



## DEVELOPMENT OF AN EDUCATIONAL ANIMATED VIDEO ON EXHAUST EMISSIONS FOR AUTOMOTIVE VOCATIONAL SCHOOL STUDENTS

Mohammad Fadhil Adinugroho<sup>1</sup>, Tatang Permana<sup>2</sup>, Yusep Sukrawan<sup>3</sup>

Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 40154

[mohammad.fadhil.adinugroho@upi.edu](mailto:mohammad.fadhil.adinugroho@upi.edu)\*; [permana@upi.edu](mailto:permana@upi.edu); [yusepsukrawan@upi.edu](mailto:yusepsukrawan@upi.edu)

### ABSTRACT/ABSTRAK

This study aims to develop an educational animation video on exhaust gas emissions as a learning medium for vocational high school students in the Automotive Engineering program. The research applied a development method using the Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation (ADDIE) model up to the formative evaluation stage. A questionnaire based on the Learning Object Review Instrument (LORI) was used to assess validity, practicality, and potential effectiveness. The research subjects consisted of expert validators and users who provided assessments through a feasibility test. The results of expert validation showed an average score of 4.575 out of 5, categorized as highly feasible, while user assessments gave positive responses regarding content accuracy, curriculum alignment, presentation design, and visual appeal. Based on these findings, the developed educational animation video was declared feasible for use in automotive engineering learning and has the potential to enhance students' understanding and motivation in studying the topic of exhaust gas emissions.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan video animasi edukatif tentang emisi gas buang sebagai media pembelajaran bagi murid Sekolah Menengah Kejuruan Teknik Otomotif. Penelitian menggunakan metode pengembangan dengan model *Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation* (ADDIE) hingga tahap evaluasi formatif. Instrumen berupa angket berbasis *Learning Object Review Instrument* (LORI) digunakan untuk menilai validitas, kepraktisan, dan potensi efektivitas. Subjek penelitian terdiri atas validator ahli dan pengguna yang menilai melalui uji kelayakan. Hasil validasi ahli menunjukkan rata-rata skor 4,575 dari 5 dengan kategori sangat layak, sedangkan penilaian pengguna memberikan respons positif pada aspek keakuratan materi, kesesuaian kurikulum, desain penyajian, dan daya tarik visual. Berdasarkan temuan tersebut, video animasi edukatif yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran teknik otomotif serta berpotensi meningkatkan pemahaman dan motivasi murid terhadap topik emisi gas buang.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Submitted/Received  
21 Aug 2025

First Revised  
03 Sep 2025

Accepted  
20 Sep 2025

Online Date  
07 Dec 2025

Publication Date  
07 Dec 2025

#### Keywords:

Educational Animation Video; Exhaust Gas Emissions; Automotive Engineering; Learning Media; ADDIE; LORI.

#### Kata kunci:

Video Animasi Edukatif; Emisi Gas Buang; Teknik Otomotif; Media Pembelajaran; ADDIE, LORI.

## **1. PENDAHULUAN**

Pendidikan vokasi memiliki peran strategis dalam menyiapkan tenaga kerja terampil yang mampu bersaing di era industri 4.0. Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) sebagai bagian dari pendidikan vokasi bertugas membekali murid dengan kompetensi yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja. Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan jenjang pendidikan di Indonesia yang dirancang untuk membekali murid dengan keterampilan praktis yang sesuai dengan kebutuhan dunia kerja, guna mempersiapkan mereka memasuki lapangan pekerjaan secara langsung (Fitriyanto, 2019). Program keahlian Teknik Otomotif menjadi salah satu bidang yang sangat penting, karena berkaitan langsung dengan teknologi kendaraan yang terus berkembang. Menurut Ismail (2024), Strategi pendidikan harus mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan dan melibatkan murid dalam proyek-proyek yang menekankan pentingnya praktik ramah lingkungan dalam desain otomotif.

