

Studi Kelayakan Penerapan LPG/Vigas Sebagai Bahan Bakar Angkutan Umum Kota Magelang

Penulis:

**Dr. Muji Setiyo, ST., MT.
Ir. Eko Muh Widodo, MT.
M. Imron Rosyidi, ST., M.Si.
Tuessi Ari P, ST., M.Tech.**

Editor:

Dr. Budi Waluyo, ST., MT.

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Studi Kelayakan Penerapan LPG/Vigas Sebagai Bahan Bakar Angkutan Umum Kota Magelang

ISBN: 978-602-53981-7-9

Hak Cipta 2017 pada Penulis

Hak penerbitan pada UNIMMA PRESS. Bagi mereka yang ingin memperbanyak sebagian isi buku ini dalam bentuk atau cara apapun harus mendapatkan izin tertulis dari penulis dan penerbit UNIMMA PRESS.

Penulis:

Dr. Muji Setiyo, ST., MT. 

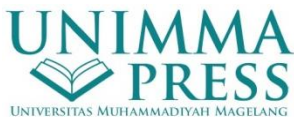
Ir. Eko Muh Widodo, MT. 

M. Imron Rosyidi, ST., M.Si. 

Tuessi Ari Purnomo, ST., M.Tech. 

Editor:

Dr. Budi Waluyo, ST., MT. 



Penerbit:

UNIMMA PRESS

Gedung Rektorat Lt. 3 Kampus 2 Universitas Muhammadiyah Magelang

Jalan Mayjend Bambang Soegeng km.05, Mertoyudan, Magelang 56172

Telp. (0293) 326945

E-Mail: unimmapress@ummgl.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

All Right Reserved

Cetakan I, April 2019

Kata Pengantar

Dalam beberapa tahun terakhir, implementasi *ASEAN Clean Tourist City Standar* dan persaingan dengan transportasi *online* menyebabkan kegelisahan di antara operator armada umum. Oleh karena itu, monograf ini menyajikan hasil penelitian tentang prediksi nilai ekonomi dan manfaat lingkungan dari armada umum di Magelang yang akan dikonversi dari bensin ke LPG/Vigas. Parameter kelayakan investasi, seperti *Break Event Point (BEP)*, *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, dan *Payback Period (PBP)* disajikan melalui tiga skenario pembiayaan yang dibandingkan dengan harga bensin saat ini di SPBU, RON 88 (premium) dan RON 90 (pertalite).

Hasil simulasi menunjukkan bahwa investasi ini layak jika pemerintah memberikan insentif fiskal melalui pengadaan konverter kit. Upah crew armada umum dimungkinkan akan akan naik 30% sampai 70%. Sementara itu, manfaat lingkungan juga diharapkan meningkat, dengan pengurangan emisi CO₂ antara 9-11% dari penggunaan bensin. Kedua manfaat (ekonomi dan lingkungan) tersebut diharapkan untuk mendukung program kota bersih dan dapat menjadi alternatif untuk mengimbangi transportasi *online* di Kota Magelang.

Kami mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kemenristekdikti yang telah membiayai penelitian ini melalui skema PDUPT. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada Dinas Perhubungan Kota Magelang dan Paguyuban Sopir Angkutan Umum yang telah membantu dalam pengumpulan data. Kami menyadari, monograf ini masih banyak kekurangan dalam segi substansi maupun penyajiannya. Untuk itu, kami mengharapkan saran dari para pembaca. Semoga monograf ini bermanfaat.

Magelang, April 2019

Penulis

Daftar Isi

<i>Kata Pengantar</i>	<i>ii</i>
<i>Daftar Isi</i>	<i>iii</i>
<i>Acknowledgement</i>	<i>v</i>
<i>Daftar Singkatan</i>	<i>vi</i>
1. <i>Pendahuluan</i>	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Peluang Beralih ke Bahan Bakar yang Lebih Bersih	8
1.3. Permasalahan.....	9
1.4. Dasar Pemikiran	9
1.5. Tujuan dan Urgensi Studi	11
2. <i>Kajian Pustaka</i>	13
3. <i>Metode</i>	19
3.1. Model Konversi yang Direncanakan	19
3.2. Kebutuhan Data.....	19
3.3. <i>Break Even Point (BEP)</i>	21
3.4. Parameter Asessmen Kelayakan Ekonomi	21
3.5. Pemodelan Konversi	22
3.6. Skenario Pembiayaan	24
3.7. Perbandingan Emisi CO ₂	25
4. <i>Hasil dan Pembahasan</i>	27
4.1. Data Operasional Armada Umum	27
4.2. Biaya Operasional (<i>Running Cost</i>) dan <i>BEP</i>	33

4.3. Analisis Kelayakan Investasi	35
4.4. <i>Payback Period</i>	37
4.5. Manfaat Sosial-Ekonomi	39
4.6. Manfaat Lingkungan.....	42
4.7. Penyediaan Infrastruktur.....	45
4.8. Alternatif Lain.....	49
5. <i>Kesimpulan dan Rekomendasi</i>	53
<i>Daftar Referensi</i>	55
Lampiran 1. Kalkulasi <i>Nett Present Value (NPV)</i>	61
Lampiran 2. Kalkulasi <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	68
Lampiran 3. Kalkulasi <i>Payback Period</i>	71
<i>Glosarium</i>	74
<i>Indeks</i>	76
<i>Profil Penulis dan Editor</i>	77

Acknowledgement

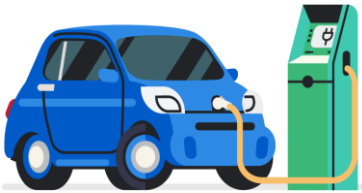
Monograf ini merupakan luaran dari Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUT) tahun 2018 yang dibiayai oleh DRPM-Kemenristekdikti. Sebagian isi monograf ini diambil dari artikel yang diterbitkan dalam Jurnal *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* dan artikel yang diseminarkan di *The 2nd 2018 International Conference on Engineering and Applied Technology (ICEAT)*.

Daftar Singkatan

<i>BEP</i>	<i>Break Even Point</i>
<i>IRR</i>	<i>Internal Rate of Return</i>
<i>LPG</i>	<i>Liquefied Petroleum Gas</i>
<i>NPV</i>	<i>Net Present Value</i>
<i>PP</i>	<i>Payback Period</i>
<i>ToD</i>	<i>Transportation on Demand</i>

Pendahuluan

1.1. Latar Belakang



Kendaraan ramah lingkungan (*Environmentally-Friendly Vehicle*) telah menjadi satu syarat dalam *ASEAN Clean Tourist City Standar*

yang dikeluarkan oleh *ASEAN Secretariat* pada bulan Januari 2016. Tujuan dari penerapan standar ini adalah untuk memberikan jaminan keberlanjutan lingkungan dan memberikan kenyamanan bagi para wisatawan domestik maupun manca negara di kota-kota di ASEAN ([The ASEAN Secretariat, 2016](#)). Sebelumnya, *Global Fuel Economy Initiative* (GFEI) juga telah menargetkan pengurangan bahan bakar fosil untuk sektor transportasi mencapai 50% pada 2050, termasuk di kawasan ASEAN ([Fabian, 2010](#); [GFEI, 2010](#)).

Magelang, merupakan kota jasa yang banyak dikunjungi wisatawan karena dekat dengan kawasan wisata Candi Borobudur dan sekaligus sebagai kota dalam



percaturan transportasi JOGLOSEPUR (Jogja-Solo-Semarang-Purwokerto). Magelang memiliki Visi sebagai “Kota Jasa yang

Modern dan Cerdas Dilandasi Masyarakat Sejahtera dan Religius". Dalam dekade terakhir, *city branding* memang telah menjadi trend untuk memandu pembangunan kota ([Kavaratzis and Ashworth, 2005](#)). Dalam penjabaran Misi Kota Magelang tahun 2016-2021, salah satu program unggulannya adalah "Pembangunan berwawasan lingkungan aman, sehat, berkelanjutan", dimana didalamnya juga termasuk penataan dan modernisasi angkutan umum perkotaan yang terintegrasi dengan kawasan wisata, kawasan niaga, kawasan pendidikan, dan kawasan pemukiman ([RPJMD Kota Magelang 2016-2021](#)).

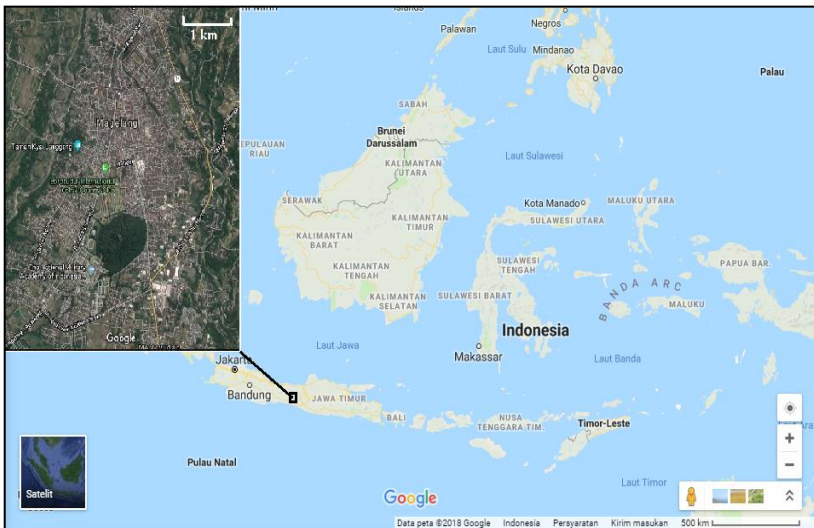
Saat ini, Magelang adalah kota peringkat ke-85 di Indonesia, dengan populasi lebih dari 124 ribu penduduk. Dibandingkan dengan Surabaya atau Bandung dengan populasi lebih dari 2 juta, Magelang mungkin terlalu kecil. Namun, dengan luas 18,12 km², populasi kota Magelang adalah 6.864 dan berada di peringkat ke-20 nasional (lansekap kota Magelang disajikan pada [Gambar 1.1](#)).

Penambahan populasi, pembangunan rumah dan pusat perbelanjaan, pelebaran jalan, dan penebangan pohon adalah alasan lain untuk penurunan



kualitas udara karena penyerap emisi menjadi berkurang. Jika masalah pencemaran akibat transportasi tidak direncanakan dari sekarang, bukan tidak mungkin kota Magelang juga akan

mengalami masalah seperti kota-kota besar lainnya yang telah menjadi perhatian para pemangku kepentingan (Steckdaub and Sekartini, 2001; Asian Development Bank, 2005; Ministry of Transportation Indonesia, 2011; Hang Leung, 2016; Satya Widya Yudha, 2017).



Gambar 1.1 Lokasi dan lansekap kota Magelang diambil dari google map

Kehadiran *Trasportation on Demand* (ToD) dengan layanan *online* seperti Gojek dan Grab juga meningkatkan kepadatan lalu lintas.



Meskipun ToD memberikan keuntungan bagi penggunanya dalam hal kenyamanan dan kecepatan, tetapi secara makro adalah beban energi. Kebutuhan bahan bakar di kota dengan layanan ToD menjadi lebih besar yang berarti juga menyumbang lebih banyak emisi gas buang ke lingkungan.

Sampai tahun 2019 ini, Kota Magelang dilayani oleh 12 jalur angkutan kota dengan jumlah armada 335 kendaraan sebagaimana disajikan dalam [Tabel 1.1](#). Sayangnya, armada yang ada didominasi oleh mobil yang diproduksi pada tahun 2000-an dan sebelumnya seperti yang disajikan pada [Gambar 1.2](#). Dengan kendaraan yang didukung oleh teknologi karburator dan pemeliharaan yang buruk, maka kecenderungan efisiensi bahan bakar yang rendah dan emisi gas buang yang tinggi.



[Gambar 1.2](#) Beberapa *capture* kondisi armada publik yang ada di Magelang

Dari kondisi yang ada, *Load Factor*-nya rendah yang berimbas pada penurunan penghasilan pelaku usaha angkutan umum, termasuk operatornya. Permasalahan teridentifikasi penyebab rendahnya *load factor* tersebut antara lain umur kendaraan yang sudah tua sehingga menurunkan minat pemakai dan rute antar trayek yang bersinggungan. Data umur kendaraan dan *load factor* angkutan umum di Kota Magelang disajikan dalam [Gambar 1.3](#). Sementara, data kesenjangan kualitas angkutan umum terhadap harapan konsumen disajikan dalam [Tabel 1.2](#).

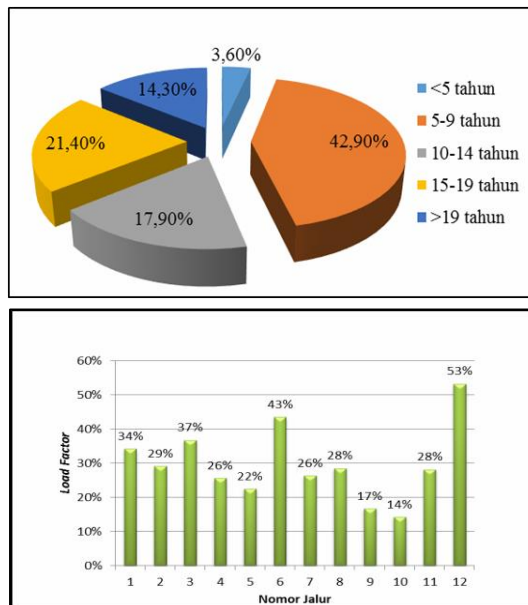
Tabel 1.1 Panjang trayek dan jumlah angkutan perkotaan di Kota Magelang

No	Nomor Trayek	Panjang Trayek (km)	Jumlah Armada
1.	Jalur 1	11,76	29
2.	Jalur 2	7,31	36
3.	Jalur 3	14,08	35
4.	Jalur 4	9,62	37
5.	Jalur 5	18,05	19
6.	Jalur 6	10,26	28
7.	Jalur 7	18,16	30
8.	Jalur 8	12,53	30
9.	Jalur 9	11,28	28
1	Jalur 10	19,47	38
1	Jalur 11	20,13	10
1	Jalur 12	12,90	15
Total Jumlah Armada			335

Sumber: Dinas Perhubungan, Komunikasi dan Informatika Kota Magelang, 2016

Tabel 1.2 Kondisi dan harapan pengguna angkutan kota
(Prasetyo, 2016)

No	Indikator	Kinerja Saat Ini	Harapan Mendatang
1.	Tarif	3,31	4,13
2.	Waktu	3,19	4,19
3.	Waktu	3,25	4,25
4.	Frekuensi	3,56	4,19
5.	Transf. antar	3,13	4,31
6.	Perilaku supir	3,75	4,25
7.	Ketertiban supir	3,63	4,19
8.	Kenyamanan	3,63	4,38
9.	Keamanan	3,69	4,13
10.	Kebersihan	3,63	4,31
11.	Kondisi	3,19	4,31
12.	Kesesuaian rute	3,81	4,31
13.	Jadwal	3,44	4,19
Rerata		3,48	4,24



Gambar 1.3 Persentase umur kendaraan angkutan umum Kota Magelang (atas) dan *Load factor* nya (bawah)

Electric Vehicles (EVs) dan *Fuel Cell* (FCs) memang telah terbukti memberikan dampak lingkungan yang lebih baik daripada kendaraan diesel konvensional (Robert, 2014; Chan, 2015). Namun, trend harga EVs dan FCs masih berkisar lima hingga delapan kali lipat dari harga mobil bensin komersial untuk kapasitas daya yang sama (Messagie *et al.*, 2013; Agrawal, 2015). Sebagai solusi, penggunaan LPG/Vigas sebagai pengganti bensin menjadi pilihan yang realistis. Hal ini karena untuk mengoperasikan LPG sebagai bahan bakar cukup melakukan pemasangan konverter kits pada mesin dengan modifikasi yang relatif murah, tanpa harus mengganti armadanya (Werpy, Burnham and Bertram, 2010).

Trend penggunaan bahan bakar LPG/Vigas untuk angkutan umum telah



dilaporkan dan diperbaharui tahunan oleh WLPGA. Dalam dua dekade terakhir, jumlah kendaraan LPG dilaporkan sebanyak 9,4 juta pada tahun 2003 (World LPG Association, 2005) dan meningkat tajam hingga 17,4 juta pada tahun 2010 (World LPG Association, 2012). Kemudian, pada tahun 2014 mencapai 25 juta kendaraan (World LPG Association, 2015) dan terakhir pada tahun 2016 dilaporkan telah mencapai lebih dari 27 juta (World LPG Association, 2016). Di Indonesia, penggunaan LPG untuk kendaraan telah dipromosikan melalui kebijakan pemerintah sejak tahun 1988. Namun sampai tahun 2014,

armada umum yang menggunakan LPG adalah <6000 unit (Mahendra *et al.*, 2014).

1.2. Peluang Beralih ke Bahan Bakar yang Lebih Bersih



Pada 2017, Pertamina sebagai perusahaan milik negara telah melengkapi salah satu SPBU di kota Magelang dengan LPG untuk kendaraan yang bernama Vigas. Sebelumnya, Pertamina juga telah mengimplementasikan program serupa di Jakarta, Bogor, Surabaya, Denpasar, Yogyakarta, dan beberapa kota besar lainnya.

Pemasangan dispenser Vigas di Magelang diharapkan dapat menarik minat pemilik mobil di Magelang dan sekitarnya untuk menggunakan Vigas, baik yang diimplementasikan dalam sistem *full dedicated fuel* maupun *bi-fuel*, di mana Vigas dan Bensin dapat digunakan secara bergantian. Jika pemilik mobil belum tertarik untuk mengonversi mobil mereka ke Vigas secara independen karena biaya konversi, Pemerintah dapat menerapkan program konverter kit gratis kepada pemilik armada publik, seperti yang telah dipraktikkan di beberapa kota seperti Jakarta, Bogor dan Palembang (M. Setiyo *et al.*, 2016).

Vigas dipilih karena tekanan dalam tangki yang relatif rendah (0,8-1,2 MPa) dibandingkan dengan CNG (20 MPa), sehingga investasi infrastruktur yang dibutuhkan juga relatif rendah. Meskipun Vigas adalah bahan bakar campuran *propane* dan *butane* dengan kepadatan yang berbeda, ia membentuk

campuran yang homogen (Setiyo *et al.*, 2017). Kandungan karbon Vigas yang lebih rendah dari bensin juga merupakan peluang untuk menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah.

