



Development and Implementation of LPG/Gasoline Bi-Fuel Engine Teaching Media for Vocational High Schools

Muji Setiyo^{1,2}✉, Saifudin¹, Agus Setiawan³, Muhammad Latifur Rochman^{1,2}, Sofyan Kurniawan⁴, Dhasa Ikrar Setyanansyach^{1,2}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Magelang

²Center of Energy for Society and Industry (CESI), Universitas Muhammadiyah Magelang

³Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Magelang

⁴Laboratorium Otomotif, Universitas Muhammadiyah Magelang

✉ muji@unimma.ac.id

doi <https://doi.org/10.31603/ce.10181>

Abstract

In 2022, the World Liquefied Petroleum Gas Association (WLPGA) reported that there are more than 28.3 million LPG-fueled vehicles used throughout the world with an increasing trend in the last 20 years. The growth of LPG-fueled vehicles will require more mechanics from vocational school graduates who master environmentally friendly technology. Considering the availability of resources, Muhammadiyah Vocational High School 1 Bandongan Magelang (SMK MUTU Bandongan) has the potential to complement the competencies of graduates with mastery and skills in servicing modern and environmentally friendly vehicles, as one of their uniqueness from others. Therefore, we develop and implement environmentally friendly automotive technology learning media, especially LPG-fueled vehicles at SMK MUTU Bandongan. This is an implementation of research on LPG-fueled vehicles over the last 10 years. Activities are carried out through (1) rebuilding and reconditioning the engine which will be modified into a bi-fuel engine; (2) procurement and installation of converter kits; and (3) increasing teacher competency.

Keywords: *Bi-Fuel vehicles; Teacher competency; Alternative fuel*

Pengembangan dan Implementasi Media Pembelajaran Mesin Bi-Fuel LPG/Bensin untuk Sekolah Menengah Kejuruan

Abstrak

Pada tahun 2022, World Liquefied Petroleum Gas Association (WLPGA) melaporkan terdapat lebih dari 28,3 juta kendaraan berbahan bakar LPG yang digunakan di seluruh dunia dengan tren peningkatan dalam 20 tahun terakhir. Pertumbuhan kendaraan berbahan bakar LPG akan membutuhkan lebih banyak mekanik lulusan SMK yang menguasai teknologi ramah lingkungan. Mengingat ketersediaan sumber daya, Sekolah Menengah Kejuruan Muhammadiyah 1 Bandongan Magelang (SMK MUTU Bandongan) berpotensi melengkapi kompetensinya dengan penguasaan dan keterampilan servis kendaraan modern dan ramah lingkungan, sebagai salah satu keunikannya dengan yang lain. Oleh karena itu, kami mengembangkan dan menerapkan media pembelajaran teknologi otomotif ramah lingkungan khususnya kendaraan berbahan bakar LPG di SMK MUTU Bandongan. Hal ini merupakan implementasi penelitian terhadap kendaraan berbahan bakar LPG selama 10 tahun terakhir. Kegiatan dilakukan melalui (1) pembangunan kembali dan rekondisi mesin yang akan dimodifikasi menjadi mesin bi-fuel; (2) pengadaan dan pemasangan converter kit; dan (3) peningkatan kompetensi guru.

Kata Kunci: *Kendaraan Bi-Fuel; Kompetensi guru; Bahan bakar alternatif*

1. Pendahuluan

Teknologi kendaraan bersih seperti *Electric Vehicle* (EV) dan *Fuel Cell* (FC) cukup menjanjikan di masa kini dan masa depan. EV dan FC terbukti menghasilkan dampak lingkungan yang lebih baik daripada kendaraan bensin dan diesel meskipun harganya lebih mahal. Namun demikian, mengganti kendaraan berbahan bakar fosil konvensional dengan teknologi EV dan FC dalam waktu dekat tidak mungkin dilakukan karena alasan teknis dan ekonomi. Dengan demikian, penggunaan bahan bakar alternatif yang memiliki dampak lingkungan dan kelayakan ekonomi yang lebih baik daripada bahan bakar fosil konvensional menjadi pilihan yang realistis (Abdullahi, 2014; Yusma et al., 2016). Biofuel adalah salah satu opsi yang sangat menjanjikan dalam hal keberlanjutan karena dapat memproduksinya dari tanaman. Namun, produksi biofuel skala besar seperti bioetanol atau biodiesel dari tumbuhan dan turunannya bertentangan dengan ketersediaan lahan untuk menyediakan bahan makanan (Kline et al., 2017).