Emisi gas buang kendaraan bermotor menjadi salah satu penyumbang terbesar pencemaran udara di kawasan perkotaan. Menurut Kumar et al. (2023), penyebab utama polusi udara adalah peningkatan eksponensial jumlah kendaraan bermotor yang mengakibatkan kemacetan lalu lintas, proliferasi kendaraan tua, kurangnya inspeksi dan perbaikan, serta buruknya kualitas bahan bakar. Penyampaian materi mengenai emisi gas buang kepada murid SMK Teknik Otomotif memegang peranan penting dalam membentuk pemahaman teknis sekaligus meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan. Media pembelajaran yang memfasilitasi pemahaman tentang sistem emisi gas buang masih tergolong minim ketersediaannya pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dengan kompetensi keahlian Teknik Kendaraan Ringan (TKR) (Sudarsono, 2021). Kondisi ini mendorong perlunya penggunaan media pembelajaran yang edukatif dan mudah dipahami, seperti video animasi berbasis edukasi lingkungan.

Media pembelajaran memegang peranan penting dalam menyampaikan pesan pendidikan yang bersifat kompleks secara efektif dan menarik. Video animasi edukatif menjadi salah satu media yang memiliki potensi karena mampu menyajikan informasi teknis melalui visualisasi yang dinamis serta narasi yang terstruktur. Menurut Mayer (2020), pembelajaran akan lebih efektif ketika media menggabungkan kata dan gambar, termasuk animasi, karena memanfaatkan saluran visual dan audio secara bersamaan untuk meningkatkan pemahaman konsep. Pengembangan media video animasi edukatif perlu

melalui proses evaluasi kelayakan oleh para ahli agar dapat digunakan secara optimal dalam pembelajaran teknik otomotif.

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang besar untuk melakukan inovasi dalam pengembangan media pembelajaran, termasuk pada bidang teknik otomotif. Video edukatif sebagai bagian dari literasi multimedia telah menjadi fokus berbagai penelitian yang mengkaji efektivitasnya dalam mendukung pengembangan keterampilan, kapabilitas, serta kompetensi (More et al., 2023). Video animasi edukatif dapat menjadi solusi yang efektif dalam memvisualisasikan proses kerja *engine*, jenis-jenis emisi, serta dampak emisi gas buang terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Penyajian materi melalui media ini dilakukan secara menarik dan informatif, sehingga dapat mendukung pencapaian tujuan pembelajaran yang lebih efektif. Penilaian terhadap kelayakan media ini perlu dilakukan oleh para ahli, khususnya dari aspek isi materi dan desain tampilan, agar media tersebut layak diterapkan dalam pembelajaran vokasi.

Transformasi digital dalam dunia pendidikan berkembang seiring dengan adanya berbagai kebijakan nasional, salah satunya melalui program Merdeka Belajar. Menurut Ahsan (2024), pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran dapat mendorong kreativitas dan inovasi murid, seperti melalui keterampilan mengedit menggunakan *Canva*, sehingga proses belajar menjadi lebih menyenangkan, efektif, dan efisien. Pandangan ini diperkuat oleh Makinde (2024) diperlukan kebijakan yang terarah untuk memastikan akses yang adil terhadap alat digital dan konektivitas, sehingga semua murid dapat memanfaatkan kemajuan teknologi dalam pendidikan. Pengembangan media pembelajaran berupa video animasi edukatif menjadi salah satu bentuk nyata dari implementasi kebijakan tersebut dalam konteks pembelajaran modern.

Pengembangan media pembelajaran berbentuk video animasi edukatif tentang emisi gas buang bertujuan untuk menjawab kebutuhan akan media yang inovatif dan kontekstual dalam bidang teknik otomotif. Perancangan media ini difokuskan pada penyampaian materi secara visual dan naratif agar lebih mudah dipahami oleh murid SMK teknik otomotif, khususnya pada topik emisi gas buang. Penelitian ini tidak melibatkan uji coba langsung kepada murid, melainkan berfokus pada penilaian kelayakan oleh para ahli materi dan ahli media. Hasil penilaian tersebut menjadi dasar dalam menilai kualitas isi, desain tampilan, serta potensi penerapan media dalam pembelajaran teknik otomotif yang mendukung prinsip ramah lingkungan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *design and development research* (D&D) yang menekankan pada proses sistematis dalam merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi produk pembelajaran (Richey & Klein, 2007). Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*), yang umum dipakai dalam penelitian pengembangan media karena fleksibel dan iteratif (Branch, 2009). Prosedur penelitian dilaksanakan hingga tahap evaluasi formatif untuk menilai kelayakan media. Evaluasi dilakukan melalui penilaian oleh *expert judgment* yang terdiri dari 3 dosen pendidikan teknik otomotif Universitas Pendidikan Indonesia dan *user response* yang terdiri dari Guru SMK, praktisi otomotif dan ahli media. Instrumen penelitian berupa angket penilaian yang disusun berdasarkan kerangka *Learning Object Review Instrument* (LORI), yang dikembangkan oleh Leacock dan Nesbit (2004). LORI mencakup sembilan dimensi, yaitu: *content quality, learning goal alignment, motivation, presentation design, interaction usability, accessibility, reusability, standards compliance*, dan *visual/technical appeal*. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dengan menghitung rata-rata skor tiap aspek. Prosedur penelitian yang dilakukan mengikuti kelima tahapan model ADDIE secara rinci, sebagai berikut:

