Volume 7 Nomor 1 April 2023
E-ISSN : 2598-6198

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Trainer untuk Analisis Kerusakan Sistem Air Conditioner (AC) Mobil

Setiyo Hermawan
Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan, Indonesia
email: setiyohermawan1@gmail.com
DOI : 10.48144/suryateknika.v7i1.2562

Received: 6 Maret 2023 Revised: 27 Maret 2023 Accepted: 30 Maret 2023

Abstract
Air Conditioner (AC) systems are vital components in modern vehicles, functioning to regulate air quality, temperature, and cabin humidity for passenger comfort and safety. However, in-depth understanding of AC system diagnostics (troubleshooting) remains a challenge in vocational education due to the lack of representative practical tools. This study aims to develop an AC mobile trainer-based learning medium designed specifically to facilitate component analysis, working principles, and AC system fault identification. The research method employs a Research and Development (R&D) approach, focusing on the design of safe and measurable fault simulation tools. The development results indicate that this trainer can simulate various system failure scenarios, such as refrigerant leaks, compressor malfunctions, and electrical circuit issues. The use of this medium allows students to perform systematic diagnostics without the risk of damaging actual vehicle components. It is concluded that this AC mobile trainer is effective as an instructional medium to improve students' technical competence in the analysis and repair of vehicle air conditioning systems.

Keywords: *Learning Media; AC Mobile Trainer; Troubleshooting;Vocational Education; Cooling System*

Abstrak
Sistem Air Conditioner (AC) merupakan komponen vital dalam kendaraan modern yang berfungsi mengatur kualitas udara, suhu, dan kelembaban kabin demi kenyamanan dan keamanan penumpang. Namun, pemahaman mendalam mengenai diagnosa kerusakan (troubleshooting) sistem AC masih menjadi tantangan dalam pendidikan vokasi akibat keterbatasan alat praktik yang representatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis trainer AC mobil yang dirancang khusus untuk memfasilitasi analisis komponen, prinsip kerja, dan identifikasi kerusakan sistem AC. Metode penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan fokus pada perancangan alat simulasi kerusakan yang aman dan terukur. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa trainer ini mampu mensimulasikan berbagai skenario kegagalan sistem, seperti kebocoran refrigerant, gangguan pada kompresor, hingga masalah pada sirkuit kelistrikan. Penggunaan media ini memungkinkan peserta didik untuk melakukan diagnosa sistematis tanpa risiko merusak komponen kendaraan asli. Disimpulkan bahwa trainer AC mobil ini efektif sebagai media instruksional untuk meningkatkan kompetensi teknis mahasiswa dalam analisis dan perbaikan sistem pendingin udara kendaraan.

Kata kunci: Media Pembelajaran; Trainer AC Mobil; Troubleshooting; Pendidikan Vokasi; Sistem Pendingin

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi otomotif saat ini menuntut peningkatan kualitas sumber daya manusia yang kompeten, terutama dalam menghadapi pasar bebas dan serbuan produk otomotif asing. Salah satu sistem kenyamanan yang paling kompleks dan krusial dalam kendaraan adalah *Air Conditioner* (AC). Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai pendingin, tetapi juga mengatur sirkulasi, kelembaban, dan kemurnian udara di dalam

kabin . Mengingat fungsinya yang vital, ketersediaan tenaga ahli yang mampu melakukan perawatan dan perbaikan sistem AC menjadi kebutuhan industri yang mendesak.

Meskipun kurikulum pendidikan tinggi dan sekolah kejuruan telah memasukkan mata kuliah atau mata pelajaran spesifik mengenai AC Mobil, implementasi pembelajaran sering kali terhambat oleh keterbatasan sarana praktik. Pembelajaran yang hanya mengandalkan teori atau praktik langsung pada kendaraan utuh memiliki risiko tinggi, baik dari segi keselamatan kerja maupun potensi kerusakan komponen jika terjadi kesalahan prosedur oleh pemula . Selain itu, variasi kerusakan pada kendaraan asli bersifat *random* dan sulit diprediksi untuk keperluan pembelajaran terstruktur.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah media pembelajaran interaktif yang dapat menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik. *Trainer* atau alat peraga sistem AC mobil dirancang untuk mensimulasikan kerja sistem secara nyata namun dalam lingkungan yang terkendali. Melalui *trainer*, mahasiswa dapat mengamati siklus refrigerasi, memahami fungsi tiap komponen, serta melakukan simulasi *troubleshooting* terhadap berbagai jenis kerusakan yang disetting secara khusus .