Kenyataannya, implementasi biofuel, *fuel cell*, dan hidrogen, saat ini hanya mampu menggantikan bahan bakar fosil pada tingkat yang sangat terbatas jika dibandingkan dengan LPG (Anandarajah et al., 2013; Blanco et al., 2018; Gül et al., 2009; Supekar & Skerlos, 2017). Oleh karena itu, LPG merupakan bahan bakar alternatif yang paling realistis untuk menggantikan bensin untuk saat ini dan beberapa dekade mendatang (Kivevele et al., 2020). Teknologi kendaraan berbahan bakar LPG telah dikenal sejak lama. Konversi kendaraan dari bensin ke LPG telah menjadi tren populer di beberapa negara karena karakteristik kandungan energi yang tinggi dan dampak lingkungannya. Berdasarkan survei World Liquified Petroleum Gas Association (WLPGA) pada tahun 2022, terdapat 28,3 juta kendaraan LPG yang digunakan di seluruh dunia dan lebih dari 81.500 lokasi pengisian bahan bakar (World LPG Association, 2022). Selain itu, ada banyak alasan yang mendorong orang tertarik untuk mengkonversi kendaraan mereka menjadi LPG (Hahn, 2016) yang mencakup pengurangan biaya operasional, harga yang lebih kompetitif, pengurangan biaya pemeliharaan, ramah lingkungan, fleksibilitas dengan bahan bakar dual sistem, tidak ada penurunan kinerja, ketersediaan, dan keamanan.

Untuk mendukung program konversi BBM ke LPG, diperlukan program kerjasama antar stakeholder, yaitu pemerintah dalam penyediaan insentif dan pengaturan harga, perguruan tinggi untuk melakukan riset dan menyediakan hasil riset, dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk menyediakan calon mekanik guna memenuhi kebutuhan bengkel konversi. SMK Muhammadiyah 1 Bandongan di Kabupaten Magelang, merupakan salah satu SMK yang memiliki potensi untuk mengembangkan pembelajaran teknologi kendaraan ramah lingkungan, khususnya kendaraan berbahan bakar LPG. Beberapa guru SMK Muhammadiyah Bandongan merupakan lulusan Teknik Otomotif UNIMMA, satu-satunya Prodi Otomotif di Jawa Tengah dan DIY yang fokus dalam mengembangkan kendaraan ramah lingkungan, salah satunya LPG. Jurusan Teknik Kendaraan Ringan (TKR) SMK Muhammadiyah 1 Bandongan telah memiliki infrastruktur pembelajaran yang baik untuk pembelajaran. Saat ini, TKR didukung dengan 6 guru dan 1 toolman. Beberapa *photographic view* infrastruktur pembelajaran di Prodi TKR SMK Muhammadiyah 1 Bandongan disajikan pada Gambar 1. Namun demikian, dari sekian banyak engine trainer yang tersedia, belum satupun yang dilengkapi dengan LPG kits atau kits bahan bakar ramah lingkungan lainnya.



