir, *control valve*, selang transparan, silinder, dan sistem kontrol. Komponen disusun pada satu dasar media agar jalur aliran dapat ditelusuri oleh mahasiswa. Bentuk akhir media ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil akhir miniatur excavator: (a) tampilan keseluruhan dan (b) integrasi sistem hidrolik dan kontrol.

Gambar 2 menunjukkan bahwa miniatur mampu merepresentasikan gerakan utama excavator sekaligus menampilkan komponen hidrolik secara terbuka. Susunan tersebut memudahkan mahasiswa menghubungkan perintah kontrol, distribusi fluida, dan gerakan *boom*, *arm*, *bucket*, serta *swing*.

Tingkat Kelayakan Media

Validasi dilakukan oleh tiga ahli materi dan tiga ahli media. Seluruh butir memperoleh nilai CVR sebesar 1,00 dan CVI sebesar 1,00. Hasil tersebut menunjukkan kesepakatan penuh para validator bahwa butir penilaian relevan terhadap aspek yang diukur. Ringkasan hasil validasi dan persentase kelayakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi dan Kelayakan Media Miniatur Excavator

Jenis Validasi	Jumlah Butir	CVR	CVI	Kelayakan	Kategori
Ahli materi	16	1,00	1,00	99,48%	Sangat Layak
Ahli media	15	1,00	1,00	94,44%	Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 2, media berada pada kategori sangat layak. Penilaian ahli materi menunjukkan kesesuaian isi dengan tujuan pembelajaran dan konsep hidrolik, sedangkan ahli media menilai bentuk media konkret, desain tampilan, fungsi, keamanan, kelayakan teknis, serta manfaat edukatif. Masukan validator tetap digunakan untuk memperbaiki kebocoran fluida, kerapian jalur kabel, penataan komponen, label, dan petunjuk pengoperasian.

Respons Mahasiswa

Angket diberikan kepada 30 mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan miniatur. Dari 600 jawaban, sebanyak 428 jawaban berada pada kategori sangat setuju, 161 jawaban setuju, 11 jawaban kurang setuju, dan tidak terdapat jawaban sangat tidak setuju. Persentase respons berdasarkan aspek penilaian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Respons Mahasiswa terhadap Media

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Pemahaman dasar dan relevansi materi	93,50%	Sangat Baik
Kejelasan tampilan dan representasi media	92,67%	Sangat Baik
Manfaat terhadap pemahaman sistem hidrolik	91,33%	Sangat Baik
Ketertarikan, kemudahan, dan mutu media	92,00%	Sangat Baik
Keseluruhan	92,38%	Sangat Baik

Tabel 3 menunjukkan seluruh aspek berada pada kategori sangat baik. Persentase keseluruhan sebesar 92,38% mengindikasikan bahwa media dinilai menarik, relevan, mudah diamati, dan membantu mahasiswa memahami sistem hidrolik. Nilai yang relatif lebih rendah pada aspek manfaat terhadap pemahaman menunjukkan perlunya penggunaan diagram sirkuit, *job sheet* analitis, dan diskusi reflektif sebagai pendamping kegiatan praktik.

Pembahasan

Hasil tahap *define* memperlihatkan kesenjangan antara karakter sistem hidrolik yang dinamis dengan media gambar yang statis. Miniatur menjadi media antara yang memungkinkan pengalaman lebih dekat dengan objek nyata tanpa mengabaikan keselamatan. Temuan ini sejalan dengan Dale (1969), yang menekankan bahwa pengalaman konkret memberikan dasar sensorik yang lebih kuat, serta dengan penelitian Pratomo dkk. (2021) dan Aji dkk. (2024) mengenai manfaat prototipe dalam memvisualisasikan mekanisme hidrolik.

Pada tahap *design* dan *develop*, struktur mekanik, jalur fluida, dan sistem kontrol disusun sebagai satu representasi yang koheren. Kombinasi informasi visual, penjelasan verbal, dan gerakan fisik mendukung prinsip pembelajaran multimedia (Mayer, 2009). Hasil CVR dan CVI sebesar 1,00 serta persentase kelayakan di atas 94% menunjukkan bahwa isi dan media telah sesuai, tetapi status sangat layak tidak berarti produk bebas revisi. Penyempurnaan aspek teknis tetap penting agar representasi pembelajaran tidak terganggu oleh kebocoran, gerakan yang kurang stabil, atau jalur kabel yang tidak rapi.

Respons mahasiswa yang sangat baik menunjukkan penerimaan positif terhadap penggunaan media. Media memberikan kesempatan untuk mengoperasikan sistem secara berulang, mengamati hubungan antar komponen, dan mendiskusikan gangguan yang muncul. Temuan tersebut mendukung hasil Fauzan dkk. (2024) mengenai pengaruh media berbasis teknologi terhadap ketertarikan belajar serta Wibawanto dkk. (2022) mengenai manfaat media simulasi interaktif pada pembelajaran vokasi.

Secara keseluruhan, miniatur sistem hidrolik excavator berpotensi digunakan sebagai media pendukung Mata Kuliah Teknologi Sistem Alat Berat. Media ini tidak menggantikan unit excavator sesungguhnya, melainkan menjadi sarana awal untuk memahami aliran fluida, fungsi komponen, dan gerakan aktuator sebelum mahasiswa melakukan pengamatan atau praktik pada unit yang lebih besar.

D. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian, media sistem hidrolik pada miniatur excavator berhasil dikembangkan melalui model 4D dalam bentuk miniatur fungsional dengan struktur hasil pencetakan tiga dimensi, rangkaian hidrolik tertutup, dan sistem kontrol berbasis Arduino. Media dinyatakan sangat layak berdasarkan nilai CVR dan CVI masing-masing 1,00, persentase kelayakan ahli materi sebesar 99,48%, serta ahli media sebesar 94,44%. Respons mahasiswa mencapai 92,38% dengan kategori sangat baik. Media dapat digunakan sebagai pendukung pembelajaran sistem hidrolik alat berat dengan tetap memperhatikan prosedur keselamatan, pemeriksaan pompa dan sambungan, kestabilan gerakan, serta kerapian sistem kontrol. Pengembangan berikutnya disarankan menambahkan sensor tekanan, sensor aliran, indikator temperatur, dan tampilan data langsung serta melibatkan subjek dan lokasi penelitian yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A. P., Prayoga, B. T., Winarto, F. E. W., Prihadianto, B. D., & Bahari, G. (2024). Pembuatan dan analisa performa tekanan dan RPM pada komponen *swing* hidrolik di alat peraga mini excavator. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 8(1), 70–74. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v8i1.1683>
- Dale, E. (1969). *Audiovisual Methods in Teaching* (3rd ed.). New York: Dryden Press.
- Fauzan, R. M., Sujaya, K., & Yusuf, I. (2024). Analisis penggunaan media e-learning mata kuliah kewirausahaan terhadap motivasi belajar mahasiswa di Universitas Pendidikan Indonesia. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(3), 1899–1908. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i3.6537>
- Hasanah Lubis, L., Febriani, B., Fitra Yana, R., Azhar, A., & Darajat, M. (2023). The use of learning media and its effect on improving the quality of student learning outcomes. *International Journal of Education, Social Studies, and Management*, 3(2), 7–14. <https://doi.org/10.52121/ijessm.v3i2.148>
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>

- Lestari, E. D., Saleh, S. H., Nurhadi, M., & Yuliana. (2023). Analisis penggunaan media pembelajaran digital PhET Simulation untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. *Prosiding Seminar Nasional PPG Universitas Mulawarman*, 4, 212–218. <https://doi.org/10.30872/semnasppg.v4.3097>
- Maritsa, A., Salsabila, U. H., Wafiq, M., Anindya, P. R., & Ma'shum, M. A. (2021). Pengaruh teknologi dalam dunia pendidikan. *Al-Mutharahah: Jurnal Penelitian dan Kajian Sosial Keagamaan*, 18(2), 91–100. <https://doi.org/10.46781/al-mutharahah.v18i2.303>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2012). *Nursing Research: Generating and Assessing Evidence for Nursing Practice* (9th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Pratomo, T., Yani, R. D., Effendi, M., Iswanda, D., Naufal, A., & Andriani, D. (2021). Prototipe *double acting cylinder* transparan sebagai media pembelajaran sistem hidrolik. *TURBO: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(1), 84–92. <https://doi.org/10.24127/trb.v10i1.1520>
- Purwanto, S., Aisyah, N., Prihadianto, B. D., Krisnaputra, R., Wismo, F. E., & Bahiuddin, I. (2024). Rancangan sistem hidrolik pada *front attachment* alat peraga mini excavator. *Rekayasa Mesin*, 15(2), 1153–1163. <https://doi.org/10.21776/jrm.v15i2.1729>
- Setiawan, M. N., Pratama, M. W., Anwar, A., Sutiyono, H., & Munadi. (2025). Rancang bangun alat peraga turbin angin sebagai media pembelajaran energi terbarukan di perguruan tinggi. *ROTASI*, 27(2), 18–25. <https://doi.org/10.14710/rotasi.27.2.18-25>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukiman. (2012). *Pengembangan Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Pedagogia.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Bloomington, IN: Indiana University.
- Tsauri, C. N. I., Sudira, P., & Luthfi, M. I. (2024). Transforming heavy equipment engineering learning using virtual reality: A literature review and case study. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 14(1), 43–52. <https://doi.org/10.21831/jpv.v14i1.61298>
- Wibawanto, H., Roemintoyo, & Rejekiningsih, T. (2022). Simulation-based interactive multimedia to improve vocational students' learning outcomes. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 14(6), 1927–1942. <https://doi.org/10.18844/wjet.v14i6.8363>
- Latif, M. A. G., & Jatmoko, D. (2024). PENERAPAN METODE PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE STUDENT TEAMS ACHIEVEMENT DIVISION (STAD) UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR DAN MOTIVASI SISWA. *Auto Tech: Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Purworejo*, 19(2), 84-91.
- Primartadi, A., & Widiyatmoko, W. (2020). Pengembangan Modul Pembelajaran Praktik

Mata Kuliah Pneumatik Hidrolik Dengan Pendekatan Saintifik Pada Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Purworejo. Auto Tech: Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Purworejo, 15(1), 1-7.