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pemanfaatan *trainer* AC mobil sebagai media pembelajaran untuk mendalami analisis kerusakan sistem. Tujuan utamanya adalah menyediakan fasilitas praktik yang aman dan efektif bagi mahasiswa untuk menguasai kompetensi diagnosa dan perbaikan AC mobil sesuai standar industri.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan (*Research and Development*) yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Otomotif, Politeknik Muhammadiyah Pekalongan. Tahapan pengembangan meliputi analisis kebutuhan, perancangan desain *trainer*, perakitan komponen, hingga uji fungsi sistem.

2.1. Desain Sistem Trainer

Trainer dirancang menyerupai siklus kerja AC mobil sebenarnya dengan komponen utama yang dapat diakses secara visual. Komponen yang dipasang meliputi kompresor, kondensor, *receiver dryer*, katup ekspansi (*expansion valve*), evaporator, serta instrumen ukur (*manifold gauge*) untuk memantau tekanan kerja.

2.2. Simulasi Kerusakan

Untuk tujuan pembelajaran *troubleshooting*, *trainer* dilengkapi dengan fitur simulasi kerusakan yang dapat diaktifkan secara terkendali, antara lain:

a. Simulasi tekanan rendah (*low pressure*) akibat kebocoran refrigerant.
b. Simulasi tekanan tinggi (*high pressure*) akibat hambatan aliran atau kipas kondensor mati.
c. Simulasi gangguan kelistrikan pada *magnetic clutch* dan *blower*.
d. Simulasi komponen tersumbat (*clogged*) pada filter atau katup ekspansi.

2.3. Prosedur Analisis

Volume 7 Nomor 1 April 2023
E-ISSN : 2598-6198

Analisis dilakukan dengan mengamati parameter kerja sistem (tekanan tinggi/rendah, suhu evaporator/kondensor, dan aliran refrigerant melalui *sight glass*) pada kondisi normal dan kondisi simulasi kerusakan. Data yang diperoleh kemudian dikomparasikan dengan standar spesifikasi pabrik untuk merumuskan diagnosa yang akurat.

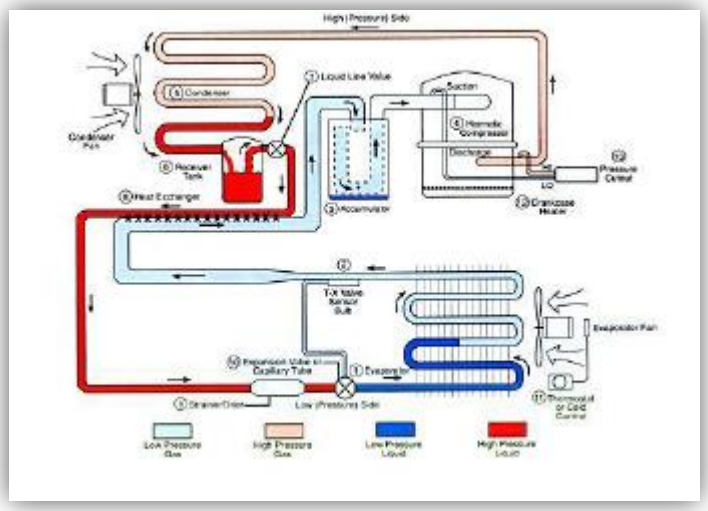
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

3.1. Prinsip Kerja dan Komponen Sistem AC

Berdasarkan pengujian pada *trainer*, sistem AC bekerja berdasarkan prinsip perubahan wujud zat refrigerant yang menyerap dan melepaskan panas. Siklus kerja dimulai dari kompresor yang memompa gas refrigerant bertekanan dan bersuhu tinggi menuju kondensor. Di sini, panas dilepaskan ke udara luar sehingga refrigerant berubah fase menjadi cair .