Gambar 1. Beberapa *photographic view* media praktek di SMK MUTU Bandongan

2. Pengalaman Riset yang Dihilirisasikan

Selama tahun 2013 sampai 2022 (10 tahun), tim riset kendaraan berbahan bakar LPG UNIMMA telah terlibat dalam beberapa riset kompetitif bidang bahan bakar LPG, yang meliputi: Insentif Sistem Inovasi Nasional-INSINAS (2013, 2014, 2015), Riset Unggulan Daerah-RUD (2014) Penelitian Disertasi Doktor-PDD (2016) Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi-PDUPT (2018-2019), Penelitian Dasar Terapan Unggulan Perguruan Tinggi-PTUPT (2019-2020), dan *World Class Research-WCR* (2021-2022). Beberapa penelitian tersebut telah menghasilkan publikasi ilmiah, diantaranya: Karakteristik mesin berbahan bakar LPG 1500 CC pada berbagai ukuran venturi mixer (Setiyo, Waluyo, Husni, et al., 2016); Analisis tekno-ekonomi kendaraan berbahan bakar LPG untuk transportasi umum di Indonesia (Setiyo, Soeparman, Hamidi, & Wahyudi, 2016); Kendaraan berbahan bakar LPG: Tinjauan teknologi dan tren pasar (Kivevele et al., 2020); Karakteristik efek pendinginan sistem refrigerasi $\frac{1}{2}$ siklus pada sistem bahan bakar LPG (Setiyo, Soeparman, Hamidi, et al., 2017b); Simulasi untuk memprediksi potensi efek pendinginan pada kendaraan berbahan bakar LPG (Setiyo, Soeparman, Wahyudi, & Hamidi, 2016); Unjuk kerja mesin bensin/LPG (Setiyo, Waluyo, Anggono, et al., 2016); Pemodelan AFR dan *fuel cut-off* mesin berbahan bakar LPG berdasarkan sinyal dari sensor mesin, transmisi, dan sistem rem menggunakan *fuzzy logic controller* (FLC) (Setiyo & Munahar, 2017); Studi numerik potensi efek pendinginan dari alat penguap kendaraan LPG (Setiyo, Soeparman, & Hamidi, 2017); Karakteristik komposisi LPG di saluran bahan bakar selama proses discharging (Setiyo, Soeparman, Hamidi, et al., 2017a); Teknologi Kendaraan Berbahan Bakar LPG (Setiyo & Suyitno, 2019); dan Studi Kelayakan Penerapan LPG/Vigas Sebagai Bahan Bakar Angkutan Umum Kota Magelang (Setiyo et al., 2019). Selain itu, kami juga telah menghasilkan beberapa paten terkait kendaraan bahan bakar LPG, diantaranya: P00201304508 Alat Penyambung Nepel Tabung Gas; P00201304509 Alat Pencampur Gas Untuk Kendaraan Berbahan Bakar Gas; S00201507904 Alat Pencampur Gas Dengan Venturi Sekunder Untuk Kendaraan Berbahan Bakar Gas; S00201609205 Alat Pengaturan Saat Pengapian Pada Kendaraan Berbahan Ganda; dan P00201709446 Metode Untuk Memanen Efek Pendinginan Pada Kendaraan Berbahan Bakar LPG.

3. Metode Pelaksanaan

3.1. Koordinasi dan Penyusunan Timelines Bersama Mitra

Koordinasi telah dilakukan dua kali oleh tim pelaksana dan mitra. Dalam koordinasi tersebut, tim pelaksana dan mitra telah membuat *timelines* pelaksanaan PKM, dari sosialisasi program sampai dengan pemenuhan luarannya. Kegiatan ini akan dilakukan melalui FGD dan kunjungan ke *workshop*, sebagaimana ditunjukkan pada [Gambar 2](#).



Gambar 2. Koordinasi dengan guru di SMK MUTU Bandongan

3.2. Pengadaan Engine Trainer dan Converter Kits

Media pembelajaran yang digunakan adalah mesin Toyota LGX injeksi. Mesin ini dipilih karena telah mengaplikasikan sistem injeksi dengan sistem pengapian distributor. Dengan sistem pengapian distributor, mitra dapat mencoba memvariasikan sudut pengapian dengan lebih mudah. Dua unit converter kits (sebagaimana ditunjukkan pada [Gambar 3](#)) digunakan untuk proses konversi dari BBM ke LPG.