1.3. Permasalahan

Dari permasalahan yang telah diuraikan dan berdasar pada data pada Tabel 1.1, Tabel 1.2, dan Gambar 1.3, maka perlu sebuah riset analisis kelayakan untuk mendapatkan data yang handal terkait jam operasi, konsumsi bahan bakar bulanan, dan biaya operasional bulanan untuk semua jalur angkutan kota Magelang sebagai dasar untuk perhitungan analisis techno ekonomi.

1.4. Dasar Pemikiran

Dasar pemikiran pelaksanaan studi ini adalah tentang tentang pentingnya energi alternatif untuk sektor transportasi, sebagaimana diuraikan sebagai berikut.

Sektor transportasi: Transportasi merupakan salah satu mata rantai jaringan distribusi barang dan mobilitas penumpang yang berkembang sangat dinamis, disamping berperan dalam mendorong dan menunjang segala aspek kehidupan baik dalam pembangunan politik, ekonomi, sosial budaya maupun pertahanan keamanan. Transportasi juga merupakan salah satu roda pendorong pertumbuhan ekonomi dari proses distribusi orang maupun barang.

Sektor Energi: Dalam rangka menjamin kebutuhan energi nasional, khususnya untuk memenuhi permintaan energi dalam

negeri dan mendorong pertumbuhan ekonomi, pemerintah mendorong perubahan paradigma dari energi sebagai komoditas menjadi energi sebagai modal pembangunan. Untuk itu, pengelolaan energi harus bisa memberi nilai tambah dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat berdasarkan prinsip pembangunan yang berkelanjutan. Beberapa permasalahan energi yang perlu mendapat perhatian, antara lain: kurang andal dan amannya infrastruktur energi, masih tingginya ketergantungan pada energi fosil, rendah dan lambatnya pertumbuhan pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT), belum optimalnya pengelolaan sumber daya energi, perlunya peningkatan efisiensi dan konservasi energi termasuk diversifikasi energi, kebijakan harga energi, dan perlunya peningkatan produksi sumber energi nasional dan peranan penggunaan sumber energi rendah karbon dalam mendukung pencapaian target bauran energi nasional.

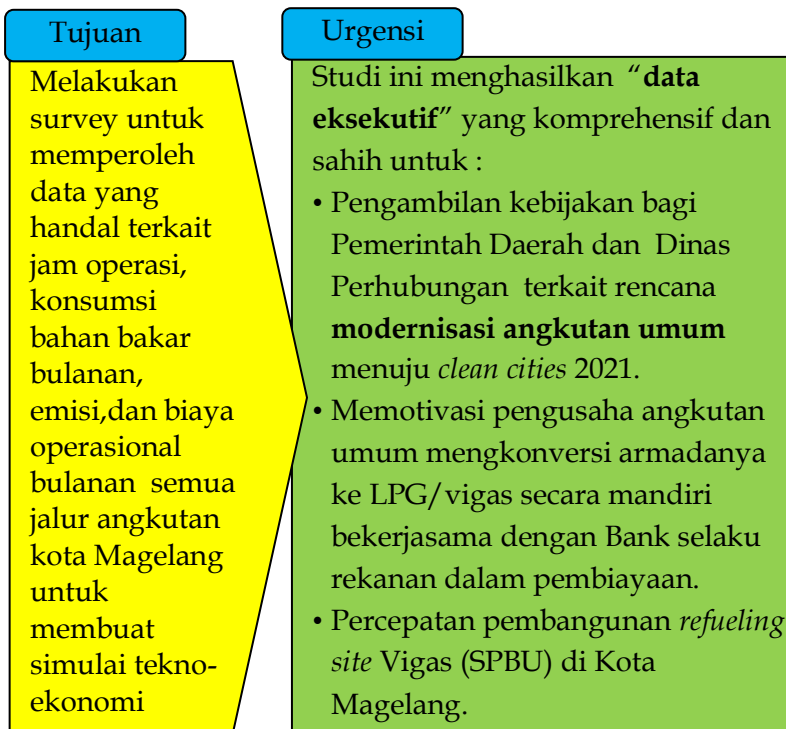
Pemecahan masalah:

1. Untuk mendukung kebijakan nasional berupa kebijakan pengelolaan energi yang berprinsip berkeadilan, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan guna terciptanya kemandirian energi dan ketahanan energi nasional, dipandang perlu memprioritaskan riset untuk mendukung tata kelola penyediaan dan pemanfaatan energi yang baik guna mewujudkan ketahanan dan keberlanjutan energi nasional.

2. *Clean and green transportation* mampu mengurangi emisi karbon.
3. Ketersediaan infrastruktur transportasi merupakan salah satu aspek dalam meningkatkan daya saing bangsa.

1.5. Tujuan dan Urgensi Studi

Tujuan dan urgensi dari studi analisis kelayakan ini disajikan dalam [Gambar 1.4](#) sebagai berikut.



Gambar 1.4 Tujuan spesifik dan urgensi studi

Kajian Pustaka

LPG memiliki sejarah yang panjang sebagai bahan bakar kendaraan. Bahkan, penggunaan LPG telah dimulai sejak tahun 1900-an. LPG merupakan bahan bakar alternatif yang memiliki seluruh properti kunci untuk mesin *Spark Ignition* (Werpy, Burnham and Bertram, 2010). LPG umumnya terdiri dari campuran *propane* (C_3H_8) dan *butane* (C_4H_{10}). *Ethane* (C_2H_6) atau *pentane* (C_5H_{12}) juga hadir dalam campuran dalam jumlah yang bervariasi (Adolf *et al.*, 2015). Di beberapa seperti Jerman dan Finlandia, LPG komersial terdiri dari *propane* saja.

Namun, di Indonesia, komposisi LPG komersial berbeda beda untuk setiap kilang, yang didominasi oleh C_3 dan C_4 (Rosmayati, 2012). Hal ini karena spesifikasi LPG di Indonesia hanya diatur komposisi minimum C_3 dan C_4 adalah minimal 97% (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2009). Komposisi LPG juga bervariasi antara musim panas dan musim dingin, dengan persentase *propane* yang lebih tinggi di musim dingin (El-Morsi, 2015). Di seluruh dunia, sekitar 60% dari LPG diperoleh dari minyak mentah dan ekstraksi gas alam, sementara, sekitar 40% dihasilkan dari produksi kilang (IEA, 2010, 2014).

Propane dan *butane* adalah dua gas yang sama-sama berasal dari minyak bumi atau ekstraksi gas alam. *Propane* dan *butane* terbakar pada temperatur yang sama. Jika keduanya dibakar dengan proses yang sempurna, akan menghasilkan produk pembakaran berupa uap air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂). Namun demikian, *propane* dan *butane* memiliki struktur kimia yang berbeda. [Tabel 2.1](#) berikut menyajikan beberapa parameter pembeda antara *propane* dan *butane*.

Tabel 2.1 Properti fisik *propane* dan *butane*

Gas	<i>Propane</i>	<i>Butane</i>
Rumus kimia	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Berat molekul	44	58
Berat spesifik	0,510 Kg/l	0,580 Kg/l
Titik didih	-43°C	-0.5°C
LHV	11.070 Kcal/Kg	10.920 Kcal/Kg
Titik nyala (°C)	510 di udara	490 di udara
Limit pengapian (% volume)	2.1 - 9.5	1.5 - 8.5
Kecepatan pembakaran (cm/s)	32 di udara	32 di udara

Sumber : *Lo-gas*

Meskipun mirip, keduanya (*propane* dan *butane*) memiliki keuntungan dan kerugian yang menjadi ciri spesifik terkait dengan sifat fisiknya. *Butane* menghasilkan pembakaran yang lebih bersih dan mengandung lebih banyak energi per satuan volume daripada *propane*. Namun demikian, *propane* menjadi pilihan yang lebih baik untuk digunakan pada temperatur dingin. Hal ini karena *propane* memiliki titik didih yang sangat

rendah. *Propane* mampu menguap dengan alami pada temperature -43°C , sedangkan *butane* hanya pada temperature $-0,5^{\circ}\text{C}$.

Korea Selatan, Rusia, Polandia, Australia, Turki, India, dan Thailand adalah contoh negara yang berhasil mempromosikan LPG sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan ([Tabel 2.2](#)). Sementara pertumbuhan kendaraan LPG di Indonesia masih belum signifikan, meskipun telah dimulai pada tahun 1980-an ([Mahendra, Kartohardjono and Muharam, 2013](#)). Hal ini salah satunya karena keterbatasan infrastruktur dan belum ada dukungan kebijakan pemerintah terkait dengan insentif fiskal dan insentif regulasi. Insentif fiskal termasuk pajak penjualan dan konversi kendaraan LPG, penyediaan converter kit, keringanan dari biaya registrasi kendaraan, dan keringanan biaya parkir khusus untuk kendaraan LPG. Sementara, insentif regulasi meliputi kebijakan mewajibkan semua kendaraan umum dan kendaraan dinas dilengkapi dengan converter kit dan menerapkan standar emisi gas buang yang ketat ([Abdini and Rahmat, 2013](#)).

Alasan utama pemerintah di banyak negara secara aktif mendorong penggunaan LPG sebagai pengganti bensin adalah alasan harga dan lingkungan ([World LPG Association, 2015](#)). Di beberapa Negara, LPG disebut juga sebagai *Gaz de Petrole Liquefie* (GPL), *Gas Licuado del Petroleo* (GLP), LP Gas, atau Autogas. Di Indonesia, LPG untuk kendaraan disebut *Liquefied Gas Vehicle* (LGV), dengan nama komersial Vigas.

Tabel 2.2 Ranging teratas konsumsi LPG di dunia (WLPGA, 2018a)

Country	Consumption (thousand tonnes)	Vehicles (thousand)	Refuelling sites
Korea	3314	2122	2037
Turki	3116	4617	10297
Rusia	3100	3000	4900
Polandia	1915	3082	6287
Itali	1675	2309	3979
Ukraina	1503	2500	3800
Thailand	1320	1065	1450
Mexico	1101	420	2150
China	1007	168	560
Jepang	728	200	1406
Negara lainnya	8056	7653	41401
Total di dunia	26835	27136	78267

Kendaraan LPG telah terbukti menghasilkan kandungan emisi yang lebih rendah daripada mode operasi bensin, baik pada pengujian *urban cycle* maupun *extra urban cycle* untuk semua parameter CO, CO₂, HC, dan No_x (Shankar and Monahan, 2011). Di sisi lain, LPG sebagai bahan bakar umumnya berpengaruh negatif terhadap daya (Masi and Gobbato, 2012). Salah satu penyebab penurunan daya ini adalah efisiensi volumetrik LPG yang lebih rendah dari bensin, meskipun nilai kalor LPG lebih tinggi daripada bensin (Gumus, 2011).

Beberapa cara telah dilakukan untuk mereduksi penurunan daya ini, namun penyesuaian saat pengapian (*ignition timing*) adalah cara yang paling umum digunakan (Lawankar, 2012). Penelitian lain terkait aplikasi LPG pada kendaraan umumnya berkonsentrasi pada karakteristik emisi gas buang dan

perbandingannya dengan bahan bakar lain (Kwak *et al.*, 2014), karakteristik daya (Sulaiman, Ayob and Meran, 2013), serta perbaikan dan karakteristik sistem suplai (Kim *et al.*, 2014).

Untuk mengoperasikan kendaraan dengan LPG, baik sebagai *full dedicated fuel* (bahan bakar tunggal) atau *bi-fuel* (bensin dan LPG dioperasikan secara bergantian), hanya dibutuhkan sedikit modifikasi pada sistem bahan bakar (Werpy, Burnham and Bertram, 2010). Sampai dengan saat ini, ada empat jenis utama dari sistem bahan bakar LPG (LPG Kits) yang digunakan (WLPGA, 2014).

1. *Converter and Mixer* (CM)

Ini adalah generasi pertama perangkat konversi dari bensin ke LPG mirip dengan sistem karburator. LPG masuk ke mesin melalui pengaturan kevakuman oleh mixer. Ini adalah sistem tertua, ada sejak tahun 1940-an, dan masih banyak digunakan saat ini terutama pada kendaraan yang diproduksi belum mengakodasi teknologi *bi-fuel*.

2. *Vapour Phase Injection* (VPI)

Sistem ini menggunakan konverter seperti generasi pertama, tapi gas keluar *converter* pada tekanan yang diatur. Gas tersebut kemudian disuntikkan ke dalam *intake manifold*.

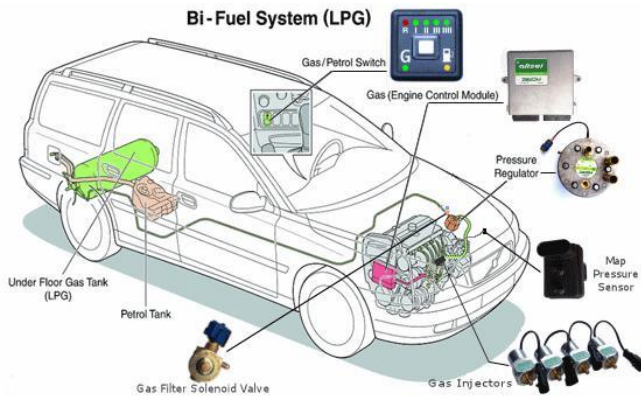
3. *Liquid Phase Injection* (LPI)

Sistem ini tidak menggunakan *converter*, melainkan memberikan bahan bakar cair langsung ke rel bahan bakar seperti di sistem injeksi bensin.

4. Liquid Phase Direct Injection (LPDI)

LDPI adalah sistem yang paling canggih saat ini. LPDI menggunakan pompa tekanan tinggi dan injektor untuk menyuntikkan LPG cair langsung ke ruang bakar.

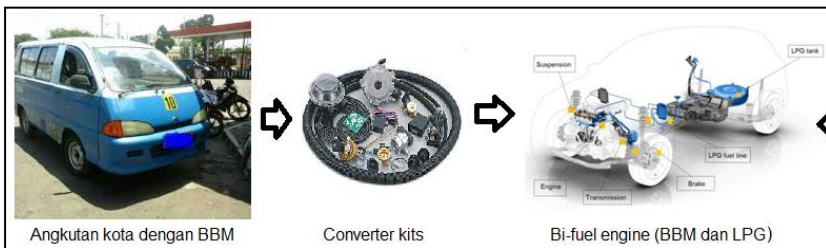
Dari keempat sistem yang ada, sistem *converter and mixer* (CM) adalah yang paling banyak diaplikasikan untuk hampir seluruh teknologi kendaraan yang ada. Pada jenis pertama dan kedua, perubahan fasa LPG dari cair ke uap terjadi di luar mesin. Pada LPI, perubahan fasa terjadi di *intake manifold*. Sementara pada LPDI, perubahan fasa terjadi di dalam silinder. Salah satu model kendaraan LPG dengan sistem *bi-fuel* disajikan dalam [Gambar 2.1](#) sebagai berikut.



[Gambar 2.1](#) Kendaraan *bi-fuel* (LPG-Petrol)

3.1. Model Konversi

Dalam studi ini, sebagai dasar perhitungan analisis adalah konversi BBM ke LPG dengan sistem *bi-fuel*, dimana kendaraan dapat dioperasikan dengan bensin atau LPG secara bergantian. Konverter kits yang dipilih sebagai dasar investasi adalah tipe “Converter and Mixer”.



Gambar 3.1 Model penerapan LPG untuk angkutan kota dengan sistem *bi-fuel*

3.2. Kebutuhan Data

Secara umum, biaya yang harus diperhatikan oleh perusahaan armada angkutan umum sebelum mengkonversi dari BBM ke LPG adalah biaya modal, biaya perawatan, dan biaya bahan bakar (Liu, Yue and Lee, 1997). Sementara bagi pemerintah dan sektor swasta harus mempertimbangkan biaya

investasi pembangunan *refueling site*, penyediaan bengkel resmi layanan pemasangan dan servis kendaraan, dan biaya asuransi kendaraan. Kebutuhan data, cara memperoleh, dan output datanya disajikan dalam Tabel 3.1. sebagai berikut.

Tabel 3.1 Kebutuhan data, cara memperoleh, dan fungsinya

No	Data yang dibutuhkan	Cara memperoleh	Fungsi data
1.	Jumlah armada layak operasi	Observasi data ke Dishub	Sebagai variabel bebas dalam perhitungan: 1. <i>Forecast stock</i> LPG di SPBU 2. <i>Budgeting decision:</i> NPV, IRR, dan payback perriods (PP) 3. Kelayakan investasi
2.	Jenis armada (<i>vehicle identified</i>)	Observasi data ke Dishub dan verifikasi data ke perusahaan angkutan kota	
3.	Jumlah armada operasi riil per hari (12 jalur)	Survey di 12 pool (jalur 1 sampai jalur 12)	
4.	<i>Load factor</i> rata rata per hari (12 jalur)	Investigasi langsung ke setiap pool	
5.	Panjang trayek	Observasi data ke Dishub	
6.	Konsumsi bahan bakar rata rata	FGD	
7.	Biaya perawatan bulanan	FGD	
8.	Biaya bahan bakar bulanan	FGD	
9.	Keuntungan per unit armada	FGD	
10.	Biaya konversi	FGD	

3.3. Break Even Point (BEP)

Analisis *BEP* digunakan untuk menilai kesetaraan antara biaya modal yang dibutuhkan untuk konversi BBM ke LPG terhadap penghematan bahan bakar yang dihasilkan dari jarak tempuh. *BEP (distance)* LPG dibandingkan dengan bensin RON 88 dan RON 92 dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1) sebagai berikut.

$$BEP = \frac{FC}{(P_{gasol} - VC_{LPG})} \quad (3.1)$$

Dimana, *FC* adalah *capital cost*, P_{gasol} adalah biaya operasional dengan bahan bakar per kilometer untuk bensin (tergantung RON), dan VC_{LPG} adalah biaya operasional dengan bahan bakar LPG per kilometer. Biaya bahan bakar sudah memperhitungkan biaya perawatan.