1. Tahap Analisis (*Analysis*): Tahap Analisis bertujuan mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik murid, serta cakupan materi sesuai tujuan belajar. Analisis ini menjadi dasar penting untuk merancang media yang efektif dengan memahami konteks belajar dan kesenjangan yang ada. Sejalan dengan Branch (2009), tahap ini menekankan pencarian faktor penyebab kesenjangan kinerja.
2. Tahap Desain (*Design*): Tahap Desain dilakukan setelah analisis kebutuhan, meliputi penyusunan storyboard, skenario, desain visual, dan elemen edukatif sesuai tujuan pembelajaran dan karakteristik murid. Perancangan mencakup pemilihan narasi, durasi, serta pendekatan visual agar materi tersampaikan efektif. Menurut Branch (2009), tahap ini memastikan kejelasan kinerja yang diharapkan serta metode evaluasi yang tepat.
3. Tahap Pengembangan (*Development*): Tahap Pengembangan merupakan proses produksi video animasi edukatif, meliputi pembuatan visual, animasi, narasi, dan integrasi elemen edukatif sesuai rancangan sebelumnya. Selain produksi, dilakukan validasi ahli untuk memastikan isi dan tampilan media layak digunakan. Sejalan

dengan Branch (2009), tahap ini bertujuan merancang serta menguji keabsahan sumber belajar.

4. Tahap Implementasi (*Implementation*): Tahap Implementasi bertujuan menyiapkan lingkungan pembelajaran agar media siap digunakan. Penelitian ini, tahap implementasi tidak dilakukan kepada murid, melainkan terbatas pada uji kelayakan melalui penilaian ahli dan respon pengguna. Sejalan dengan Branch (2009) dan Bates (2015), keterlibatan ahli penting untuk memastikan kesiapan media sebelum diterapkan lebih luas.
5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*): Tahap Evaluasi bertujuan menilai mutu produk dan proses pembelajaran (Branch). Penelitian ini, evaluasi dilakukan secara formatif melalui *expert judgment* dan *user response* untuk menguji kelayakan isi, tampilan, dan kemudahan penggunaan. Evaluasi sumatif tidak dilaksanakan dan direkomendasikan untuk penelitian lanjutan agar media dapat diuji langsung dalam pembelajaran nyata.

Untuk pengumpulan data, penelitian ini menggunakan instrumen angket (kuesioner) yang dikembangkan berdasarkan kerangka *Learning Object Review Instrument* (LORI). Angket ini dirancang untuk mengukur berbagai dimensi, antara lain kualitas konten, kesesuaian dengan tujuan pembelajaran, keterlibatan (interaktivitas), desain visual, aksesibilitas, dan standar teknis media. Data yang terkumpul dari angket dianalisis secara deskriptif untuk menentukan tingkat kelayakan produk, sementara data yang berupa saran dan masukan dari para ahli dan pengguna digunakan sebagai dasar untuk revisi dan penyempurnaan produk akhir.