Cairan refrigerant kemudian melewati *receiver dryer* untuk disaring dari kotoran dan uap air, sebelum masuk ke katup ekspansi. Katup ini berfungsi menurunkan tekanan secara drastis, mengubah cairan menjadi kabut bertekanan rendah yang dingin. Terakhir, di dalam evaporator, refrigerant menyerap panas dari udara kabin (yang dihembuskan *blower*) hingga mendidih dan kembali menjadi gas, sebelum dihisap kembali oleh kompresor .



Gambar 3.1 Siklus Sistem Air Conditioner

Komponen kritis yang menjadi fokus analisis kerusakan meliputi:

a. Kompresor: Jantung sistem yang menjaga sirkulasi refrigerant.
b. Magnetic Clutch: Kopling elektromagnetik yang menghubungkan dan memutus putaran mesin ke kompresor.
c. Kondensor & Evaporator: Penukar kalor (*heat exchanger*) yang efisiensi pendinginannya sangat bergantung pada kebersihan sirip dan aliran udara.

d. Katup Ekspansi: Pengatur aliran refrigerant ke evaporator.

3.2. Analisis Troubleshooting Sistem AC

Penggunaan *trainer* memungkinkan identifikasi pola kerusakan yang spesifik. Berikut adalah hasil analisis terhadap beberapa gangguan umum yang sering terjadi pada sistem AC mobil:

a. AC Tidak Dingin atau Kurang Dingin

Kondisi ini adalah keluhan paling umum. Berdasarkan pengujian, penyebab utamanya dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. **Kekurangan Refrigerant:** Ditandai dengan munculnya gelembung udara (*bubbles*) yang terus-menerus pada *sight glass* dan tekanan *manifold* yang berada di bawah standar. Hal ini biasanya disebabkan oleh kebocoran halus pada sambungan pipa atau *seal* komponen .
2. **Kondensor Kotor atau Tersumbat:** Permukaan kondensor yang tertutup debu menghambat pelepasan panas. Akibatnya, tekanan tinggi (*high pressure*) meningkat drastis, namun efisiensi pendinginan evaporator menurun.
3. **Gangguan pada Kipas Pendingin (*Cooling Fan*):** Jika kipas kondensor mati, berputar lemah, atau arah putaran terbalik, panas tidak dapat dibuang dengan sempurna. Ini memicu *high pressure switch* memutus arus ke *magnetic clutch* sebagai proteksi, sehingga kompresor berhenti bekerja .
4. **Kompresor Aus:** Ditandai dengan tekanan yang tidak stabil dan suara kasar. Kompresor yang sudah longgar (*wear*) tidak mampu membangun tekanan kompresi yang cukup untuk mensirkulasikan refrigerant secara optimal.

b. AC Mati Tiba-Tiba

Fenomena ini berkaitan erat dengan sistem proteksi keselamatan (*safety devices*). Analisis menunjukkan beberapa penyebab:

1. **Tekanan Ekstrem:** Jika tekanan sistem terlalu rendah (akibat kebocoran total) atau terlalu tinggi (akibat *overcharge* atau hambatan), *pressure switch* akan memutus sirkuit kelistrikan *magnetic clutch* untuk mencegah kerusakan fatal pada kompresor.
2. **Gangguan Kelistrikan:** Putusnya *field coil* pada *magnetic clutch*, sekring (*fuse*) yang putus akibat *short circuit*, atau kabel yang terkelupas dapat menghentikan fungsi kompresor seketika.
3. **Kompresor Macet:** Kekurangan oli kompresor atau kerusakan internal dapat menyebabkan kompresor terkunci (*seized*). Dalam kondisi ini, *V-belt* sering kali putus atau slip sebagai dampak lanjutan.