3.4. Parameter Asessmen Kelayakan Ekonomi

Untuk menilai kelayakan investasi konversi dari bensin ke LPG, dalam penelitian ini menggunakan parameter *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, dan *Payback Period (PP)*. *NPV* adalah selisih antara pengeluaran dan pendapatan yang telah didiskontokan dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai faktor diskon. Dengan definisi lain, *NPV* arus kas yang diharapkan di masa depan, didiskontokan pada saat ini. Jika *NPV* lebih besar dari 0, proyek

ini layak dilakukan. Sementara itu, *IRR* diperoleh saat $NPV = 0$. Jika *IRR* lebih besar dari bunga bank, proyek ini layak dilakukan. *NPV* dihitung dengan persamaan (3.2) berikut.

$$NPV = \frac{NB \times [1 - (1 + i)^{-n}]}{i} + \frac{S}{(1 + i)^n} - I_0 \quad (3.2)$$

Dimana, *NB* adalah netto tahunan atau bulanan, *i* adalah bunga bank, *n* adalah periode, *S* adalah nilai sisa pada akhir periode, dan *I₀* adalah investasi awal atau biaya modal. Selanjutnya setelah *NPV* dan *IRR* diketahui, penilaian investasi dilakukan dengan menghitung *payback period*. *Payback period* adalah rasio antara biaya modal dengan *proceed* (Persamaan 3.3). Proyek ini dinyatakan layak jika masa pengembaliannya tercapai sebelum jumlah investasi yang ditetapkan.

$$PP = \frac{\text{capital costs}}{\text{proceed}} \quad (3.3)$$

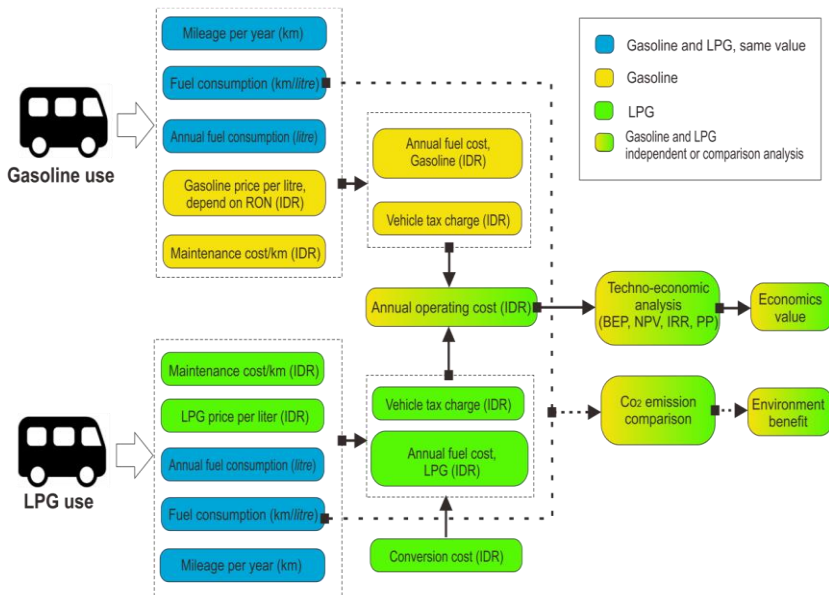
Selanjutnya, analisis skenario dilakukan untuk mengantisipasi perubahan nilai parameter, termasuk jarak tempuh kendaraan per tahun dan rasio biaya bahan bakar.

3.5. Pemodelan Konversi

Dalam studi ini, analisis ekonomi dan perbandingan emisi CO₂ dibahas secara lebih rinci berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Magelang. Dua belas jalur transportasi umum dianalisis secara kolektif dan independen

berdasarkan jarak tempuh kendaraan dan biaya operasional tahunan. Saat ini, ada 2 varian bensin yang digunakan oleh angkutan umum, yaitu RON 88 (premium) dan RON 90 (pertalite). Meskipun, baru-baru ini, RON 88 sulit diperoleh dari stasiun bahan bakar karena pembatasan pasokan dari pemerintah (Candra, 2018). Kondisi ini juga menimbulkan gejolak yang ditandai dengan aksi penolakan oleh paguyuban sopir angkot di beberapa daerah (Yasland, 2018).

Seperti disebutkan dalam Bab 2, ada 4 jenis LPG kit yang dapat digunakan untuk mengubah bensin menjadi LPG, tetapi hanya CM LPG kit yang dapat diaplikasikan pada armada umum di Magelang karena pertimbangan teknologi kendaraan yang ada (didominasi dengan teknologi karburator dan sedikit yang sudah berteknologi injeksi). Selanjutnya, potensi pengurangan emisi CO₂ didiskusikan berdasarkan data yang diperoleh dari literatur review, sebagai salah satu pertimbangan dari pembuatan kebijakan yang terkait dengan aspek lingkungan. *Flowpath* analisis ekonomi dan emisi CO₂ disajikan pada Gambar 3.2. sebagai berikut.



Gambar 3.2 Pemodelan nilai ekonomi dan perbandingan emisi CO₂

3.6. Skenario Pembiayaan

Dalam studi ini, setidaknya ada 3 komponen pembiayaan yang dapat ditanggung oleh pemilik kendaraan dan pemerintah yaitu, biaya konversi, biaya standarisasi mesin, dan pajak tahunan dan biaya inspeksi (kir). Dengan demikian, ada tiga skenario pembiayaan yang mungkin dipertimbangkan sebagaimana disajikan pada Tabel 3.2.

Dalam studi ini, total pembiayaan dari pemerintah (biaya konversi, biaya standarisasi mesin, dan pajak tahunan dan biaya inspeksi) melalui program bantuan hibah tidak termasuk dalam analisis simulasi, karena BEP dan waktu pengembalian modal akan menjadi nol, sementara IRR menjadi tidak bisa diprediksi.

Namun, skenarionya akan menjadi perbandingan dalam diskusi. Meskipun pajak dan biaya inspeksi juga kecil, ini menarik untuk diteliti karena biaya konversi hadir di awal dan biaya pajak tahunan akan mempengaruhi biaya operasi tahunan/ bulanan untuk setiap armada.

Tabel 3.2 Skenario pembiayaan konversi yang memungkinkan

Type biaya Skenario	Biaya konversi	biaya standarisasi mesin	pajak tahunan dan biaya inspeksi
Skenario 1	Pemerintah	Pemilik kendaraan	Pemerintah
Skenario 2	Pemerintah	Pemilik kendaraan	Pemilik kendaraan
Skenario 3	Pemilik kendaraan	Pemilik kendaraan	Pemerintah

3.7. Perbandingan Emisi CO₂

Emisi dari LPG dan kendaraan bensin dibandingkan dengan satuan kg/tahun. Dalam studi sebelumnya ([Muji Setiyo et al., 2016](#)), emisi bensin dan kendaraan LPG telah dibandingkan tetapi dengan pengukuran stasioner yang tidak dapat mewakili dalam analisis ini. Seperti diketahui, beban dan kecepatan putar mesin akan sangat bervariasi selama kendaraan beroperasi, dari kondisi stasioer, akselerasi, beban penuh, ataupun saat deselerasi. Bahkan, saat deselerasi kendaraan tidak memerlukan bahan bakar, namun tetap ada pasokan yang menyebabkan emisinya tinggi. Oleh karena itu, perkiraan emisi CO₂ dari kendaraan LPG dalam kg/tahun terhadap emisi dari

kendaraan bensin akan dihitung seperti dalam Persamaan (5.1) sebagai berikut.

$$CO_2 \text{ benefit} = \frac{(CO_2 \text{ gasoline} - CO_2 \text{ LPG})}{CO_2 \text{ gasoline}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Operasional Armada Umum

Setiap tahun, Dinas Perhubungan Kota Magelang melakukan survei kendaraan, biaya operasional, dan transaksi harian angkutan umum untuk digunakan sebagai data eksekutif. Hasil pemeriksaan semua rute kota pada tahun terakhir disajikan pada Tabel 4.2. Perbedaan jarak tempuh dipengaruhi oleh rute angkutan umum setiap jalur, sebagaimana disajikan dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Rute angkutan umum kota Magelang

Jalur	Rute
Jalur 1	Terminal Kebonpolo – Jl.A.Yani – Jl.Alun-alun Selatan – Jl.Mayjen Sutoyo – Cacaban – Jl.Diponegoro – Taman Kyai Langgeng – SMA 4 – Jl.P.Senopati – Pakelan – Jl.Gatot Subroto – Akmil – Jl. Tentara Pelajar – Jl.Alun-alun Barat – Jl.Yos Sudarso – Kl.Veteran – Jl.Pahlawan – SMP 1 – Taman Badakan – Tuguran – Menowo – Jl.A.Yani – Sub Terminal Kebonpolo
Jalur 2	Terminal Ikhlas – Jl.Ikhlas – Shopping – Jl.Tidar – RSU – Universitas Muhammadiyah Magelang – Jl.Gatot Subroto – Akmil – Pakelan – Jl.Sarwo Edi – Jl.Sudirman – Sub Terminal Ikhlas
Jalur 3	Sub Terminal Ikhlas – Jl.Ikhlas – Shopping – Jl.Tidar – RSU – Universitas Muhammadiyah Magelang –

	Jl.Tentara Pelajar – Jl.Alun-alun Barat – Jl.Yos Sudarso – Jl.Veteran – Jl.Pahlawan – SMP 1 – Taman Badakan – Tuguran – Jl.Kapten Suparman – Jl.Perintis Kemerdekaan – Perum Korpri (Ngembik) – Jl.Rambutan – Kupatan – Jl.A.Yani – Menowo – Sub Terminal Kebonpolo – Jl.A.Yani – Jl.Majaphit – Jl.Sriwijaya – Jl.Singosari – Jl.Beringin I – Jl.Beringin IV – Sub Terminal Ikhlas
Jalur 4	Terminal Tidar – Jl.Soekarno Hatta – Canguk – Jl.Urip Sumoharjo – RST – Sub Terminal Kebonpolo – Jl.A.Yani – Jl.Alun-alun Selatan – Jl.Pemuda – Shopping – Jl.Jend. Sudirman – Jl. Soekarno Hatta – Terminal Tidar
Jalur 5	Terminal Tidar – Jl.Soekarno Hatta – Jl.Sarwo Edi – Pakelan – Jl.Mayor Human– Jl.Sultan Agung– Jl.P.Senopati – SMA 4 – Taman Kyai Langgeng– Jl.Cempaka– Jl.Diponegoro – Jl.Pahlawan – SMP 1 – Taman Badakan – Tuguran – Jl.Kapten Suparman – Universitas Tidar – SMP 11 – Gor Samapta – Jl.Jeruk Timur – Jl.A.Yani – Menowo – Sub Terminal Kebonpolo – Jl.A.Yani – Jl.Majapahit –Jl.Sriwijaya–Jl.Singosari–Jl.Beringin– Jl.Jend.Sudirman – Jl.Soekarno Hatta – Terminal Tidar
Jalur 6	Terminal Tidar – Jl.Soekarno Hatta – Jl.Jend.Sudirman – Sub Terminal Ikhlas – Jl.Ikhlas – Shopping – Jl.Tidar – Jl.Tentara Pelajar – Jl.Alun-Alun Barat – Jl.Yos Sudarso – Jl.Veteran – Jl.Pahlawan – Smp 1 – Taman Badakan – Tuguran – Menowo – Jl.A.Yani –Kebonpolo – Jl.A.Yani – Jl.Pemuda – Jl.Sriwijaya –Jl.Jend.Sudirman – Jl.Soekarno Hatta – Terminal Tidar
Jalur 7	Terminal Tidar – Jl.Soekarno Hatta – Jl.Sarwo Edi – Pakelan – Jl.Gatot Subroto – Akmil – Jl.Tentara Pelajar – Jl.Sutopo – Jl.Diponegoro – Cacaban – Jl.Veteran– Jl.Majapahit – Jl.Sriwijaya – Jl.Medang – SMA 3 – Jl.Kalingga – Jl.Taruma Negara–Jl.Sriwijaya – Jl.Telaga Warna–Jl.Gelangan– Komplek Rindam – Jl.Kesatrian Kulon–RST–Jl.A.Yani–Jl.Pemuda–Shopping– Jl.Jend.Sudirman–Jl.Soekarno Hatta–Terminal Tidar

Jalur 8	Terminal Tidar - Jalan Soekarno Hatta - Cangkuk- Jl.Telaga Warna- Jl.Sriwijaya- Jl.Singosari - Jl.Beringin I - Jl.Beringin IV - Sub Terminal Ikhlas- Jl.Ikhlas - Shopping - Jl.Tidar - Jl.Tentara Pelajar - Jl.Panjaitan- Cacaban-Jl.Diponegoro-Jl.Pahlawan- SMP 1 - Taman Badakan - Tuguran - Menowo - Jl.A.Yani - Jl.Urip Sumoharjo - Cangkuk - Terminal Tidar
Jalur 9	Sub Terminal Kebonpolo-Jl.A.Yani-Jl.Majapahit- Jl.Sriwijaya - Jl.Singosari-Jl.Beringin I- Jl.Beringin IV - Jl.Jend.Sudirman-Jl.Soekarno Hatta-Terminal Tidar- Cangkuk-Jl.Urip Sumoharjo- RST -Sub Kebonpolo
Jalur 10	Terminal Tidar - Jl.Soekarno Hatta - Jl.Jend.Sudirman - Sub Terminal Ikhlas - Jl.Ikhlas - Shopping - Jl.Tidar - Jl.Tentara Pelajar - Jl.Alun-alun Barat - Jl.Yos Sudarso - Jl.Veteran - Jl.Pahlawan - SMP 1 - Taman Badakan - Tuguran - Menowo - Jl.A..Yani - Kupatan - RSJ - Sambung - Rsj - Kupatan - Jl.A.Yani - Menowo - Sub Terminal Kebonpolo - Jl.A.Yani - Jl.Majapahit - Jl.Sriwijaya - Jl.Singosari - Jl.Beringin I - Jl.Beringin III - Jl.Soekarno Hatta - Terminal Tidar
Jalur 11	Terminal Tidar - Jl.Soekarno Hatta - Cangkuk - Jl.Urip Sumoharjo - RST - Sub Terminal Kebonpolo - Jl.Sumba - Jl.Buton - Jl.Kalimas - Menowo - Jl.A.Yani - Kupatan - Perum Armada Estate - Perum Depkes Kramat - Perum Armada Estate - Kupatan - Jl.A.Yani - Menowo - Sub Terminal Kebonpolo - Jl.A.Yani - Jl.Majapahit - Jl.Sriwijaya - Jl.Singosari - Jl.Beringin I - Jl.Beringin VI - Jl.Soekarno Hatta - Terminal Tidar
Jalur 12	Sub Terminal Ikhlas - Jl.Ikhlas - Jl.Suprpto - Perum Tidar Indah - Hero Swalayan - Jl.Tidar - Jl.Tentara Pelajar - Jl.Alun-alun Barat - Jl.Alun-alun Utara - Jl.Pemuda - Shopping - Jl.Jend Sudirman - Jl.Soekarno Hatta - Jl.Tidar Campur - Tidar Salakan - Dampit - Tidar Salakan - Jl.Tidar Campur - Jl.Beringin II - Jl.Beringin IV - Sub Terminal Ikhlas

Tabel 4.2 Data armada umum, biaya operasional, dan transaksi harian

Data dan spesifikasi armada														
No	Komponen	Unit	Jalur											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Jumlah armada terdaftar	Unit	29	36	35	37	19	28	30	30	28	38	10	15
2	Jumlah armada yang beroperasi	Unit/hari	27	33	32	35	17	25	28	28	25	35	8	13
3	Rata rata operasi harian	km/hari	171	140	155	186	140	124	124	155	109	155	93	93
4	Tahun produksi	tahun	1998	1999	1999	2001	1998	1998	1996	1999	1996	2000	1998	1998
Data operasional														
No	Komponen	Unit	Jalur											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pajak tahunan	Rp./tahun	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
2	Iura organda	Rp./tahun	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
3	Biaya kir	Rp./tahun	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000
4	Biaya baha bakar	Rp./hari	110.000	90.000	100.000	120.000	90.000	80.000	80.000	100.000	70.000	100.000	60.000	60.000
5	Biaya sparepart	Rp./tahun	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
6	Biaya ganti oli	Rp./tahun	1.991.938	1.629.767	1.810.853	2.173.023	1.629.767	1.448.682	1.448.682	1.810.853	1.267.597	1.810.853	1.086.512	1.086.512
7	Biaya cuci mobil	Rp./tahun	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000	3.650.000
Cash Flow														
No	Komponen	Unit	Line											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pendapatan kotor	Rp./hari	160.000	150.000	150.000	160.000	110.000	110.000	110.000	140.000	100.000	160.000	90.000	80.000
2	Setoran	Rp./hari	90.000	80.000	80.000	90.000	60.000	60.000	60.000	80.000	50.000	90.000	50.000	40.000
3	Upah crew	Rp./hari	70.000	70.000	70.000	70.000	50.000	50.000	50.000	60.000	50.000	70.000	40.000	40.000

Dari [Tabel 4.2](#), ditemukan bahwa maksimal hanya 90% armada beroperasi setiap hari, sedangkan 10% sisanya tidak beroperasi. Biaya pemeliharaan oli mesin diperkirakan dari total operasi per tahun dibagi 5.000 km sebagai standar penggantian oli. Rata-rata upah operator adalah sebesar Rp 57.000. Jika satu armada terdiri dari sopir dan kernet, maka total upah dibagi untuk keduanya. Dengan pembagian 60%/40%, upah rata-rata harian untuk pengemudi dan kernet adalah Rp. 34.000 dan Rp. 23.000, masing-masing. Ini jauh lebih kecil dari standar upah minimum Kota Magelang sebesar Rp. 1.580.000/bulan (Rp. 53.000/hari) (Berdasar pada Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 560/94 tahun 2017 tentang Upah Minimum di 35 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2018). Upah tersebut diperoleh jika armada menggunakan RON 88 dengan harga Rp. 6,450.