### 3. HASIL PENELITIAN

Validasi media dilakukan oleh empat ahli yang terdiri dari dosen pendidikan teknik otomotif, profesor bidang teknik, serta guru SMK. Instrumen yang digunakan mengacu pada dimensi LORI (*Learning Object Review Instrument*) yang dikembangkan oleh Leacock dan Nesbit (2007). Hasil penilaian menunjukkan bahwa media memperoleh skor rata-rata berkisar antara 4,40–4,80 dengan kategori Layak hingga Sangat Layak. Aspek yang dinilai paling tinggi adalah tampilan visual dan kejelasan konten, sedangkan aspek dengan skor relatif lebih rendah adalah kemudahan interaksi. Hal ini sejalan dengan pendapat Nieveen (1999), bahwa uji kelayakan oleh pakar berfungsi sebagai evaluasi formatif untuk memastikan produk pendidikan dapat digunakan meski masih perlu

pengembangan lebih lanjut. Adapun secara spesifik, perolehan skor masing-masing aspek ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Expert Judgment

| Validator | Total Skor (Maks 50) | Rata-rata | Kategori     |
|-----------|----------------------|-----------|--------------|
| Ahli 1    | 46                   | 4,60      | Sangat Layak |
| Ahli 2    | 44                   | 4,40      | Layak        |
| Ahli 3    | 45                   | 4,50      | Sangat Layak |
| Ahli 4    | 48                   | 4,80      | Sangat Layak |
| Rata-rata | -                    | 4,575     | Sangat Layak |

Selain validasi oleh ahli, penelitian ini juga melibatkan penilaian dari pengguna yang terdiri atas guru SMK, praktisi otomotif, dan ahli media. Tujuan dari *user response* adalah untuk mengetahui sejauh mana media video animasi edukatif dapat diterima dan dinilai layak oleh calon pengguna di lapangan. Instrumen yang digunakan mengacu pada sembilan dimensi LORI (Leacock & Nesbit, 2007) yang telah disesuaikan dengan konteks penelitian.

Hasil penilaian menunjukkan bahwa secara umum pengguna memberikan respon positif terhadap media. Mereka menilai konten sudah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, tampilan media menarik, serta desain visual dan alur animasi memudahkan pemahaman konsep emisi gas buang. Namun demikian, terdapat catatan pada dimensi motivasi, di mana sebagian responden menilai media masih perlu variasi interaktif agar lebih mampu membangkitkan minat belajar murid. Hal ini sejalan dengan pendapat Keller (2010) yang menekankan bahwa aspek motivasi perlu dikelola secara khusus dalam desain media pembelajaran. Adapun hasil analisis skor user response dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Evaluasi User Response

| Aspek Penilaian         | Rata-rata Skor (Skala 5) | Kategori     |
|-------------------------|--------------------------|--------------|
| Content Quality         | 4,33                     | Sangat Layak |
| Learning Goal Alignment | 4,38                     | Sangat Layak |
| Feedback & Adaptation   | 4,38                     | Sangat Layak |
| Motivation              | 4,17                     | Layak        |

| Aspek Penilaian       | Rata-rata Skor (Skala 5) | Kategori     |
|-----------------------|--------------------------|--------------|
| Presentation Design   | 4,42                     | Sangat Layak |
| Interaction Usability | 4,34                     | Sangat Layak |
| Accessibility         | 4,25                     | Sangat Layak |
| Reusability           | 4,42                     | Sangat Layak |
| Standards Compliance  | 4,41                     | Sangat Layak |
| Rata-rata Total       | 4,35                     | Sangat Layak |

Hasil penelitian dari kedua sumber data, yaitu ahli (*expert judgment*) dan pengguna (*user response*), menunjukkan bahwa media video animasi edukatif mengenai emisi gas buang dinilai layak hingga sangat layak digunakan sebagai bahan ajar di SMK. Dari sisi ahli, skor rata-rata berkisar 4,40–4,80 dengan kategori layak hingga sangat layak. Aspek yang paling menonjol adalah kualitas tampilan visual dan kejelasan isi, yang dianggap sudah sesuai dengan standar pengembangan media pembelajaran. Masukan yang diberikan lebih bersifat pengembangan, seperti memperkuat identitas penyusun media dan menambahkan variasi interaktivitas. Hal ini sesuai dengan pandangan Nieveen (1999) bahwa evaluasi ahli berfungsi sebagai bentuk *formative evaluation* untuk menjamin mutu produk sebelum digunakan lebih luas. Sementara itu, respon pengguna menunjukkan skor rata-rata keseluruhan 4,35 dengan kategori sangat layak. Skor tertinggi terdapat pada dimensi *Reusability* (4,42) dan *Presentation Design* (4,42), yang mengindikasikan bahwa media dipandang menarik, mudah dipahami, serta berpotensi digunakan kembali pada berbagai konteks pembelajaran. Sebaliknya, skor terendah terdapat pada dimensi *Motivation* (4,17), menandakan perlunya peningkatan aspek motivasional. Temuan ini sejalan dengan Keller (2010) yang menekankan pentingnya strategi desain motivasional agar media mampu membangkitkan minat belajar. Secara keseluruhan, hasil kedua instrumen memperlihatkan bahwa media telah memenuhi kriteria kualitas isi, kesesuaian tujuan pembelajaran, serta desain tampilan yang menarik. Namun, aspek motivasi belajar perlu diperkuat, misalnya dengan menambahkan elemen interaktif atau gamifikasi sederhana. Hal ini sejalan dengan teori *multimedia learning* Mayer (2009) yang menekankan pentingnya integrasi antara visual, audio, dan interaktivitas untuk meningkatkan keterlibatan serta hasil belajar murid.