Gambar 3. Converter kits yang dipakai dalam PKM

3.3. Merebuild Mesin

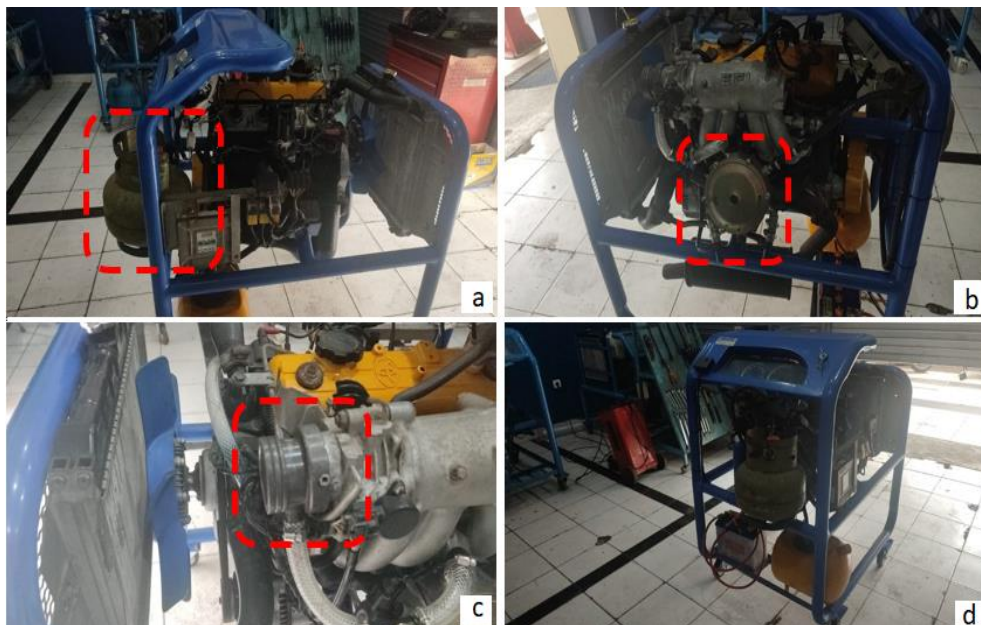
Untuk dapat dikonversi menjadi mesin bi-fuel, mesin harus dalam kondisi normal. Oleh karenanya, kami melakukan rebuild pada mesin yang akan digunakan sebagai media belajar di Mitra. Rebuild mesin meliputi: (1) perbaikan rangka dan caster; (2) penggantian fuel pump; (3) servis injector dan fuel rail; (4) pengecekan kompresi dan sistem pelumasan; dan (5) penambahan komponen-komponen kelistrikan agar mesin dapat berfungsi normal. Beberapa *photographic view* proses rebuild ditunjukkan pada [Gambar 4\(a\)](#). Setelah direbuild, mesin dapat berfungsi dengan normal sebagaimana disajikan pada [Gambar 4\(b\)](#).



Gambar 4. (a) Proses rebuild mesin dan (b) Mesin yang sudah direbuild

3.4. Memasang LPG Kits

Setelah dilakukan normalisasi mesin, dilanjutkan dengan pemasangan converter kits. Komponen utama converter kits meliputi tabung, regulator, dan mixer sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5(a) sampai Gambar 5(c). Sementara itu, tampilan lengkap mesin yang sudah dipasang LPG kits disajikan pada Gambar 5(d).