Jika pasokan RON 88 tidak tersedia di SPBU, maka upah sopir dan kernet lebih rendah dari yang seharusnya. Jika upah pengemudi dan kernet dipertahankan, maka setoran ke perusahaan akan berkurang, yang menyebabkan kualitas layanan memburuk akibat standar perawatan kendaraan yang akan berkurang, misalnya jadwal penggantian sparepart, servis, dan sebagainya. Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan Kota Magelang seperti yang ditunjukkan pada [Tabel 4.2](#), analisis lebih lanjut dari perhitungan biaya disajikan pada [Tabel 4.3](#) sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data operasional kendaraan berbahan bakar bensin dan LPG

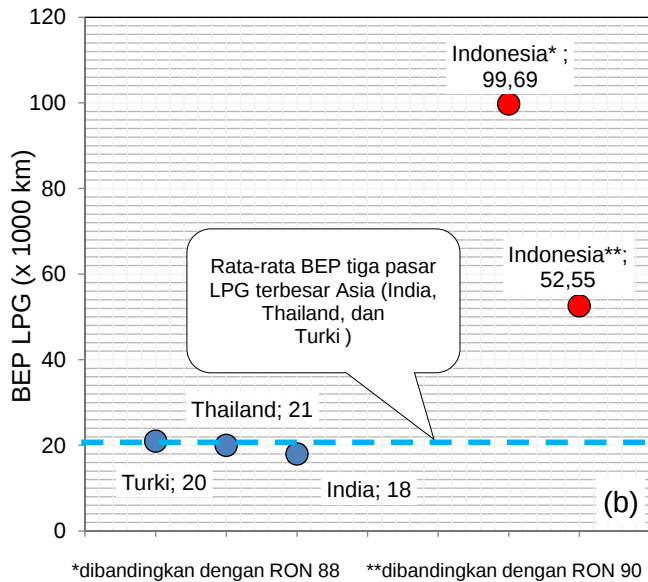
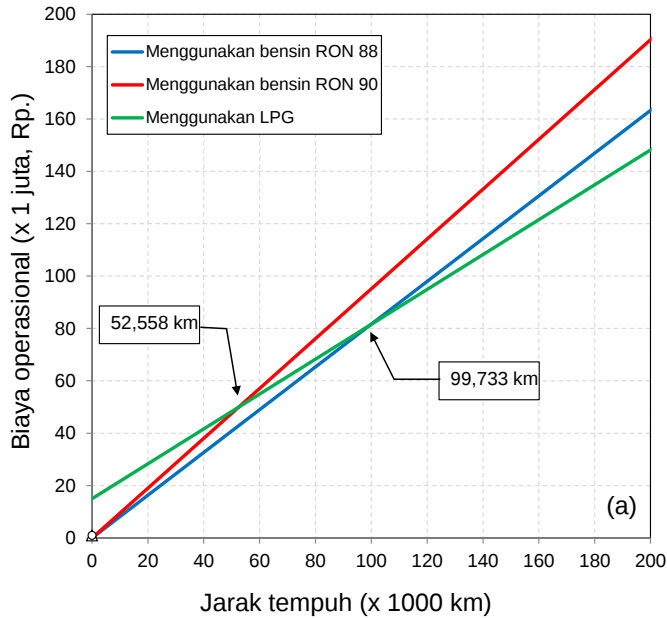
Parameters	Jumlah	Formula
Jarak tempuh per tahun, km	50,495	vm
Konsumsi bahan bakar, km/liter	10	Fc
Konsumsi bahan bakar tahunan, liter	5,049	$Fc_a = \frac{vm}{Fc}$
Harga bensin RON 88 /liter, Rp.	6,450	C_{g88}
Harga bensin RON 90 e/liter, Rp.	7,800	C_{g90}
Harga LPG/lps, Rp.	5,100	C_L
Biaya bahan bakar tahunan dengan RON 88, Rp.	32,569,231	$C_{g88,a} = Fc_a \times C_{g88}$
Biaya bahan bakar tahunan dengan RON 90, Rp.	39,386,047	$C_{g90,a} = Fc_a \times C_{g90}$
Biaya bahan bakar tahunan dengan LPG, Rp.	25,752,415	$C_{L,a} = Fc_a \times C_L$
Penghematan Vigas terhadap RON 88/ tahun, Rp.	6,816,816	$\pi_{g88-L} = C_{g88,a} - C_{L,a}$
Penghematan Vigas terhadap RON 90/ tahun, Rp.	13,633,631	$\pi_{g90-L} = C_{g90,a} - C_{L,a}$
Biaya untuk konverter kits, RP.	10,000,000	C_{ck}
Biaya untuk standarisasi mesin, Rp.	5,000,000	C_{es}
Biaya pelumas mesin dengan bensin per km, Rp.	32	C_{og}
Biaya pelumas mesin dengan LPG per km, Rp.	23	C_{oL}
Biaya pelumas mesin dengan bensin per tahun, Rp.	1,615,838	$C_{og,a} = C_{og} \times vm$
Biaya pelumas mesin dengan LPG per tahun, Rp.	1,154,170	$C_{oL,a} = C_{oL} \times vm$
Biaya spare part dan cuci mobil per tahun, Rp.	6,650,000	C_{sw}
Biaya pajak, kir, dan iuran keanggotaan, Rp.	316,000	C_{tax}
Biaya operasional/km dengan bensin RON 88, Rp.	815	$RC_{g88} = \frac{C_{g88}}{Fc} + \frac{C_{sw} + C_{tax}}{vm} + C_{og}$
Biaya operasional/km dengan bensin RON 90, Rp.	950	$RC_{g90} = \frac{C_{g90}}{Fc} + \frac{C_{sw} + C_{tax}}{vm} + C_{og}$
Biaya operasional/km untuk LPG dengan biaya pajak dan kir, Rp.	671	$RC_{L,t} = \frac{C_L}{Fc} + \frac{C_{sw} + C_{tax}}{vm} + C_{oL}$
Biaya operasional/km untuk LPG dtanpa biaya pajak dan kir, Rp.	665	$RC_L = \frac{C_L}{Fc} + \frac{C_{sw}}{vm} + C_{oL}$

4.2. Biaya Operasional (*Running Cost*) dan *BEP*

Biaya operasional kendaraan dan *BEP* dihitung menggunakan [Persamaan \(3.1\)](#) dengan nilai parameter diberikan dalam [Tabel. 4.3](#). Selanjutnya, hasil perhitungan disajikan dalam [Tabel 4.4](#) dan [Gambar. 4.1](#).

Tabel 4.4 Biaya operasional dan penghematan penggunaan LPG dibandingkan dengan RON 88 dan RON 90

Jarak tempuh (x1000 km)	Biaya operasional (Juta)			Penghematan terhadap RON 88 (Juta)	Penghematan terhadap RON 90 (Juta)
	Dengan bensin RON 88	Dengan bensin RON 90	Dengan LPG		
0	-	-	15	(15)	(15)
10	8	9	22	(13)	(12)
20	16	19	28	(12)	(9)
30	24	28	35	(10)	(6)
40	33	38	42	(9)	(4)
50	41	47	48	(7)	(1)
60	49	57	55	(6)	2
70	57	66	62	(4)	5
80	65	76	68	(3)	8
90	73	85	75	(1)	11
100	81	95	81	0	14
110	90	104	88	2	16
120	98	114	95	3	19
130	106	123	101	5	22
140	114	133	108	6	25
150	122	142	115	8	28
160	130	152	121	9	31
170	139	161	128	11	34
180	147	171	135	12	36
190	155	180	141	14	39
200	163	190	148	15	42
210	171	199	155	17	45
220	179	209	161	18	48
230	187	218	168	20	51
240	196	228	174	21	53
250	204	237	181	23	56



Gambar 4.1 Jarak tempuh, biaya operasional, dan BEP kendaraan LPG dibandingkan dengan operasi bensin: (a) Prediksi di Indonesia dan (b) Perbandingan dengan negara-negara berkembang di Asia

Di India, mengkonversi bensin menjadi LPG akan mendapatkan *BEP* pada jarak 18.000 km. Untuk mempromosikan LPG, pemerintah India memberlakukan pajak penjualan bahan bakar yang berbeda, 14,5% untuk LPG dan 27% untuk bensin. Biaya konversi di India juga relatif rendah, diperkirakan 25.000 Rupee (sekitar Rp 5.225.943).

Di Thailand, meskipun ada kenaikan harga semua bahan bakar, harga LPG tetap cukup rendah dibandingkan dengan harga bensin sehingga jarak *BEP* hanya 21000 km. Total biaya konversi di Thailand adalah sekitar 30.000 baht (Rp. 13.156.720), 2,5 kali lipat dari India, tetapi harga LPG jauh lebih rendah daripada bensin (35%), membuat kendaraan LPG cukup menjanjikan di Thailand.

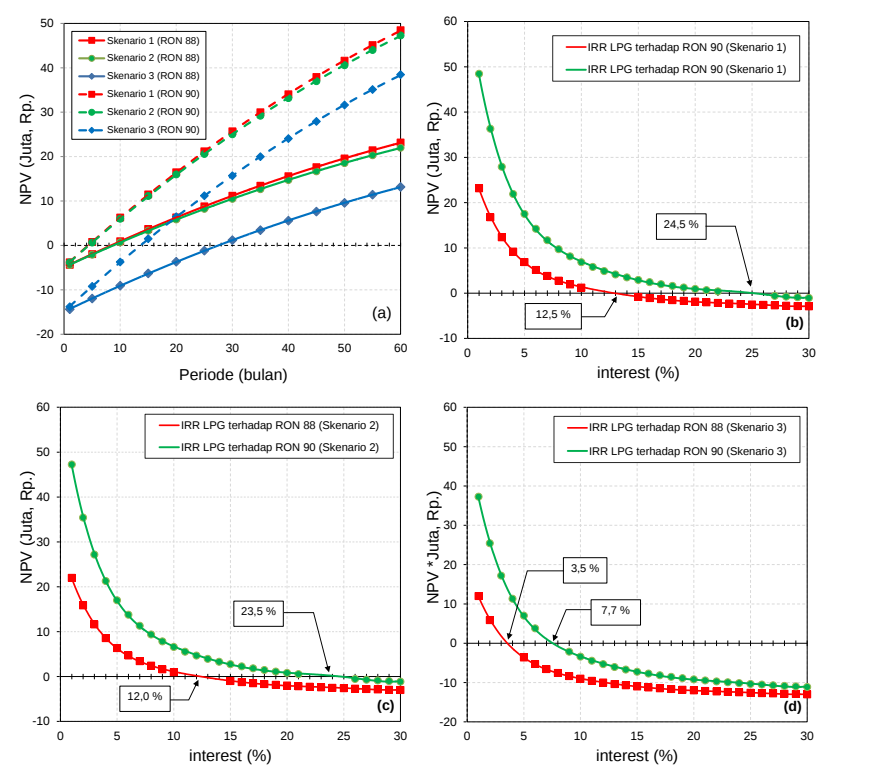
Di Turki, biaya konversi juga relatif rendah, sekitar 2200 Lira (Rp. 7.239.620). Jarak *BEP* di Turki dicapai pada jarak hanya 20000 km, yang sebanding dengan India dan Thailand ([World LPG Association, 2017](#)).

4.3. Analisis Kelayakan Investasi

Dalam studi ini, konversi armada umum dari bensin ke LPG menggunakan suku bunga efektif per bulan. Kelayakan investasi ditetapkan untuk 60 bulan (5 tahun) dengan bunga bank diasumsikan sebesar 1% per bulan. Kami menggunakan tingkat bunga 1% per bulan berdasarkan tingkat bunga yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia selama Januari - Oktober 2018, tertinggi untuk pinjaman investasi adalah 11,58% per tahun (Bank Pemerintah Daerah). Sementara itu, tingkat bunga umum

adalah 10,33%, rata-rata dari Bank Negara, Bank Pemerintah Daerah, Bank Swasta Nasional, Bank Asing dan Bank Campuran, dan Bank Komersial (Bank Indonesia, 2019).

Berdasarkan skenario pembiayaan yang diberikan pada Tabel 3.2, perhitungan NPV dan IRR disajikan pada Gambar. 4.2, sementara data perhitungannya disajikan dalam Lampiran 1 dan Lampiran 2.



Gambar 4.2 NPV dan IRR mode operasi LPG dibandingkan dengan mode operasi bensin RON 88 dan RON 90: (a) NPV untuk 3 skenario; (b). IRR skenario 1; (c) IRR skenario 2, dan (d). IRR skenario 3

Menganalisis tiga skenario simulasi, program konversi bensin ke LPG di Magelang menjanjikan untuk skenario 1 dan skenario 2, di mana pemerintah memberikan hibah untuk

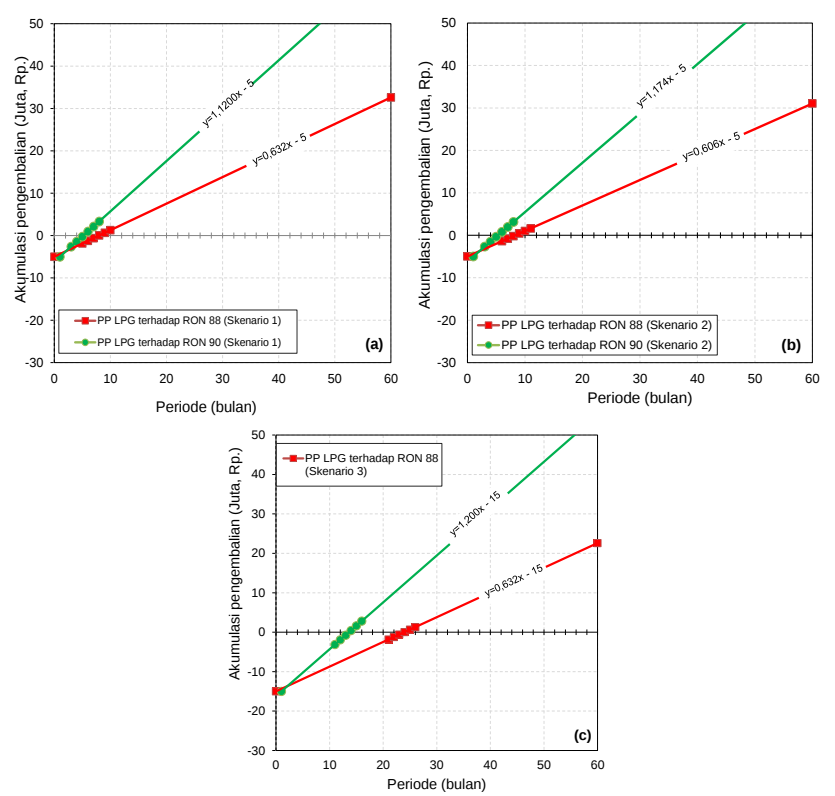
konverter kit dan pembebasan dari biaya pajak. Bahkan, dibandingkan dengan RON 90 dan standarisasi mesin yang dibebankan kepada pemilik armada publik, mereka akan mendapatkan keuntungan segera sebelum 5 bulan beroperasi. Pemilik kendaraan dapat mengajukan pinjaman ke bank-bank milik negara karena ketahanan *IRR* jauh lebih tinggi daripada *IRR* yang dihitung dalam simulasi ini. Namun, jika menggunakan skenario 3, dimana biaya konversi ditanggung oleh pemilik armada publik, program menjadi tidak menarik bagi mereka.

Selain biaya konversi, pertimbangan yang lebih penting adalah perbedaan harga antara LPG dan bensin. Semakin kecil rasio harga LPG terhadap bensin, pemilik armada publik akan cenderung tertarik untuk mengubah kendaraan mereka, dengan melihat *NPV* yang menjanjikan. Biaya investasi awal bukan hambatan jika pemerintah menjamin penggunaan LPG secara terus menerus dengan harga yang wajar. Di sisi lain, ketersediaan juga harus dijamin agar orang tidak kembali menggunakan bensin. Jika kondisi ini diharapkan, peran lembaga sosial-ekonomi dan pemerintah daerah menjadi penting untuk memberikan sosialisasi dan meyakinkan pemilik transportasi umum.

4.4. *Payback Period*

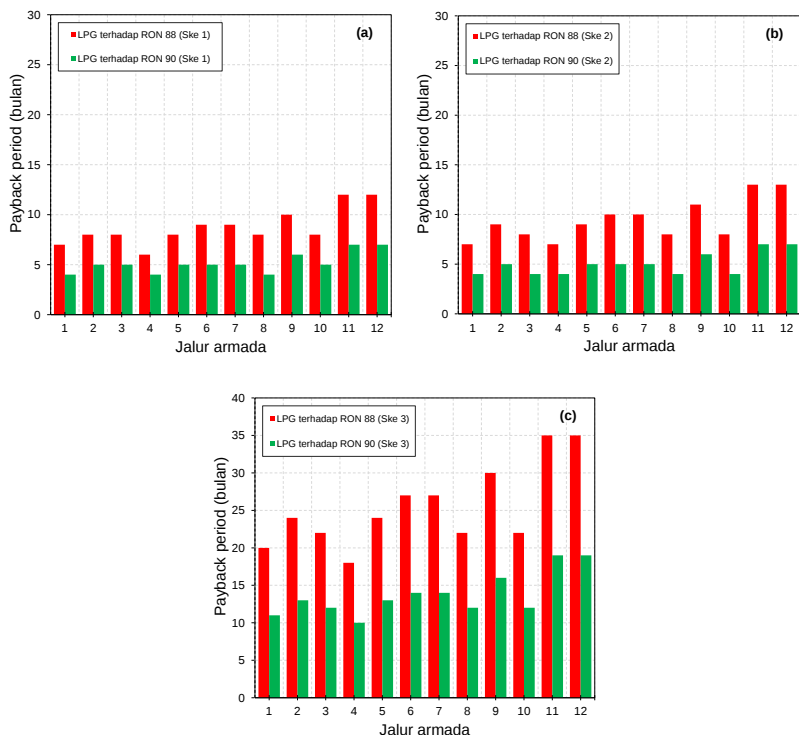
Tiga skenario pembiayaan simulasi menghasilkan karakteristik periode pengembalian (*payback period*) yang berbeda. Untuk skenario 1 dan skenario 2, pembiayaan konversi oleh pemerintah memiliki karakteristik serupa karena fakta

bahwa pajak tahunan dan biaya pemeriksaan adalah relatif kecil. Para pemilik armada umum akan menerima periode pengembalian 8 dan 5 bulan dibandingkan dengan RON 88 dan RON 90, masing-masing. Namun, untuk skenario 3, dengan pembiayaan konversi oleh pemilik kendaraan, periode pengembalian menjadi lebih panjang yaitu 24 bulan untuk RON 88 dan 13 bulan RON 90. Ilustrasi *payback period* untuk tiga skenario pembiayaan disajikan pada [Gambar 4.3](#) dan perhitungannya disajikan pada [Lampiran 3](#).