#### 4. PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan ini menghasilkan media pembelajaran video animasi untuk murid SMK pada kompetensi keahlian Teknik Otomotif. Berdasarkan tahap evaluasi yang telah dilakukan, media yang dikembangkan dinyatakan “Sangat Layak” untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Kelayakan ini didasarkan pada hasil validasi ahli (*expert judgment*) yang melibatkan empat validator dari kalangan ahli materi dan ahli media, yang menghasilkan skor rata-rata total sebesar 4,37 dari skala 5.

Tingkat kelayakan yang tinggi ini mengindikasikan bahwa media video animasi yang dikembangkan telah memenuhi standar kualitas yang esensial, baik dari segi materi, penyajian, maupun teknis. Penilaian ini sejalan dengan kerangka kerja *Learning Object Review Instrument* (LORI) yang menjadi dasar pengembangan instrumen evaluasi. Hasil ini memperkuat temuan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya efektif secara teoretis, tetapi juga terbukti praktis dan relevan secara kontekstual untuk diterapkan di lingkungan pembelajaran vokasional. Konsistensi antara penilaian para ahli menunjukkan bahwa produk telah mencapai tingkat validitas desain dan validitas praktis yang memadai. .

Temuan ini mendukung pernyataan Plomp dan Nieveen (2013), yang menyatakan bahwa keselarasan antara penilaian ahli dan persepsi pengguna (dalam tahap selanjutnya) merupakan indikator tercapainya validitas dan praktikalitas sebuah produk pengembangan. Dengan kata lain, validasi ahli yang kuat menjadi fondasi penting yang menunjukkan bahwa media pembelajaran ini berpotensi besar untuk dapat diterima dan diimplementasikan secara efektif di kelas.

Lebih lanjut, pengembangan media ini merupakan respons terhadap kebutuhan spesifik di SMK. Seringkali, materi pembelajaran yang tersedia secara bebas di internet tidak secara langsung sesuai dengan konteks vokasional, karakteristik murid, serta tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Hal ini sejalan dengan pandangan Branch (2009), yang menekankan bahwa keputusan untuk mengembangkan media baru harus disesuaikan dengan kondisi nyata, meliputi konteks pembelajaran, karakteristik audiens, hingga ketersediaan sumber daya. Oleh karena itu, video animasi ini dirancang secara khusus untuk menjawab kebutuhan tersebut, memastikan bahwa materi yang disajikan akurat, relevan dengan dunia kerja, dan mudah dipahami oleh murid SMK.

Keberhasilan media ini juga tidak terlepas dari perancangan komponen multimedia yang terintegrasi. Smaldino et al. (2008) menegaskan bahwa pemilihan dan perancangan media yang meliputi aspek video, audio, dan teks merupakan aspek krusial yang harus diperhatikan secara saksama agar benar-benar mendukung proses belajar yang optimal.

Skor validasi yang tinggi pada berbagai aspek—seperti kejelasan materi, kualitas audio-visual, dan desain instruksional—menunjukkan bahwa integrasi elemen-elemen multimedia dalam video animasi ini telah berhasil menciptakan sebuah media pembelajaran yang koheren dan berpotensi efektif. Secara keseluruhan, hasil validasi ahli yang positif ini memberikan justifikasi yang kuat bahwa media pembelajaran video animasi yang dikembangkan layak untuk dilanjutkan ke tahap implementasi dan uji efektivitas yang lebih luas di lapangan. Media ini tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai sumber belajar yang terstruktur dan tervalidasi untuk mendukung pencapaian kompetensi murid SMK di bidang Teknik Otomotif.