Gambar 5. (a) Pemasangan tabung LPG; (b) Pemasangan regulator LPG; (c) Pemasangan mixer LPG; dan (d) Tampilan utuh mesin bi-fuel bensin-LPG

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Uji Coba

Ujicoba mesin dilakukan secara fungsional dengan menyalakan mesin dengan bensin dan LPG melalui pemindahan bahan bakar dengan *fuel selector*. Selama pengujian, mesin dapat beroperasi dengan bensin dan LPG dengan sama baiknya, dari putaran rendah

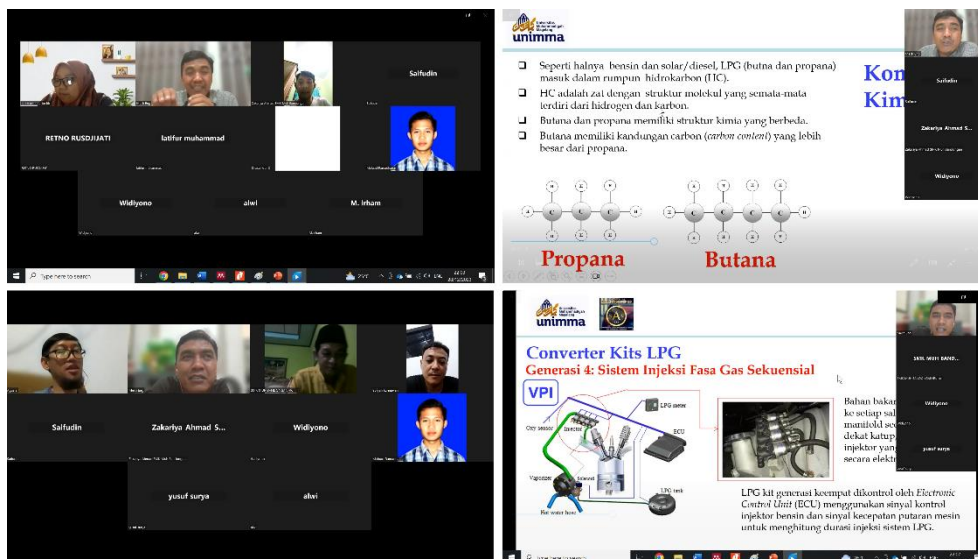
sampai putaran tinggi. Selain itu, mesin dapat dipindahkan dari mode operasi LPG ke bensin dan sebaliknya tanpa harus mematikan mesin. Visualisasi hasil pengujian mesin disajikan dalam [Gambar 6](#).



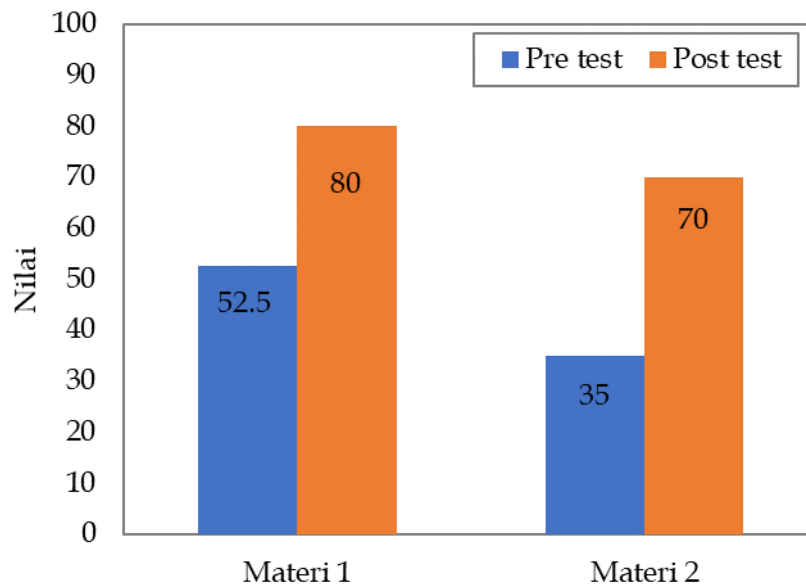
Gambar 6. Pengujian mesin bi-fuel LPG-bensin

4.2. Peningkatan Pengetahuan Mitra

Peningkatan pengetahuan mitra dilakukan dua kali melalui *zoom meeting*, sebagaimana disajikan pada [Gambar 7](#). Pada pertemuan pertama, disampaikan materi tentang “LPG: Produksi dan Properti” dengan tujuan agar mitra (guru dan *toolman*) memahami tentang karakteristik LPG sebagai bahan bakar. Pada pertemuan kedua, disampaikan materi tentang “Jenis-Jenis *Converter Kits*” dengan tujuan agar mitra memahami perkembangan *converter kits* dan karakteristik dari setiap generasinya. Pada setiap pertemuan, dilaksanakan *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur pemahaman mitra, dengan hasil disajikan pada [Gambar 8](#).