Gambar 4.3 *Payback period*: (a) skenario 1, (b) skenario 2, dan (c) skenario 3

Selanjutnya, karena jarak tempuh tahunan untuk setiap rute berbeda, *payback period* dapat disimulasikan dan dibandingkan secara terpisah, seperti ditunjukkan pada [Gambar 4.4](#).

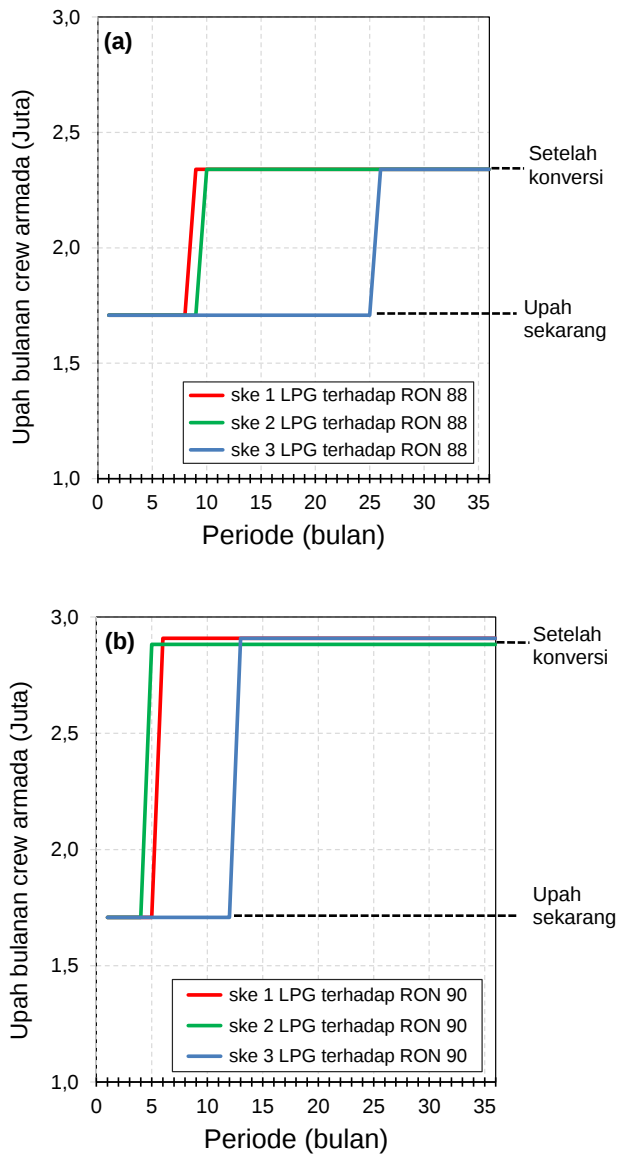


Gambar 4.4 *Payback period* untuk 12 jalur armada: (a) skenario 1, (b) skenario 2, dan (c) skenario 3

4.5. Manfaat Sosial-Ekonomi

Hasil simulasi menunjukkan bahwa ada peningkatan upah awak transportasi umum setelah kendaraan dikonversi ke LPG. Jika dibandingkan dengan RON 88, ada peningkatan sebesar 37% dan bila dibandingkan dengan RON 90, ada peningkatan sebesar 70% terhadap upah yang ada. Pemilihan skenario pembiayaan akan mempengaruhi periode waktu tetapi tidak

mempengaruhi jumlah, seperti yang disajikan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Prediksi upah dari armada publik: (a) LPG ke RON 88 dan (b) LPG ke RON 90

Dalam hal ini, jika kecemasan dari operator armada publik adalah karena persaingan dengan armada *online*, Pemerintah Kota Magelang dapat menyediakan pembiayaan untuk konversi dan standarisasi mesin melalui skema hibah atau bekerja sama dengan BUMN melalui skema CSR. Dalam hal ini, pemilik armada umum tidak membelanjakan apa pun. Jika opsi ini dipilih, awak armada publik akan menerima manfaat pada bulan pertama mereka mengoperasikan kendaraan mereka dengan LPG.

Dengan jumlah armada yang ada, diperkirakan bahwa manfaat ini dapat memiliki dampak ekonomi yang baik pada lebih dari 600 keluarga awak armada umum (sopir dan kernet). Jika satu keluarga terdiri dari empat orang, setidaknya akan ada lebih dari 2400 orang yang akan mendapat manfaat dari program konversi ini. Belajar dari mega proyek LPG untuk rumah tangga pada tahun 2007, Pemerintah Indonesia telah berhasil mengkonversi minyak tanah ke LPG melalui Blue Sky Program (Budya and Yasir Arofah, 2011; Pertamina, 2011). Untuk saat ini, pemerintah juga dapat mengadopsi strategi yang sama untuk alasan ekonomi dan lingkungan. Dalam infrastruktur, pemerintah juga harus melengkapi semua stasiun bahan bakar yang ada di Kota Magelang dengan dispenser LPG, baik milik Pertamina atau milik swasta.

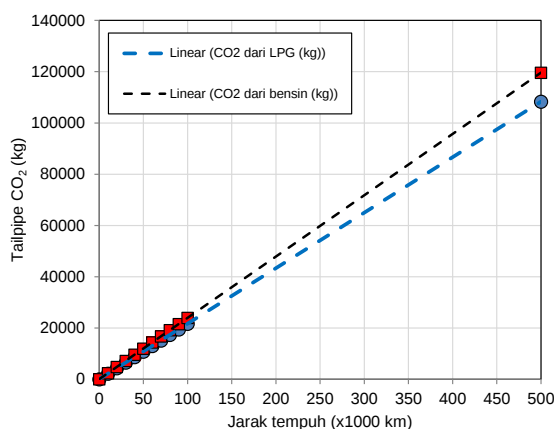
4.6. Manfaat Lingkungan

Dengan penggunaan LPG untuk bahan bakar kendaraan, ada manfaat lingkungan yang relevan melalui analisis *Tank-To-Wheels* (TTW), meskipun kurang nyata ketika dinilai dengan analisis *Well-To-Tank* (WTT). Energi dan keseimbangan *Green-House-Gas* (GHG) secara keseluruhan dari mesin SI berbahan bakar LPG lebih baik daripada mesin yang sama yang beroperasi dengan bensin (Edwards et al., 2014). Meskipun ada keuntungan, LPG bukan bahan bakar yang menjanjikan untuk masa depan, tetapi untuk jangka pendek dan menengah tetap lebih baik daripada bensin. Ada banyak laporan tentang manfaat lingkungan menggunakan LPG daripada bensin (Lai et al., 2009; Lau, Hung and Cheung, 2011; Alam et al., 2017).

a. Perbandingan Emisi CO₂ secara teoritis

LPG adalah bahan bakar dengan kandungan karbon lebih rendah dari bensin. Jika proses pembakaran diasumsikan terjadi secara sempurna, dimana LPG dan bensin tidak menghasilkan emisi CO dan HC, maka jumlah CO₂ yang dihasilkan per km dapat diketahui. Bensin memiliki desnsitas 0,75 kg/liter sehingga 1 liter bensin berbobot 750 gram. Bensin terdiri dari 87% karbon, yang berarti satu liter terdiri dari 652 gram karbon. Untuk membakar semua kandungan karbon menjadi CO₂ dibutuhkan 1740 gram oksigen, sehingga jumlahnya adalah $652 + 1740 = 2392$ gram CO₂/liter bensin. Sementara itu, densitas LPG adalah 0,55 yang berarti 1 liter LPG memiliki berat 550 gram. LPG terdiri dari 82,5% karbon atau 454 gram karbon per

liter LPG. Untuk membakar semua kandungan karbon menjadi CO_2 dibutuhkan 1.211 gram oksigen, sehingga jumlahnya adalah $454 + 1211 = 1665$ gram CO_2 /liter LPG (Ecoscore, 2018). Emisi CO_2 dengan konsumsi energi sebesar 13,311 MJ/km (equivalent dengan 1 liter liter bensin) dapat disajikan pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Emisi gas buang CO_2 dari bensin dan LPG

Dengan pendekatan kandungan energi, bensin dan LPG memiliki kandungan energi yang sedikit berbeda (LHV) masing-masing sebesar 44,15 dan 46,28 MJ/kg (Staffel, 2011). Dari data yang tersedia, 306 unit armada yang melayani 12 jalur di Kota Magelang akan membutuhkan bensin sekitar 59.984 liter/tahun (44.449 kg/tahun) atau setara dengan 1.986.237 MJ dan kemudian menghasilkan CO_2 sebesar 143.626 kg (143,5 ton). Energi 1.986.237 MJ setara dengan 42.918 kg LPG (78.032 liter) dan kemudian menghasilkan CO_2 129.924 kg (129,9 ton). Dari

perhitungan ini, ada potensi pengurangan CO₂ sebesar 9% atau sekitar 13,56 ton per tahun.

b. Perbandingan emisi CO₂ dari pengalaman NEDC

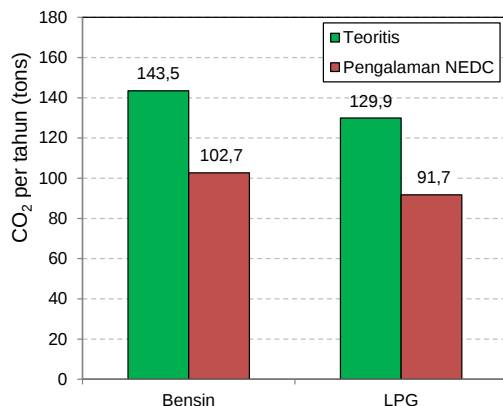
Dari studi literatur, ada banyak laporan tentang perbandingan emisi kendaraan berbahan bakar LPG dan bensin (Lai *et al.*, 2009; Lau, Hung and Cheung, 2011; Tasic, Pogorevc and Brajlilh, 2011; Bielaczyc, Szczotka and Woodburn, 2016; Alam *et al.*, 2017). Namun, dalam penelitian ini, kami menggunakan data yang dilaporkan oleh Institut Francais du Petrole karena menggunakan *New European Driving Cycle* (NEDC) dengan berbagai sampel (Institut Francais du Petrole, 2004). Tabel 4.5 di bawah ini menyajikan perbandingan emisi kendaraan bensin dan LPG menggunakan NEDC.

Tabel 4.5 Perbandingan emisi kendaraan bensin dan LPG menggunakan NEDC (Institut Francais du Petrole, 2004)

Emisi	Bensin (g/km)	LPG (g/km)
CO	1.03	1.094
HC	0.075	0.061
NO _x	0.05	0.016
CO ₂	171.2	152.9

Dari data yang disajikan dalam Tabel 4.5, tampak bahwa perbedaan dalam emisi CO, HC, dan NO_x tidak signifikan, sedangkan untuk CO₂ menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dengan data kendaraan yang ada, penggunaan bensin dan LPG akan menghasilkan CO₂ masing-masing 102,69 dan 91,72 ton/tahun. Dari pengalaman pengujian dengan NEDC, ada kemungkinan penurunan CO₂ sebesar 11% atau setara dengan

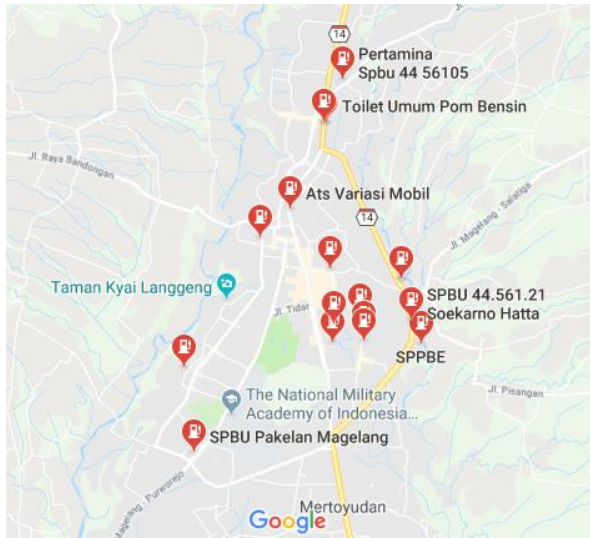
10,98 ton/tahun. Perbandingan dari simulasi teoritis dan pengalaman NEDC disajikan pada [Gambar 4.7](#).



[Gambar 4.7](#) Perkiraan emisi CO₂ dari armada publik di Kota Magelang dengan simulasi teoritis dan pengalaman NEDC

4.7. Penyediaan Infrastruktur

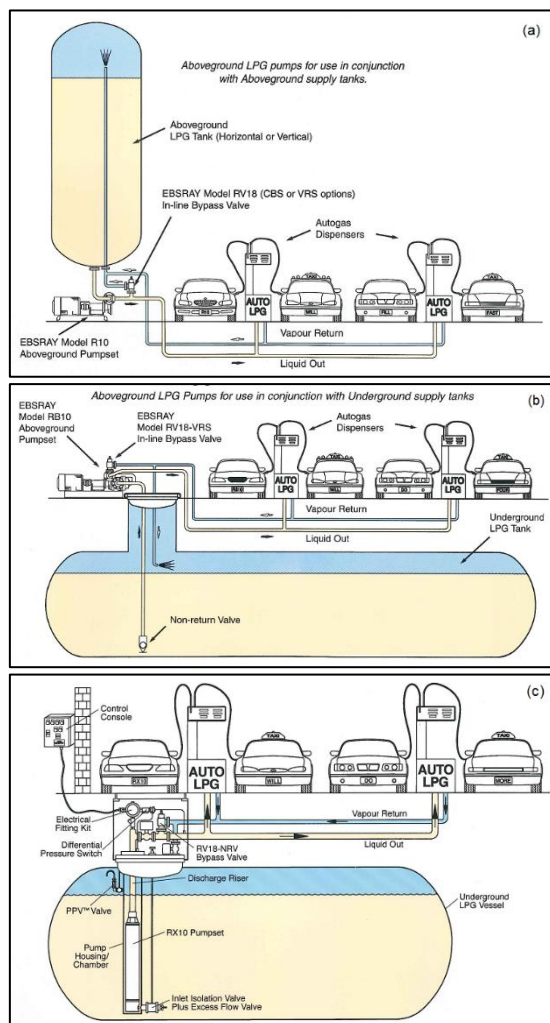
Sebagai konsekuensi logis dari program konversi, pemerintah harus menyediakan dispenser LPG setidaknya di separuh dari total SPBU yang ada di Magelang. Lebih lanjut, dinas perhubungan juga harus melakukan studi untuk *re-routing* terhadap jalur angkutan kota. *Re-routing* ini penting karena dalam beberapa tahun terakhir terjadi pergeseran pusat keramaian kota Magelang seperti dari alun-alun ke Armada Town Square.



Gambar 4.8 Lokasi SPBU di Kota Magelang berdasarkan penelusuran google map

Stasiun pengisian LPG umumnya terintegrasi dengan pengisian bahan bakar cair untuk otomotif seperti bensin, diesel, biodiesel, dan biogasoline. Namun, tipikal tangki dan pompa yang digunakan berbeda karena berbagai metode konstruksi stasiun pengisian. Stasiun LPG mungkin merupakan fasilitas tambahan yang dipasangkan setelah sebelumnya menjual bahan bakar cair. Sementara itu, beberapa stasiun bahan bakar lainnya dibangun dengan mempertimbangkan menyediakan LPG. Peralatan utama untuk stasiun pengisian LPG termasuk tangki LPG, pompa, dispenser, katup, jalur transfer untuk LPG cair, dan saluran balik untuk LPG cair dan gas. Saat ini, ada tiga jenis infrastruktur pengisian LPG, yaitu: (a) *Above-ground tank installation*, (b) *Lifts on underground tank installation*, dan (c)

Submersible on underground tank installation, seperti yang disajikan pada [Gambar 4.9](#).



Gambar 4.9 Tipikal instalasi infrastruktur LPG di SPBU: (a) *Above-ground*, (b) *Lifts on underground*, dan (c) *Submersible on underground* (WLPGA, 2018b)

Di Magelang, dari ketiga model yang tersedia, model pertama adalah yang paling cocok (*Above-ground*), dengan tangki LPG yang terletak diatas tanah. Ujicoba bisa dilakukan

dengan tangki ukuran kecil untuk satu dispenser LPG. Beberapa fasilitas stasiun pengisian LPG di Indonesia dan di beberapa negara yang sukses mengaplikasikan LPG disajikan dalam [Gambar 4.8](#) sebagai berikut.



[Gambar 4.10](#) Beberapa contoh dispenser LPG di *refueling site*

4.8. Alternatif Lain

Meskipun secara kelayakan ekonomi nampak bahwa konversi ini layak dilaksanakan, namun demikian, demi keselamatan pengguna, ada persyaratan teknis tentang standar sebuah kendaraan dapat dikonversi ([Propane Education and Research Council, 2011](#)).

a. Standar kendaraan yang akan dikonversi

Kendaraan yang akan konversi ke LPG harus dilakukan *screening* dengan hati-hati untuk memastikan hasil yang memuaskan. Tidak semua kendaraan bisa atau harus dikonversi. Daftar periksa pra-konversi ini akan membantu mekanik/konsemen memutuskan apakah kendaraan itu bisa dikonversi atau tidak.

Pelanggan harus diberi tahu bahwa setiap kerusakan pada kendaraan harus diperbaiki sebelum konversi (standarisasi). Kendaraan mungkin ditolak untuk konversi jika cacat dan tidak dapat diperbaiki.

Pelanggan terkadang keliru menganggap bahwa:

- Kendaraan bekas yang telah dikonversi menjadi LPG akan dikembalikan ke kondisi baru;
- Setiap kerusakan kendaraan yang ada akan diperbaiki selama konversi; dan
- Fasilitas konversi akan memperbaiki kerusakan komponen apapun setelah kendaraan beroperasi dengan LPG, bahkan jika kegagalan tidak terkait dengan konversi.