## **5. KESIMPULAN**

Penelitian ini menghasilkan media video animasi edukatif mengenai emisi gas buang kendaraan bermotor yang dikembangkan dengan model ADDIE sampai tahap evaluasi formatif. Berdasarkan hasil validasi ahli, media memperoleh skor rata-rata antara 4,40–4,80 dengan kategori layak hingga sangat layak. Respon pengguna juga menunjukkan skor rata-rata 4,35 dengan kategori sangat layak. Temuan ini menunjukkan bahwa media telah memenuhi kriteria kualitas isi, kesesuaian tujuan pembelajaran, serta desain visual yang menarik.

Keunggulan utama media terdapat pada aspek Reusability dan Presentation Design, yang menandakan bahwa produk mudah digunakan kembali dan memiliki tampilan yang jelas serta menarik. Namun, dimensi Motivation memperoleh skor terendah, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan elemen interaktif dan strategi motivasional.

Secara keseluruhan, media video animasi edukatif yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan sebagai alternatif bahan ajar di SMK, khususnya dalam pembelajaran teknik otomotif. Produk ini berpotensi meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi kompleks seperti emisi gas buang, sekaligus mendukung pemanfaatan teknologi multimedia dalam pembelajaran vokasi.

## 6. REFERENSI

- Ahsan, N., Atikoh, N., Rohim, A., & Alfandy, A. (2024). *The Role of Information Technology in Learning Toward Improving the Quality of Education at MA Al-Mahrusiyah Lirboyo Kediri City*. 1(1), 393–397. <https://doi.org/10.35316/icorhstech.v1i1.5664>
- Bates, T. (2015). *Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning*. Vancouver: Tony Bates Associates Ltd.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer.
- Fitriyanto, M. N., & Pardjono, P. (2019). Factors affecting the employability skills of vocational students majoring mechanical engineering. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 9(2), 132-140.
- Ismail, O. (2024). Sustainable Automotive Engineering. *Advances in Human Services and Public Health (AHSPH) Book Series*, 397–422. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2987-0.ch019>
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. New York: Springer.
- Kumar, N., Kumar, S., & Pandey, S. P. (2023). Traffic-Related Air Pollution and Associated Human Health Risk. *Macromolecular Symposia*, 407(1). <https://doi.org/10.1002/masy.202100486>
- Leacock, T. L., & Nesbit, J. C. (2004). A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources. *Educational Technology & Society*, 7(2), 44–59.
- Makinde, S. O., Sulyman, B. M., & Ibrahim, A. B. (2024). Beyond Borders: Leveraging Technology to Achieve Sustainable Development Goals in Education. *International Journal of Universal Education*, 2(2), 90–100. <https://doi.org/10.33084/ijue.v2i2.8586>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>

- More Valencia, R. A., Nizama Reyes, M. E., Lizana Puelles, E. Y., & Sandoval Valdiviezo, J. M. (2023). Effectiveness Associated With Learning With Video and Multimedia Content in Engineering Students' Classroom Sessions. *Journal of Higher Education, Theory, and Practice*. <https://doi.org/10.33423/jhetp.v23i19.6738>
- Nieveen, N. (1999). Prototyping to Reach Product Quality. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.), *Design Approaches and Tools in Education and Training* (pp. 125–136). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Patel, S., & Song, J. (2023). Air Pollution and Health: The Impact of Vehicle Emissions. *Journal of Environmental Health Research*, 32(1), 1–10.
- Santrock, J. W. (2018). *Educational Psychology* (6th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Russell, J. D. (2012). *Instructional Technology and Media for Learning* (10th ed.). Boston: Pearson.
- Sudarsono, B. (2021). Development of Catalytic Converter Learning Media to Improve Knowledge of Automotive Vocational School Students. *VANOS Journal of Mechanical Engineering Education*, 6(2).
- Van den Akker, J., Branch, R. M., Gustafson, K., Nieveen, N., & Plomp, T. (1999). *Design Approaches and Tools in Education and Training*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.