Gambar 7. Peningkatan pengetahuan mitra melalui *zoom meeting*



Gambar 8. Peningkatan pengetahuan mitra

4.3. Peningkatan Keterampilan Mitra

Setelah pengetahuan mitra ditingkatkan dan manajemen risiko terkait penanganan bahan bakar LPG telah dikuasai oleh mitra, kegiatan dilanjutkan dengan *sharing* pengalaman praktek *overhaul* dan instalasi komponen LPG kits pada mesin. Kegiatan peningkatan keterampilan mitra dilakukan di *workshop* otomotif SMK MUTU Bandongan. Beberapa *photographic view* kegiatan *sharing* pengalaman/hilirisasi saintifik dari tim pelaksana PKM UNIMA ke guru dan *toolman* di SMK MUTU Bandongan disajikan pada Gambar 9. Dalam kegiatan tersebut, nampak antusiasme guru-guru dan *toolman* dalam kegiatan peningkatan keterampilan. Dua unit *converter kits* dengan jenis yang berbeda juga dilakukan *overhaul* dan berhasil diuji-cobakan.



Gambar 8. Beberapa *photographic view* sharing pengalaman/hilirisasi saintifik

5. Kesimpulan

Kegiatan PKM “Merintis Pembelajaran Teknologi Otomotif Ramah Lingkungan untuk Mendukung Green Economy di SMK Muhammadiyah 1 Bandongan” ini telah terlaksana sesuai dengan perencanaan. Media pembelajaran yang dikembangkan telah selesai dibuat dan diimplementasikan ke mitra. Kegiatan peningkatan pengetahuan mitra melalui *zoom meeting* telah terukur ada peningkatan pengetahuan mitra dari rata-rata nilai 52,5 menjai 80 pada materi pertama (LPG: produksi dan properti) dan dari rata-rata nilai 35 menjai 70 pada materi kedua (jenis-jenis *converter kits*). Pada kegiatan *sharing* pengalaman, juga nampak angntusiame guru-guru dan *toolman* dalam mengikuti kegiatan tersebut. Sebagai tindak lanjut dari kegiatan ini, guru dan *toolman* akan mengajarkan pengetahuan dan keterampilan mereka kepada pasa siswa jurusan Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMK MUTU Bandongan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Magelang yang telah mengawal penjaminan mutu dalam pelaksanaan PKM ini dan kepada SMK MUTU Bandongan atas kerja sama yang sangat baik dalam kegiatan PKM ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada DRTPM Kemendikbudristek atas pendanaan PKM yang diberikan pada tahun 2023 ini.

Daftar Pustaka

- Abdullahi, A. B. (2014). *Modeling Petroleum Product Demand in Nigeria Using Structural Time Series Model (STSM) Approach* 1. 4(3), 427–441. <http://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/769/479>
- Anandarajah, G., McDowall, W., & Ekins, P. (2013). Decarbonising road transport with hydrogen and electricity: Long term global technology learning scenarios. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(8), 3419–3432. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.12.110>
- Blanco, H., Nijs, W., Ruf, J., & Faaij, A. (2018). Potential for hydrogen and Power-to-Liquid in a low-carbon EU energy system using cost optimization. *Applied Energy*, 232, 617–639. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.216>
- Gül, T., Kypreos, S., Turton, H., & Barreto, L. (2009). An energy-economic scenario analysis of alternative fuels for personal transport using the Global Multi-regional MARKAL model (GMM). *Energy*, 34(10), 1423–1437. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.04.010>
- Hahn, E. (2016). *Top 10 Reasons to Convert Your Car to LPG _ Unigas LPG Autogas*. Unigas. <http://www.unigas.com.au/top-10-reasons-to-convert-your-car-to-lpg/>
- Kivevele, T., Raja, T., Pirouzfard, V., Waluyo, B., & Setiyo, M. (2020). LPG-Fueled Vehicles: An Overview of Technology and Market Trend. *Automotive Experiences*, 3(1), 6–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.31603/ae.v3i1.3334>
- Kline, K. L., Msangi, S., Dale, V. H., Woods, J., Souza, G. M., Osseweijer, P., Clancy, J. S., Hilbert, J. A., Johnson, F. X., McDonnell, P. C., & Muger, H. K. (2017). Reconciling food security and bioenergy: priorities for action. *GCB Bioenergy*, 9(3), 557–576. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12366>