Pemeriksaan pra-konversi harus dilakukan pada setiap kendaraan yang akan dikonversi, termasuk kendaraan baru, untuk menghindari kesalahpahaman atau membuang-buang waktu dan sumber daya pada saat konversi .

Fasilitas konversi harus mempertimbangkan pemeriksaan menyeluruh terhadap kompartemen mesin, termasuk suara, kebocoran atau asap, sebelum mengkonversi kendaraan dengan jarak tempuh lebih dari 100.000 km. Analisis oli mesin juga sangat disarankan.

- Tes kompresi sebaiknya dilakukan pada kendaraan dengan jarak tempuh tinggi. Setiap pembacaan kompresi yang bervariasi lebih dari 15 % dari pembacaan tertinggi harus didiskualifikasi dari konversi. Uji kompresi basah dan kering dapat menunjukkan di mana keausan mesin berada.
- Setiap kendaraan yang menunjukkan asap putih, biru, atau hitam terlihat saat distart harus didiskualifikasi dari konversi. Bagian knalpot seharusnya tidak memiliki jelaga atau film gelap berminyak atau lembab di dalam pipa. Bagian knalpot harus kering.
- Sambungkan *engine scanner* ke port konektor diagnostik. Periksa dan verifikasi kode masalah diagnostik terkini (*Diagnostic Throuble Code, DTC*)atau yang menunggu keputusan. Semua harus normal.
- Periksa transmisi. Analisis cairan transmisi sangat dianjurkan, tidak boleh ada kebocoran.

- Periksa sistem pendingin. Verifikasi kondisi radiator, semua selang dan pengikatnya, serta reservoirnya. Periksa jika ada korosi yang terlihat dalam sistem pendingin, dan pastikan bahwa kipas pendingin mesin beroperasi dengan benar.
- Periksa sistem pembuangan, termasuk *manifold*, pipa knalpot, *catalytic converters*, *muffler* dan *tailpipes*. Verifikasi dan dokumentasikan modifikasi pada sistem pembuangan.
- Periksa rem dan catat kondisi abnormal termasuk kinerja pengereman, kebisingan, dan kebocoran jika ada.

Selanjutnya, setiap kendaraan yang akan dikonversi harus dilakukan inspeksi start dingin dan start panas. Start dingin berarti setidaknya empat jam sejak re-start terakhir. Start panas berarti tidak lebih dari 10 menit sejak re-start terakhir setelah operasi temperatur penuh. Juga, harus dipastikan bahwa temperatur kerja mesin normal.

Kendaraan yang akan dikonversi juga harus mampu berputar stasioner sekurangnya 30 detik, lancar tanpa naik turun, beroperasi tanpa masalah, dan tidak mati. Dari keadaan idling, kendaraan harus dicoba ke jalan raya dengan akselerasi penuh tanpa *overrunning*. Perhatikan suara mesin, suara dapat mengindikasikan keausan atau kerusakan pada mesin. Tes ini harus memberikan informasi tentang kelaikan jalan, keseimbangan ban atau roda dan cruise control, jika dilengkapi. Kemudian, pada kecepatan sedang, tekan dengan kuat pedal rem untuk menghentikan tanpa mengunci rem. Ini menguji kemampuan kendaraan untuk mengerem dengan lancar tanpa

suara yang tidak biasa. Kendaraan juga harus mampu melakukan deselerasi dengan lembut.

b. Menyiapkan armada baru

Melihat kondisi armada yang disajikan pada [Gambar 1.2](#) dan dengan *load factor* yang rendah seperti disajikan pada [Gambar 1.3](#), ada solusi lain agar kendaraan dapat dikonversi dan dengan potensi keuntungan dan lingkungan yang lebih besar. **Alternatif 1:** Pengadaan armada baru dengan kapasitas seperti yang ada sekarang, meskipun dapat langsung dikonversi namun seperti halnya resiko *load factor*-nya tetap rendah. **Alternatif 2:** mengganti armada yang ada dengan armada kecil berkapasitas 4 penumpang dengan mesin 200 cc seperti Bajaj Qute RE60 ([Gambar 4.11](#)) yang telah diujicoba di Jakarta sebagai pengganti bajaj lama. Super mini car ini dapat langsung dikonversi ke LPG tanpa standarisasi mesin. Ini jelas lebih menguntungkan untuk mengatasi *load factor* yang rendah.



Gambar 4.11 Bajaj Qute (dalam lingkaran merah), sebagai solusi alternatif untuk menutup *load factor* yang rendah

Kesimpulan dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil simulasi, program konversi bensin ke LPG untuk armada umum di Kota Magelang layak untuk diterapkan sebagai pengganti RON 88 dan RON 90, melalui 3 jenis skenario pembiayaan. Nilai *NPV* LPG untuk RON 88 adalah Rp. 23.18, Rp. 21.99, dan Rp. 13.18 juta untuk skenario 1, 2, dan 3, masing-masing. Bahkan, *NPV* investasi LPG ke RON 90 lebih menjanjikan pada Rp. 48,46, Rp. 47,27, dan Rp. 38,46 juta untuk skenario 1, 2, dan 3, masing-masing. Semua skenario investasi ditetapkan pada 60 bulan. Tentu saja, angka-angka ini akan berubah jika parameter investasi dan biaya operasional kendaraan berubah, terutama pada selisih harga LPG terhadap bensin dan jarak tempuh harian armada.

Di sisi lain, *BEP* di Indonesia lebih lama dibandingkan dengan tiga negara berkembang di Asia (Turki, India, dan Thailand) yang memiliki pengalaman sukses mempromosikan LPG sebagai alternatif untuk bensin karena rasio harga BBM di Indonesia lebih tinggi. Program konversi diprediksi akan dapat meningkatkan pendapatan awak armada umum sebesar 37% dan 70% untuk beralih dari RON 88 dan RON 90, masing-masing.

Manfaat lingkungan juga diharapkan meningkat, dengan pengurangan emisi CO₂ sebesar 9-11 % dari penggunaan bensin. Kedua manfaat (ekonomi dan lingkungan) diharapkan untuk mendukung program kota bersih dan dapat menjadi alternatif untuk mengimbangi transportasi *online* di Magelang.

Sebagai konsekuensinya, pemerintah harus melengkapi semua SPBU yang ada di Kota Magelang dengan dispenser LPG. Jika program ini dilaksanakan, ada permintaan tambahan untuk LPG lebih dari 1.800 kiloliter per tahun yang harus disediakan oleh Pertamina ke Kota Magelang.

Namun demikian, selain keuntungan ekonomi dan lingkungan, konversi ini juga harus mempertimbangkan faktor keamanan. Mungkin saja, armada yang ada sekarang secara teknis tidak memenuhi syarat untuk dikonversi, sedangkan biaya standarisasinya menjadi besar.

Melihat kondisi armada yang ada dengan *load factor* yang rendah, ada solusi alternatif agar kendaraan dapat dikonversi dengan potensi keuntungan dan lingkungan yang lebih besar. **Alternatif 1:** Pengadaan armada baru dengan kapasitas seperti yang ada sekarang, meskipun dapat langsung dikonversi namun seperti halnya resiko *load factor*-nya tetap rendah. **Alternatif 2:** mengganti armada yang ada dengan armada kecil berkapasitas 4 penumpang dengan mesin 200 cc seperti Bajaj Qute RE60 yang telah diujicoba di Jakarta. Super mini car ini dapat langsung dikonversi ke LPG tanpa standarisasi mesin. Ini jelas lebih menguntungkan untuk mengatasi *load factor* yang rendah.

Daftar Referensi

- Abdini, C. and Rahmat, H. (2013) *Switching to gas is an alternative policy options in solving the problem of subsidized fuel*, Rubric Policy, Ministry of State Secretariat of the Republic of Indonesia. Available at: <http://www.setneg.go.id/> (Accessed: 14 February 2016).
- Adolf, J. et al. (2015) *Shell LPG Study*. Hamburg. Available at: <http://s05.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/deu/downloads/pdf/shell-lpg-study-english-summary.pdf>.
- Alam, S. et al. (2017) 'Assessment of pathways to reduce CO₂ emissions from passenger car fleets: Case study in Ireland', *Applied Energy*. Elsevier Ltd, 189, pp. 283–300. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.12.062.
- Asian Development Bank (2005) *Indonesia: Country Environment Analysis*. Available at: <https://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/32184/ino-cea-aug2005.pdf>.
- Bank Indonesia (2019) *Data BI 7-Day Repo Rate - Bank Sentral Republik Indonesia*. Available at: <https://www.bi.go.id/> (Accessed: 18 January 2019).
- Bielaczyc, P., Szczotka, A. and Woodburn, J. (2016) 'A comparison of exhaust emissions from vehicles fuelled with petrol, LPG and CNG', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 148(1), pp. 0–10. doi: 10.1088/1757-899X/148/1/012060.
- Budya, H. and Yasir Arofah, M. (2011) 'Providing cleaner energy access in Indonesia through the megaproject of kerosene conversion to LPG', *Energy Policy*, 39(12), pp. 7575–7586. doi: 10.1016/j.enpol.2011.02.061.
- Candra, S. A. (2018) *BI Sebut Antrean Panjang di SPBU karena Pembatasan Premium*, *Republika Online*. Available at: <https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/1>

8/11/16/piaim1335-bi-sebut-antrean-panjang-di-spbu-karena-pembatasan-premium (Accessed: 31 December 2018).

Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (2009) *Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia*. Indonesia.

Ecoscore (2018) *How to calculate the CO2 emission from the fuel consumption?* Available at: <http://ecoscore.be/en/info/ecoscore/co2> (Accessed: 20 July 2018).

Edwards, R. *et al.* (2014) *Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, JRC Technical reports. Ispra. doi: 10.2790/95533.

El-Morsi, M. (2015) 'Energy and exergy analysis of LPG (liquefied petroleum gas) as a drop in replacement for R134a in domestic refrigerators', *Energy*. Elsevier Ltd, 86, pp. 344–353. doi: 10.1016/j.energy.2015.04.035.

Fabian, B. (2010) 'Vehicle fuel economy standars in the ASEAN : Need for harmonized approach Increasing Motorization in Asia', (August).

GFEI (2010) *Improving Vehicle Fuel Economy in the ASEAN Region, Clean Air Initiative for Asian Cities*. London. Available at: <http://cleanairinitiative.org/portal/sites/default/files/documents/ASEAN-fueleconomy.pdf>.

Gumus, M. (2011) 'Effects of volumetric efficiency on the performance and emissions characteristics of a dual fueled (gasoline and LPG) spark ignition engine', *Fuel Processing Technology*. Elsevier B.V., 92(10), pp. 1862–1867. doi: 10.1016/j.fuproc.2011.05.001.

Hang Leung, K. (2016) 'Indonesia's Summary Transport Assessment', *ADB Papers on Indonesia*, (15). Available at: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/217196/ino-paper-15-2016.pdf>.

IEA (2010) *Natural Gas Liquids Supply Outlook 2008-2015*. Paris. Available at:

http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ngl2010_free.pdf.

IEA (2014) *World Energy Outlook 2014*. Paris. doi: 10.1787/20725302.

Institut Francais du Petrole (2004) *EETP: European Emission Test Programme*. Rueil-Malmaison.

Kavaratzis, M. and Ashworth, G. J. (2005) 'City Branding: an Effective Assertion of Identity or a Transitory Marketing Trick?', *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 96(5), pp. 506–514. doi: 10.1111/j.1467-9663.2005.00482.x.

Kim, T. Y. *et al.* (2014) 'Effects of shape and surface roughness on icing and condensation characteristics of an injector in a liquid phase LPG injection system', *Fuel*, 132, pp. 82–92. doi: 10.1016/j.fuel.2014.04.010.

Kwak, J. H. *et al.* (2014) 'On-Road Chasing Measurement Of Exhaust Particle Emissions From Diesel, CNG, LPG, And DME-Fueled Vehicles Using A Mobile Emission Laboratory', *International Journal of Automotive Technology*, 15(4), p. 543–551. doi: 10.1007/s12239-014-0057-z.

Lai, C. H. *et al.* (2009) 'Emissions of liquefied petroleum gas (LPG) from motor vehicles', *Atmospheric Environment*. Elsevier Ltd, 43(7), pp. 1456–1463. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.11.045.

Lau, J., Hung, W. T. and Cheung, C. S. (2011) 'On-board gaseous emissions of LPG taxis and estimation of taxi fleet emissions', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 409(24), pp. 5292–5300. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.08.054.

Lawankar, S. M. (2012) 'Comparative Study of Performance of LPG Fuelled Si Engine at Different Compression Ratio and Ignition Timing', *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 3(4), pp. 337–343. Available at: www.iaeme.com/ijmet.asp.

Liu, E., Yue, S. Y. and Lee, J. (1997) 'A Study On LPG As A Fuel For Vehicles', *Research and Library Services Division*

- Legislative Council Secretariat*, (March). Available at: www.legco.gov.hk/yr97-98/english/sec/library/967rp05.pdf.
- Mahendra, M. *et al.* (2014) 'Modeling Of LGV Supply Chain System for Land Transportation Sector', *Procedia Chemistry*. Elsevier Ltd., 9, pp. 284–294. doi: 10.1016/j.proche.2014.05.035.
- Mahendra, M., Kartohardjono, S. and Muharam, Y. (2013) 'Implementation Application of Alternative Fuel for Land Transportation Sector in Indonesia Based on Other Countries Experience', *Journal of Energy and Power Engineering*, 7, pp. 524–536. Available at: <http://www.davidpublishing.com/show.html?11996>.
- Masi, M. and Gobbato, P. (2012) 'Measure of the volumetric efficiency and evaporator device performance for a liquefied petroleum gas spark ignition engine', *Energy Conversion and Management*. Elsevier Ltd, 60, pp. 18–27. doi: 10.1016/j.enconman.2011.11.030.
- Ministry of Transportation Indonesia (2011) 'Indonesian Country Report on Environmentally Sustainable Transport Implementation [Presentation Slides]', *The 4th Regional Environmentally Sustainable Transport (EST) Forum in Asia*. Available at: http://www.uncrd.or.jp/env/4th-regional-est-forum/Presentations/08_BS2_Indonesia.pdf.
- Pertamina (2011) *Kerosene to LP Gas Conversion Programme in Indonesia; A Case Study of Domestic Energy*.
- Prasetyo, A. (2016) 'Simulation Design For Urban Transport Management In Magelang City', *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 18(3), pp. 187–204.
- Propane Education and Research Council (2011) *Converting Vehicles to Propane Autogas Part 2: Installing Underhood Components*. Washington, D.C.
- Rosmayati, L. (2012) 'Hydrocarbon Composition and Physical-Chemical Properties Assessment of LPG for Household', *Publication Paper of Oil And Gas*, 46(2), pp. 69–77.

- Satya Widya Yudha (2017) 'Air Pollution and Its Implementations for Indonesia: Challenges and Imperatives for Change', *AirQualityAsia High-Level Session*. Available at: <http://pubdocs.worldbank.org/en/183201496935944434/200417-AirQualityAsia-Air-Pollution.pdf>.
- Setiyo, M. *et al.* (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), pp. 43–49. doi: 10.11113/jt.v78.7661.
- Setiyo, M. *et al.* (2016) 'Techno-economic analysis of liquid petroleum gas fueled vehicles as public transportation in Indonesia', *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(3), pp. 495–500.
- Setiyo, M. *et al.* (2017) 'Characteristic of LPG compositions in the fuel line during discharging process', *International Journal of Technology*, 8(1). doi: 10.14716/ijtech.v8i1.4117.
- Shankar, K. S. and Monahan, P. (2011) 'MPFI gasoline engine combustion, performance and emission characteristics with LPG injection', *International journal of Energy and Environment*, 2(4), pp. 761–770. Available at: http://www.ijee.ieefoundation.org/vol2/issue4/IJEE_18_v2n4.pdf.
- Staffel, I. (2011) *The Energy and Fuel Data Sheet*, Claverton Energy Research Goup. Available at: <http://www.claverton-energy.com/the-energy-and-fuel-data-sheet.html> (Accessed: 21 January 2018).
- Steckdaub, M. and Sekartini, R. (2001) 'Environmental Policy & Vehicles Inspection in Indonesia', pp. 1–9.
- Sulaiman, M. Y., Ayob, M. R. and Meran, I. (2013) 'Performance of Single Cylinder Spark Ignition Engine Fueled by LPG', *Procedia Engineering*. Elsevier B.V., 53, pp. 579–585. doi: 10.1016/j.proeng.2013.02.074.
- Tasic, T., Pogorevc, P. and Brajlilh, T. (2011) 'Gasoline and Exhaust Emission Comparison', *Advances in Production*

Engineering & Management, 6(2), pp. 87–94. Available at: http://apem-journal.org/Archives/2011/APEM6-2_087-094.pdf.

The ASEAN Secretariat (2016) *Asean clean tourist city standar*. Jakarta: The ASEAN Secretariat, Public Outreach and Civil Society Division. Available at: www.asean.org.

Werpy, M. R., Burnham, A. and Bertram, K. (2010) *Propane Vehicles: Status, Challenges, and Opportunities*. Argonne. Available at: [http://www.propanefacts.ca/uploads/633\[1\].pdf](http://www.propanefacts.ca/uploads/633[1].pdf).

WLPGA (2018a) *Autogas Vehicles Catalogue 2018*. Neuilly-sur-Seine: WLPGA. Available at: www.wlpga.org.

WLPGA (2018b) *Guide to new autogas markets: A step-by-step approach to introducing LPG use for transport based on lessons learned from successful markets*. Neuilly-sur-Seine: WLPGA. Available at: www.wlpga.org.

World LPG Association (2005) *Autogas Incentive Policies, A Country-by-Country Analysis of Why and How Governments Encourage Autogas and What Works*. Paris. Available at: <http://www.wlpga.org/>.

World LPG Association (2012) *Autogas Incentive Policies, Revised and Updated 2012*. Paris. Available at: <http://www.wlpga.org/>.

World LPG Association (2015) *Autogas Incentive Policies, 2015 Update*. Neuilly-sur-Seine. Available at: www.wlpga.org.

World LPG Association (2016) *Autogas Incentive Policies*. Neuilly-sur-Seine. Available at: www.wlpga.org.