c. Kondensor Terlalu Panas

Panas pada kondensor adalah hal wajar, namun jika berlebihan hingga menghambat pendinginan kabin, ini mengindikasikan masalah. Penyebabnya meliputi kelebihan pengisian refrigerant (*overcharge*), kelebihan oli kompresor yang mengurangi volume ruang refrigerant, atau aliran udara melalui kondensor yang terhambat kotoran .

d. **AC Dingin Saat Jalan, Panas Saat Berhenti**

Kasus ini spesifik terjadi ketika pendinginan kondensor sangat bergantung pada aliran udara alami (*ram air*) saat kendaraan bergerak, namun gagal saat diam. Ini mengindikasikan bahwa kipas kondensor (*extra fan*) tidak berfungsi dengan baik, atau kondensor dalam kondisi sangat kotor sehingga membutuhkan aliran udara paksa yang kuat untuk membuang panas .

3.3. Prosedur Diagnosa Sistematis

Melalui *trainer*, mahasiswa dilatih untuk melakukan diagnosa dengan langkah sistematis:

1. **Inspeksi Visual:** Memeriksa kekencangan *V-belt*, kebersihan kondensor/evaporator, dan adanya noda oli yang mengindikasikan kebocoran.
2. **Pengukuran Tekanan:** Menggunakan *manifold gauge* untuk membandingkan tekanan kerja aktual dengan spesifikasi standar (misal: *Low side* 20-35 psi, *High side* 200-350 psi tergantung suhu ambient).
3. **Analisis Suhu:** Memeriksa perbedaan suhu pipa *suction* dan *discharge* serta suhu udara keluaran evaporator.
4. **Pengujian Komponen:** Mengecek fungsi *magnetic clutch*, kipas, dan termostat secara elektris.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, trainer sistem air conditioner (AC) mobil telah berhasil dikembangkan sebagai media pembelajaran yang efektif untuk memvisualisasikan siklus kerja refrigerasi beserta komponen-komponen utamanya. Media ini terbukti mampu memfasilitasi pembelajaran *troubleshooting* secara komprehensif—meliputi identifikasi kebocoran refrigeran, gangguan tekanan, kerusakan kompresor, hingga malafungsi kelistrikan—tanpa risiko kerusakan pada kendaraan asli. Melalui pemanfaatan alat peraga ini, diperoleh pemahaman mendalam bahwa korelasi antara variabel tekanan, suhu, dan kondisi fisik komponen sangat krusial dalam menghasilkan diagnosis yang akurat, mengingat adanya keterkaitan mekanis di mana kerusakan pada satu bagian secara langsung akan mendegradasi kinerja keseluruhan sistem AC.

Disarankan agar dalam proses pembelajaran, penggunaan *trainer* ini disertai dengan penerapan prosedur keselamatan kerja (K3) yang ketat, mengingat sistem AC melibatkan tekanan tinggi dan aliran listrik. Selain itu, penggunaan refrigeran ramah lingkungan seperti R-134a harus menjadi standar dalam setiap praktik pengisian ulang.

Referensi

[1] Buntarto, *Servis dan Reparasi AC (Mobil dan Ruangan)*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.

[2] Daryanto, *Teknik Air Conditioning (AC) Mobil*. Bandung: Yrama Widya, 2013.

[3] J. Handoko, *Merawat dan Memperbaiki AC Mobil*. Jakarta: Kawan Pustaka, 2007.

[4] W. F. Stoecker and J. W. Jones, *Refrigeration and Air Conditioning*. Austin, TX, USA: University of Texas at Austin.

[5] Toyota Motor Corporation, *New Step 1 Training Manual: Air Conditioning System*. Toyota Technical Training.

Volume 7 Nomor 1 April 2023
E-ISSN : 2598-6198

[6] *Bosch Automotive Handbook: Automotive Electrics and Automotive Electronics*. Robert Bosch GmbH, 2018.

[7] W. H. Crouse and D. L. Anglin, *Automotive Air Conditioning and Climate Control Systems*. Pearson Education, 2010.

[8] S. T. Hsu, *Air Conditioning System Design and Application*. CRC Press, 2012.

[9] *Standard J2792: Minimum Performance Criteria for Automotive Mobile Air Conditioning Systems*, SAE International, 2020.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License