- Setiyo, M., & Munahar, S. (2017). AFR and fuel cut-off modeling of LPG-fueled engine based on engine, transmission, and brake system using fuzzy logic controller (FLC). *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 8(1), 50–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.14203/j.mev.2017.v8.50-59>
- Setiyo, M., Soeparman, S., & Hamidi, N. (2017). Numerical Study on Cooling Effect Potential from Vaporizer Device of LPG Vehicle. *Journal of Engineering Science and Technology*, 12(7), 1766–1779.
- Setiyo, M., Soeparman, S., Hamidi, N., & Wahyudi, S. (2016). Techno-economic analysis of liquid petroleum gas fueled vehicles as public transportation in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(3), 495–500.
- Setiyo, M., Soeparman, S., Hamidi, N., & Wahyudi, S. (2017a). Characteristic of LPG compositions in the fuel line during discharging process. *International Journal of Technology*, 8(1). <https://doi.org/10.14716/ijtech.v8i1.4117>
- Setiyo, M., Soeparman, S., Hamidi, N., & Wahyudi, S. (2017b). Cooling effect characteristics of a $\frac{1}{2}$ cycle refrigeration system on an LPG fuel system. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.06.009>
- Setiyo, M., Soeparman, S., Wahyudi, S., & Hamidi, N. (2016). A simulation for predicting potential cooling effect on LPG-fuelled vehicles. *AIP Conference Proceedings*, 1717. <https://doi.org/10.1063/1.4943426>
- Setiyo, M., & Suyitno. (2019). *Teknologi Kendaraan Berbahan Bakar LPG* (B. Waluyo (ed.)). Deepublish.
- Setiyo, M., Waluyo, B., Anggono, W., & Husni, M. (2016). Performance of Gasoline/LPG Bi-Fuel Engine of Manifold absolute Pressure Sensor (MAPS) Variations Feedback. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(7), 4707–4712. http://www.arnpjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0416_4012.pdf
- Setiyo, M., Waluyo, B., Husni, M., & Karmiadi, D. W. (2016). Characteristics of 1500 CC LPG fueled engine at various of mixer venturi area applied on Tesla A-100 LPG vaporizer. *Jurnal Teknologi*, 78(10). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.7661>
- Setiyo, M., Widodo, E. M., Rosyidi, I., & Purnomo, T. A. (2019). *Studi Kelayakan Penerapan LPG/Vigas Sebagai Bahan Bakar Angkutan Umum Kota Magelang*. Unimma Press.
- Supekar, S. D., & Skerlos, S. J. (2017). Analysis of Costs and Time Frame for Reducing CO₂ Emissions by 70% in the U.S. Auto and Energy Sectors by 2050. *Environmental Science & Technology*, 51(19), 10932–10942. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01295>
- World LPG Association. (2022). *Autogas Incentive Policies*.
- Yusma, N., Mohamed, B., & Bekhet, H. A. (2016). Impacts of Energy Subsidy Reforms on the Industrial Energy Structures in the Malaysian Economy: A Computable General Equilibrium Approach. 6(1), 88–97. <http://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/1536/1071>



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