World LPG Association (2017) *Autogas Incentive Policies, 2017 Edition*. Neuilly-sur-Seine. Available at: www.wlpga.org.

Yasland, M. (2018) *Sopir Angkot Tolak Pembatasan SPBU Premium*, *Republika Online*. Available at: <https://republika.co.id/berita/ekonomi/migas/18/10/12/pghl6v430-sopir-angkot-tolak-pembatasan-spbu-premium> (Accessed: 31 December 2018).

Lampiran 1. Kalkulasi *Nett Present Value* (NPV)

NET PRESENT VALUE (NPV) CALCULATION (BASED ON ASSUMPTION THAT VEHICLES SWITCH FROM GASOLINE RON 88 (PREMIUM) TO LPG)

Bank Loan, P (scenario 1)	5.000.000	➡	(Costs engine standardisation)
Bank Loan, P (scenario 2)	5.000.000	➡	(Costs engine standardisation)
Bank Loan, P (scenario 3)	15.000.000	➡	(Costs engine standardisation + Converter kits)
Interest rate <i>i</i> , %	1,00%		
Total installment, <i>n</i>	60	month	
Installment	MONTHLY		
Net monthly cash inflow (scenario 1)	626.773	IDR	
Net monthly cash inflow (scenario 2)	600.440	IDR	
Net monthly cash inflow (scenario 3)	626.773	IDR	
Salvage value (S)	-		

n	R -C (π) (IDR)			DF of π (IDR)	DF of S (IDR)	NPV LPG to RON 88 (million)		
	Sce 1	Sce 2	Sce 3			Sce 1 (RON 88)	Sce 2 (RON 88)	Sce 3 (RON 88)
1	626.773	600.440	626.773	0,99	1,01	(4,38)	(4,41)	(14,38)
2	626.773	600.440	626.773	1,97	1,02	(3,77)	(3,82)	(13,77)
3	626.773	600.440	626.773	2,94	1,03	(3,16)	(3,23)	(13,16)
4	626.773	600.440	626.773	3,90	1,04	(2,55)	(2,66)	(12,55)
5	626.773	600.440	626.773	4,85	1,05	(1,96)	(2,09)	(11,96)
6	626.773	600.440	626.773	5,80	1,06	(1,37)	(1,52)	(11,37)
7	626.773	600.440	626.773	6,73	1,07	(0,78)	(0,96)	(10,78)
8	626.773	600.440	626.773	7,65	1,08	(0,20)	(0,41)	(10,20)
9	626.773	600.440	626.773	8,57	1,09	0,37	0,14	(9,63)
10	626.773	600.440	626.773	9,47	1,10	0,94	0,69	(9,06)
11	626.773	600.440	626.773	10,37	1,12	1,50	1,23	(8,50)
12	626.773	600.440	626.773	11,26	1,13	2,05	1,76	(7,95)

	R -C (π) (IDR)					NPV LPG to RON 88 (million)		
n	Sce 1	Sce 2	Sce 3	DF of π (IDR)	DF of S (IDR)	Sce 1 (RON 88)	Sce 2 (RON 88)	Sce 3 (RON 88)
13	626.773	600.440	626.773	12,13	1,14	2,61	2,29	(7,39)
14	626.773	600.440	626.773	13,00	1,15	3,15	2,81	(6,85)
15	626.773	600.440	626.773	13,87	1,16	3,69	3,33	(6,31)
16	626.773	600.440	626.773	14,72	1,17	4,22	3,84	(5,78)
17	626.773	600.440	626.773	15,56	1,18	4,75	4,34	(5,25)
18	626.773	600.440	626.773	16,40	1,20	5,28	4,85	(4,72)
19	626.773	600.440	626.773	17,23	1,21	5,80	5,34	(4,20)
20	626.773	600.440	626.773	18,05	1,22	6,31	5,84	(3,69)
21	626.773	600.440	626.773	18,86	1,23	6,82	6,32	(3,18)
22	626.773	600.440	626.773	19,66	1,24	7,32	6,80	(2,68)
23	626.773	600.440	626.773	20,46	1,26	7,82	7,28	(2,18)
24	626.773	600.440	626.773	21,24	1,27	8,31	7,76	(1,69)
25	626.773	600.440	626.773	22,02	1,28	8,80	8,22	(1,20)
26	626.773	600.440	626.773	22,80	1,30	9,29	8,69	(0,71)
27	626.773	600.440	626.773	23,56	1,31	9,77	9,15	(0,23)
28	626.773	600.440	626.773	24,32	1,32	10,24	9,60	0,24
29	626.773	600.440	626.773	25,07	1,33	10,71	10,05	0,71
30	626.773	600.440	626.773	25,81	1,35	11,18	10,50	1,18
31	626.773	600.440	626.773	26,54	1,36	11,64	10,94	1,64
32	626.773	600.440	626.773	27,27	1,37	12,09	11,37	2,09
33	626.773	600.440	626.773	27,99	1,39	12,54	11,81	2,54
34	626.773	600.440	626.773	28,70	1,40	12,99	12,23	2,99
35	626.773	600.440	626.773	29,41	1,42	13,43	12,66	3,43

	R -C (π) (IDR)					NPV LPG to RON 88 (million)		
n	Sce 1	Sce 2	Sce 3	DF of π (IDR)	DF of S (IDR)	Sce 1 (RON 88)	Sce 2 (RON 88)	Sce 3 (RON 88)
36	626.773	600.440	626.773	30,11	1,43	13,87	13,08	3,87
37	626.773	600.440	626.773	30,80	1,45	14,30	13,49	4,30
38	626.773	600.440	626.773	31,48	1,46	14,73	13,90	4,73
39	626.773	600.440	626.773	32,16	1,47	15,16	14,31	5,16
40	626.773	600.440	626.773	32,83	1,49	15,58	14,72	5,58
41	626.773	600.440	626.773	33,50	1,50	16,00	15,11	6,00
42	626.773	600.440	626.773	34,16	1,52	16,41	15,51	6,41
43	626.773	600.440	626.773	34,81	1,53	16,82	15,90	6,82
44	626.773	600.440	626.773	35,46	1,55	17,22	16,29	7,22
45	626.773	600.440	626.773	36,09	1,56	17,62	16,67	7,62
46	626.773	600.440	626.773	36,73	1,58	18,02	17,05	8,02
47	626.773	600.440	626.773	37,35	1,60	18,41	17,43	8,41
48	626.773	600.440	626.773	37,97	1,61	18,80	17,80	8,80
49	626.773	600.440	626.773	38,59	1,63	19,19	18,17	9,19
50	626.773	600.440	626.773	39,20	1,64	19,57	18,53	9,57
51	626.773	600.440	626.773	39,80	1,66	19,94	18,90	9,94
52	626.773	600.440	626.773	40,39	1,68	20,32	19,25	10,32
53	626.773	600.440	626.773	40,98	1,69	20,69	19,61	10,69
54	626.773	600.440	626.773	41,57	1,71	21,05	19,96	11,05
55	626.773	600.440	626.773	42,15	1,73	21,42	20,31	11,42
56	626.773	600.440	626.773	42,72	1,75	21,78	20,65	11,78
57	626.773	600.440	626.773	43,29	1,76	22,13	20,99	12,13
58	626.773	600.440	626.773	43,85	1,78	22,48	21,33	12,48

	R -C (π) (IDR)					NPV LPG to RON 88 (million)		
n	Sce 1	Sce 2	Sce 3	DF of π (IDR)	DF of S (IDR)	Sce 1 (RON 88)	Sce 2 (RON 88)	Sce 3 (RON 88)
59	626.773	600.440	626.773	44,40	1,80	22,83	21,66	12,83
60	626.773	600.440	626.773	44,96	1,82	23,18	21,99	13,18

NET PRESENT VALUE (NPV) CALCULATION

(BASED ON ASSUMPTION THAT VEHICLES SWITCH FROM GASOLINE RON 90 (PERTALITE) TO LPG)

Bank Loan, P (scenario 1)	5.000.000	➡	(Costs engine standardisation)
Bank Loan, P (scenario 2)	5.000.000	➡	(Costs engine standardisation)
Bank Loan, P (scenario 3)	15.000.000	➡	(Costs engine standardisation + Converter kits)
Interest rates, i, %	1,00%		
Total installment, n	60 month		
Installment	MONTHLY		
Net monthly cash inflow (scenario 1)	1.189.128		
Net monthly cash inflow (scenario 2)	1.162.795		
Net monthly cash inflow (scenario 3)	1.189.128		
Salvage value (\$)	-		

	R -C (π) (IDR)					NPV LPG to RON 90 (million)		
n	Sce 1	Sce 2	Sce 3	DF of π (IDR)	DF of S (IDR)	Sce 1 (RON 90)	Sce 2 (RON 90)	Sce 3 (RON 90)
1	1.189.128	1.162.795	1.189.128	0,99	1,01	(3,82)	(3,85)	(13,82)
2	1.189.128	1.162.795	1.189.128	1,97	1,02	(2,66)	(2,71)	(12,66)
3	1.189.128	1.162.795	1.189.128	2,94	1,03	(1,50)	(1,58)	(11,50)
4	1.189.128	1.162.795	1.189.128	3,90	1,04	(0,36)	(0,46)	(10,36)
5	1.189.128	1.162.795	1.189.128	4,85	1,05	0,77	0,64	(9,23)
6	1.189.128	1.162.795	1.189.128	5,80	1,06	1,89	1,74	(8,11)
7	1.189.128	1.162.795	1.189.128	6,73	1,07	3,00	2,82	(7,00)
8	1.189.128	1.162.795	1.189.128	7,65	1,08	4,10	3,90	(5,90)

	R -C (n) (IDR)					NPV LPG to RON 90 (million)		
n	Sce 1	Sce 2	Sce 3	DF of n (IDR)	DF of S (IDR)	Sce 1 (RON 90)	Sce 2 (RON 90)	Sce 3 (RON 90)
9	1.189.128	1.162.795	1.189.128	8,57	1,09	5,19	4,96	(4,81)
10	1.189.128	1.162.795	1.189.128	9,47	1,10	6,26	6,01	(3,74)
11	1.189.128	1.162.795	1.189.128	10,37	1,12	7,33	7,06	(2,67)
12	1.189.128	1.162.795	1.189.128	11,26	1,13	8,38	8,09	(1,62)
13	1.189.128	1.162.795	1.189.128	12,13	1,14	9,43	9,11	(0,57)
14	1.189.128	1.162.795	1.189.128	13,00	1,15	10,46	10,12	0,46
15	1.189.128	1.162.795	1.189.128	13,87	1,16	11,49	11,12	1,49
16	1.189.128	1.162.795	1.189.128	14,72	1,17	12,50	12,11	2,50
17	1.189.128	1.162.795	1.189.128	15,56	1,18	13,51	13,10	3,51
18	1.189.128	1.162.795	1.189.128	16,40	1,20	14,50	14,07	4,50
19	1.189.128	1.162.795	1.189.128	17,23	1,21	15,48	15,03	5,48
20	1.189.128	1.162.795	1.189.128	18,05	1,22	16,46	15,98	6,46
21	1.189.128	1.162.795	1.189.128	18,86	1,23	17,42	16,93	7,42
22	1.189.128	1.162.795	1.189.128	19,66	1,24	18,38	17,86	8,38
23	1.189.128	1.162.795	1.189.128	20,46	1,26	19,32	18,79	9,32
24	1.189.128	1.162.795	1.189.128	21,24	1,27	20,26	19,70	10,26
25	1.189.128	1.162.795	1.189.128	22,02	1,28	21,19	20,61	11,19
26	1.189.128	1.162.795	1.189.128	22,80	1,30	22,11	21,51	12,11
27	1.189.128	1.162.795	1.189.128	23,56	1,31	23,02	22,39	13,02
28	1.189.128	1.162.795	1.189.128	24,32	1,32	23,92	23,28	13,92
29	1.189.128	1.162.795	1.189.128	25,07	1,33	24,81	24,15	14,81
30	1.189.128	1.162.795	1.189.128	25,81	1,35	25,69	25,01	15,69
31	1.189.128	1.162.795	1.189.128	26,54	1,36	26,56	25,86	16,56

	R -C (n) (IDR)					NPV LPG to RON 90 (million)		
n	Sce 1	Sce 2	Sce 3	DF of n (IDR)	DF of S (IDR)	Sce 1 (RON 90)	Sce 2 (RON 90)	Sce 3 (RON 90)
32	1.189.128	1.162.795	1.189.128	27,27	1,37	27,43	26,71	17,43
33	1.189.128	1.162.795	1.189.128	27,99	1,39	28,28	27,55	18,28
34	1.189.128	1.162.795	1.189.128	28,70	1,40	29,13	28,38	19,13
35	1.189.128	1.162.795	1.189.128	29,41	1,42	29,97	29,20	19,97
36	1.189.128	1.162.795	1.189.128	30,11	1,43	30,80	30,01	20,80
37	1.189.128	1.162.795	1.189.128	30,80	1,45	31,62	30,81	21,62
38	1.189.128	1.162.795	1.189.128	31,48	1,46	32,44	31,61	22,44
39	1.189.128	1.162.795	1.189.128	32,16	1,47	33,25	32,40	23,25
40	1.189.128	1.162.795	1.189.128	32,83	1,49	34,04	33,18	24,04
41	1.189.128	1.162.795	1.189.128	33,50	1,50	34,84	33,95	24,84
42	1.189.128	1.162.795	1.189.128	34,16	1,52	35,62	34,72	25,62
43	1.189.128	1.162.795	1.189.128	34,81	1,53	36,39	35,48	26,39
44	1.189.128	1.162.795	1.189.128	35,46	1,55	37,16	36,23	27,16
45	1.189.128	1.162.795	1.189.128	36,09	1,56	37,92	36,97	27,92
46	1.189.128	1.162.795	1.189.128	36,73	1,58	38,67	37,71	28,67
47	1.189.128	1.162.795	1.189.128	37,35	1,60	39,42	38,43	29,42
48	1.189.128	1.162.795	1.189.128	37,97	1,61	40,16	39,16	30,16
49	1.189.128	1.162.795	1.189.128	38,59	1,63	40,89	39,87	30,89
50	1.189.128	1.162.795	1.189.128	39,20	1,64	41,61	40,58	31,61
51	1.189.128	1.162.795	1.189.128	39,80	1,66	42,33	41,28	32,33
52	1.189.128	1.162.795	1.189.128	40,39	1,68	43,03	41,97	33,03
53	1.189.128	1.162.795	1.189.128	40,98	1,69	43,74	42,66	33,74
54	1.189.128	1.162.795	1.189.128	41,57	1,71	44,43	43,34	34,43

	R -C (n) (IDR)					NPV LPG to RON 90 (million)		
n	Sce 1	Sce 2	Sce 3	DF of n (IDR)	DF of S (IDR)	Sce 1 (RON 90)	Sce 2 (RON 90)	Sce 3 (RON 90)
55	1.189.128	1.162.795	1.189.128	42,15	1,73	45,12	44,01	35,12
56	1.189.128	1.162.795	1.189.128	42,72	1,75	45,80	44,67	35,80
57	1.189.128	1.162.795	1.189.128	43,29	1,76	46,47	45,33	36,47
58	1.189.128	1.162.795	1.189.128	43,85	1,78	47,14	45,99	37,14
59	1.189.128	1.162.795	1.189.128	44,40	1,80	47,80	46,63	37,80
60	1.189.128	1.162.795	1.189.128	44,96	1,82	48,46	47,27	38,46

Lampiran 2. Kalkulasi *Internal Rate of Return (IRR)*

INTERNAL RATE OF RETURN CALCULATION SCENARIO 1

Bank Loan, P (scenario 1)	5.000.000	➡ (Costs engine standardisation)
Total installment, n	60	month
Installment	MONTHLY	
Net monthly cash inflow	626.773	(COMPARED TO GASOLINE RON 88 (PREMIUM))
Net monthly cash inflow	1.189.128	(COMPARED TO GASOLINE RON 90 (PERTALITE))
Salvage value (S)	-	

	x 1 million, IDR	
Interest rate	IRR LPG to RON 88 (Sce 1)	IRR LPG to RON 90 (Sce 1)
1 %	23,18	48,46
2 %	16,79	36,34
3 %	12,35	27,91
4 %	9,18	21,90
5 %	6,86	17,51
6 %	5,13	14,22
7 %	3,80	11,69
8 %	2,76	9,72
9 %	1,92	8,14
10 %	1,25	6,85
11 %	0,69	5,79
12 %	0,22	4,90
13 %	(0,18)	4,14
14 %	(0,52)	3,49
15 %	(0,82)	2,93
16 %	(1,08)	2,43
17 %	(1,31)	1,99
18 %	(1,52)	1,61
19 %	(1,70)	1,26
20 %	(1,87)	0,95
21 %	(2,02)	0,66
22 %	(2,15)	0,41
23 %	(2,27)	0,17
24 %	(2,39)	(0,05)
25 %	(2,49)	(0,24)
26 %	(2,59)	(0,43)
27 %	(2,68)	(0,60)
28 %	(2,76)	(0,75)
29 %	(2,84)	(0,90)
30 %	(2,91)	(1,04)

INTERNAL RATE OF RETURN CALCULATION SCENARIO 2

Bank Loan, P (scenario 2)	5.000.000 ➡ (Costs engine standardisation)
Total installment, n	60 month
Installment	MONTHLY
Net monthly cash inflow	600.440 (COMPARED TO GASOLINE RON 88 (PREMIUM))
Net monthly cash inflow	1.162.795 (COMPARED TO GASOLINE RON 90 (PERTALITE))
Salvage value (S)	-

	x 1 million, IDR	
Interest rate	IRR LPG to RON 88 (Sce 2)	IRR LPG to RON 90 (Sce 2)
1 %	21,99	47,27
2 %	15,87	35,42
3 %	11,62	27,18
4 %	8,58	21,31
5 %	6,37	17,01
6 %	4,70	13,79
7 %	3,43	11,32
8 %	2,43	9,39
9 %	1,63	7,85
10 %	0,98	6,59
11 %	0,45	5,55
12 %	(0,00)	4,68
13 %	(0,38)	3,94
14 %	(0,71)	3,30
15 %	(1,00)	2,75
16 %	(1,25)	2,27
17 %	(1,47)	1,84
18 %	(1,66)	1,46
19 %	(1,84)	1,12
20 %	(2,00)	0,81
21 %	(2,14)	0,54
22 %	(2,27)	0,29
23 %	(2,39)	0,06
24 %	(2,50)	(0,16)
25 %	(2,60)	(0,35)
26 %	(2,69)	(0,53)
27 %	(2,78)	(0,69)
28 %	(2,86)	(0,85)
29 %	(2,93)	(0,99)
30 %	(3,00)	(1,12)

INTERNAL RATE OF RETURN CALCULATION SCENARIO 3

Bank Loan, P (scenario 3)	15.000.000 ➡ (Costs engine standardisation)
Total installment, n	60 month
Installment	MONTHLY
Net monthly cash inflow	600.440 (COMPARED TO GASOLINE RON 88 (PREMIUM)
Net monthly cash inflow	1.162.795 (COMPARED TO GASOLINE RON 90 (PERTALITE)
Salvage value (S)	-

	x 1 million, IDR	
Interest rate	IRR LPG to RON 88 (Sce 3)	IRR LPG terhadap RON 90 (Sce 3)
1%	11,99	37,27
2%	5,87	25,42
3%	1,62	17,18
4%	(1,42)	11,31
5%	(3,63)	7,01
6%	(5,30)	3,79
7%	(6,57)	1,32
8%	(7,57)	(0,61)
9%	(8,37)	(2,15)
10%	(9,02)	(3,41)
11%	(9,55)	(4,45)
12%	(10,00)	(5,32)
13%	(10,38)	(6,06)
14%	(10,71)	(6,70)
15%	(11,00)	(7,25)
16%	(11,25)	(7,73)
17%	(11,47)	(8,16)
18%	(11,66)	(8,54)
19%	(11,84)	(8,88)
20%	(12,00)	(9,19)
21%	(12,14)	(9,46)
22%	(12,27)	(9,71)
23%	(12,39)	(9,94)
24%	(12,50)	(10,16)
25%	(12,60)	(10,35)
26%	(12,69)	(10,53)
27%	(12,78)	(10,69)
28%	(12,86)	(10,85)
29%	(12,93)	(10,99)
30%	(13,00)	(11,12)

Lampiran 3. Kalkulasi *Payback Period*

Scenario 1

Month	CASH OUT	PROCEED		PROCEED ACCUMULATIVE		PP LPG to RON 88 (Sce 1)	PP LPG to RON 90 (Sce 1)
	FLOW	RON 88	RON 90	RON 88	RON 90	(Million)	(Million)
0	5.000.000,00	-	-	-	-	(5,00)	(5,00)
1	-	626.773	1.189.128	626.773	1.189.128	(4,37)	(3,81)
2	-	626.773	1.189.128	1.253.547	2.378.256	(3,75)	(2,62)
3	-	626.773	1.189.128	1.880.320	3.567.384	(3,12)	(1,43)
4	-	626.773	1.189.128	2.507.094	4.756.512	(2,49)	(0,24)
5	-	626.773	1.189.128	3.133.867	5.945.640	(1,87)	0,95
6	-	626.773	1.189.128	3.760.640	7.134.768	(1,24)	2,13
7	-	626.773	1.189.128	4.387.414	8.323.896	(0,61)	3,32
8	-	626.773	1.189.128	5.014.187	9.513.024	0,01	4,51
9	-	626.773	1.189.128	5.640.960	10.702.152	0,64	5,70
10	-	626.773	1.189.128	6.267.734	11.891.280	1,27	6,89
11	-	626.773	1.189.128	6.894.507	13.080.408	1,89	8,08
12	-	626.773	1.189.128	7.521.281	14.269.536	2,52	9,27
13	-	626.773	1.189.128	8.148.054	15.458.664	3,15	10,46
14	-	626.773	1.189.128	8.774.827	16.647.792	3,77	11,65
15	-	626.773	1.189.128	9.401.601	17.836.920	4,40	12,84
16	-	626.773	1.189.128	10.028.374	19.026.048	5,03	14,03
17	-	626.773	1.189.128	10.655.147	20.215.177	5,66	15,22
18	-	626.773	1.189.128	11.281.921	21.404.305	6,28	16,40
19	-	626.773	1.189.128	11.908.694	22.593.433	6,91	17,59
20	-	626.773	1.189.128	12.535.468	23.782.561	7,54	18,78
21	-	626.773	1.189.128	13.162.241	24.971.689	8,16	19,97
22	-	626.773	1.189.128	13.789.014	26.160.817	8,79	21,16
23	-	626.773	1.189.128	14.415.788	27.349.945	9,42	22,35
24	-	626.773	1.189.128	15.042.561	28.539.073	10,04	23,54
25	-	626.773	1.189.128	15.669.334	29.728.201	10,67	24,73
26	-	626.773	1.189.128	16.296.108	30.917.329	11,30	25,92
27	-	626.773	1.189.128	16.922.881	32.106.457	11,92	27,11
28	-	626.773	1.189.128	17.549.655	33.295.585	12,55	28,30
29	-	626.773	1.189.128	18.176.428	34.484.713	13,18	29,48
30	-	626.773	1.189.128	18.803.201	35.673.841	13,80	30,67
31	-	626.773	1.189.128	19.429.975	36.862.969	14,43	31,86
32	-	626.773	1.189.128	20.056.748	38.052.097	15,06	33,05
33	-	626.773	1.189.128	20.683.522	39.241.225	15,68	34,24
34	-	626.773	1.189.128	21.310.295	40.430.353	16,31	35,43
35	-	626.773	1.189.128	21.937.068	41.619.481	16,94	36,62
36	-	626.773	1.189.128	22.563.842	42.808.609	17,56	37,81
37	-	626.773	1.189.128	23.190.615	43.997.737	18,19	39,00
38	-	626.773	1.189.128	23.817.388	45.186.865	18,82	40,19
39	-	626.773	1.189.128	24.444.162	46.375.993	19,44	41,38
40	-	626.773	1.189.128	25.070.935	47.565.121	20,07	42,57
41	-	626.773	1.189.128	25.697.709	48.754.249	20,70	43,75
42	-	626.773	1.189.128	26.324.482	49.943.377	21,32	44,94
43	-	626.773	1.189.128	26.951.255	51.132.505	21,95	46,13
44	-	626.773	1.189.128	27.578.029	52.321.633	22,58	47,32
45	-	626.773	1.189.128	28.204.802	53.510.761	23,20	48,51
46	-	626.773	1.189.128	28.831.575	54.699.889	23,83	49,70
47	-	626.773	1.189.128	29.458.349	55.889.017	24,46	50,89
48	-	626.773	1.189.128	30.085.122	57.078.145	25,09	52,08
49	-	626.773	1.189.128	30.711.896	58.267.273	25,71	53,27
50	-	626.773	1.189.128	31.338.669	59.456.402	26,34	54,46
51	-	626.773	1.189.128	31.965.442	60.645.530	26,97	55,65
52	-	626.773	1.189.128	32.592.216	61.834.658	27,59	56,83
53	-	626.773	1.189.128	33.218.989	63.023.786	28,22	58,02
54	-	626.773	1.189.128	33.845.762	64.212.914	28,85	59,21
55	-	626.773	1.189.128	34.472.536	65.402.042	29,47	60,40
56	-	626.773	1.189.128	35.099.309	66.591.170	30,10	61,59
57	-	626.773	1.189.128	35.726.083	67.780.298	30,73	62,78
58	-	626.773	1.189.128	36.352.856	68.969.426	31,35	63,97
59	-	626.773	1.189.128	36.979.629	70.158.554	31,98	65,16
60	-	626.773	1.189.128	37.606.403	71.347.682	32,61	66,35

Scenario 2

MONTH	CASH OUT	PROCEED		ROCEED ACCUMULATIV		PP LPG to RON 88 (Sce 2)	PP LPG to RON 90 (Sce 2)
	FLOW	RON 88	RON 90	RON 88	RON 90	(Million)	(Million)
0	5.000.000,00	-	-	-	-	(5,00)	(5,00)
1	-	600.440	1.162.795	600.440	1.162.795	(4,40)	(3,84)
2	-	600.440	1.162.795	1.200.880	2.325.589	(3,80)	(2,67)
3	-	600.440	1.162.795	1.801.320	3.488.384	(3,20)	(1,51)
4	-	600.440	1.162.795	2.401.760	4.651.179	(2,60)	(0,35)
5	-	600.440	1.162.795	3.002.200	5.813.973	(2,00)	0,81
6	-	600.440	1.162.795	3.602.640	6.976.768	(1,40)	1,98
7	-	600.440	1.162.795	4.203.080	8.139.563	(0,80)	3,14
8	-	600.440	1.162.795	4.803.520	9.302.358	(0,20)	4,30
9	-	600.440	1.162.795	5.403.960	10.465.152	0,40	5,47
10	-	600.440	1.162.795	6.004.400	11.627.947	1,00	6,63
11	-	600.440	1.162.795	6.604.841	12.790.742	1,60	7,79
12	-	600.440	1.162.795	7.205.281	13.953.536	2,21	8,95
13	-	600.440	1.162.795	7.805.721	15.116.331	2,81	10,12
14	-	600.440	1.162.795	8.406.161	16.279.126	3,41	11,28
15	-	600.440	1.162.795	9.006.601	17.441.920	4,01	12,44
16	-	600.440	1.162.795	9.607.041	18.604.715	4,61	13,60
17	-	600.440	1.162.795	10.207.481	19.767.510	5,21	14,77
18	-	600.440	1.162.795	10.807.921	20.930.305	5,81	15,93
19	-	600.440	1.162.795	11.408.361	22.093.099	6,41	17,09
20	-	600.440	1.162.795	12.008.801	23.255.894	7,01	18,26
21	-	600.440	1.162.795	12.609.241	24.418.689	7,61	19,42
22	-	600.440	1.162.795	13.209.681	25.581.483	8,21	20,58
23	-	600.440	1.162.795	13.810.121	26.744.278	8,81	21,74
24	-	600.440	1.162.795	14.410.561	27.907.073	9,41	22,91
25	-	600.440	1.162.795	15.011.001	29.069.867	10,01	24,07
26	-	600.440	1.162.795	15.611.441	30.232.662	10,61	25,23
27	-	600.440	1.162.795	16.211.881	31.395.457	11,21	26,40
28	-	600.440	1.162.795	16.812.321	32.558.252	11,81	27,56
29	-	600.440	1.162.795	17.412.761	33.721.046	12,41	28,72
30	-	600.440	1.162.795	18.013.201	34.883.841	13,01	29,88
31	-	600.440	1.162.795	18.613.641	36.046.636	13,61	31,05
32	-	600.440	1.162.795	19.214.081	37.209.430	14,21	32,21
33	-	600.440	1.162.795	19.814.522	38.372.225	14,81	33,37
34	-	600.440	1.162.795	20.414.962	39.535.020	15,41	34,54
35	-	600.440	1.162.795	21.015.402	40.697.814	16,02	35,70
36	-	600.440	1.162.795	21.615.842	41.860.609	16,62	36,86
37	-	600.440	1.162.795	22.216.282	43.023.404	17,22	38,02
38	-	600.440	1.162.795	22.816.722	44.186.198	17,82	39,19
39	-	600.440	1.162.795	23.417.162	45.348.993	18,42	40,35
40	-	600.440	1.162.795	24.017.602	46.511.788	19,02	41,51
41	-	600.440	1.162.795	24.618.042	47.674.583	19,62	42,67
42	-	600.440	1.162.795	25.218.482	48.837.377	20,22	43,84
43	-	600.440	1.162.795	25.818.922	50.000.172	20,82	45,00
44	-	600.440	1.162.795	26.419.362	51.162.967	21,42	46,16
45	-	600.440	1.162.795	27.019.802	52.325.761	22,02	47,33
46	-	600.440	1.162.795	27.620.242	53.488.556	22,62	48,49
47	-	600.440	1.162.795	28.220.682	54.651.351	23,22	49,65
48	-	600.440	1.162.795	28.821.122	55.814.145	23,82	50,81
49	-	600.440	1.162.795	29.421.562	56.976.940	24,42	51,98
50	-	600.440	1.162.795	30.022.002	58.139.735	25,02	53,14
51	-	600.440	1.162.795	30.622.442	59.302.530	25,62	54,30
52	-	600.440	1.162.795	31.222.882	60.465.324	26,22	55,47
53	-	600.440	1.162.795	31.823.322	61.628.119	26,82	56,63
54	-	600.440	1.162.795	32.423.762	62.790.914	27,42	57,79
55	-	600.440	1.162.795	33.024.203	63.953.708	28,02	58,95
56	-	600.440	1.162.795	33.624.643	65.116.503	28,62	60,12
57	-	600.440	1.162.795	34.225.083	66.279.298	29,23	61,28
58	-	600.440	1.162.795	34.825.523	67.442.092	29,83	62,44
59	-	600.440	1.162.795	35.425.963	68.604.887	30,43	63,60
60	-	600.440	1.162.795	36.026.403	69.767.682	31,03	64,77

Scenario 3

Month	CASH OUT	PROCEED		PROCEED ACCUMULATIVE		PP LPG to RON 88 (Sc 3)	PP LPG to RON 90 (Sc 3)
	FLOW	RON 88	RON 90	RON 88	RON 90	(Million)	(Million)
0	15.000.000,00	-	-	-	-	(15,00)	(15,00)
1	-	626.773	1.189.128	626.773	1.189.128	(14,37)	(13,81)
2	-	626.773	1.189.128	1.253.547	2.378.256	(13,75)	(12,62)
3	-	626.773	1.189.128	1.880.320	3.567.384	(13,12)	(11,43)
4	-	626.773	1.189.128	2.507.094	4.756.512	(12,49)	(10,24)
5	-	626.773	1.189.128	3.133.867	5.945.640	(11,87)	(9,05)
6	-	626.773	1.189.128	3.760.640	7.134.768	(11,24)	(7,87)
7	-	626.773	1.189.128	4.387.414	8.323.896	(10,61)	(6,68)
8	-	626.773	1.189.128	5.014.187	9.513.024	(9,99)	(5,49)
9	-	626.773	1.189.128	5.640.960	10.702.152	(9,36)	(4,30)
10	-	626.773	1.189.128	6.267.734	11.891.280	(8,73)	(3,11)
11	-	626.773	1.189.128	6.894.507	13.080.408	(8,11)	(1,92)
12	-	626.773	1.189.128	7.521.281	14.269.536	(7,48)	(0,73)
13	-	626.773	1.189.128	8.148.054	15.458.664	(6,85)	0,46
14	-	626.773	1.189.128	8.774.827	16.647.792	(6,23)	1,65
15	-	626.773	1.189.128	9.401.601	17.836.920	(5,60)	2,84
16	-	626.773	1.189.128	10.028.374	19.026.048	(4,97)	4,03
17	-	626.773	1.189.128	10.655.147	20.215.177	(4,34)	5,22
18	-	626.773	1.189.128	11.281.921	21.404.305	(3,72)	6,40
19	-	626.773	1.189.128	11.908.694	22.593.433	(3,09)	7,59
20	-	626.773	1.189.128	12.535.468	23.782.561	(2,46)	8,78
21	-	626.773	1.189.128	13.162.241	24.971.689	(1,84)	9,97
22	-	626.773	1.189.128	13.789.014	26.160.817	(1,21)	11,16
23	-	626.773	1.189.128	14.415.788	27.349.945	(0,58)	12,35
24	-	626.773	1.189.128	15.042.561	28.539.073	0,04	13,54
25	-	626.773	1.189.128	15.669.334	29.728.201	0,67	14,73
26	-	626.773	1.189.128	16.296.108	30.917.329	1,30	15,92
27	-	626.773	1.189.128	16.922.881	32.106.457	1,92	17,11
28	-	626.773	1.189.128	17.549.655	33.295.585	2,55	18,30
29	-	626.773	1.189.128	18.176.428	34.484.713	3,18	19,48
30	-	626.773	1.189.128	18.803.201	35.673.841	3,80	20,67
31	-	626.773	1.189.128	19.429.975	36.862.969	4,43	21,86
32	-	626.773	1.189.128	20.056.748	38.052.097	5,06	23,05
33	-	626.773	1.189.128	20.683.522	39.241.225	5,68	24,24
34	-	626.773	1.189.128	21.310.295	40.430.353	6,31	25,43
35	-	626.773	1.189.128	21.937.068	41.619.481	6,94	26,62
36	-	626.773	1.189.128	22.563.842	42.808.609	7,56	27,81
37	-	626.773	1.189.128	23.190.615	43.997.737	8,19	29,00
38	-	626.773	1.189.128	23.817.388	45.186.865	8,82	30,19
39	-	626.773	1.189.128	24.444.162	46.375.993	9,44	31,38
40	-	626.773	1.189.128	25.070.935	47.565.121	10,07	32,57
41	-	626.773	1.189.128	25.697.709	48.754.249	10,70	33,75
42	-	626.773	1.189.128	26.324.482	49.943.377	11,32	34,94
43	-	626.773	1.189.128	26.951.255	51.132.505	11,95	36,13
44	-	626.773	1.189.128	27.578.029	52.321.633	12,58	37,32
45	-	626.773	1.189.128	28.204.802	53.510.761	13,20	38,51
46	-	626.773	1.189.128	28.831.575	54.699.889	13,83	39,70
47	-	626.773	1.189.128	29.458.349	55.889.017	14,46	40,89
48	-	626.773	1.189.128	30.085.122	57.078.145	15,09	42,08
49	-	626.773	1.189.128	30.711.896	58.267.273	15,71	43,27
50	-	626.773	1.189.128	31.338.669	59.456.402	16,34	44,46
51	-	626.773	1.189.128	31.965.442	60.645.530	16,97	45,65
52	-	626.773	1.189.128	32.592.216	61.834.658	17,59	46,83
53	-	626.773	1.189.128	33.218.989	63.023.786	18,22	48,02
54	-	626.773	1.189.128	33.845.762	64.212.914	18,85	49,21
55	-	626.773	1.189.128	34.472.536	65.402.042	19,47	50,40
56	-	626.773	1.189.128	35.099.309	66.591.170	20,10	51,59
57	-	626.773	1.189.128	35.726.083	67.780.298	20,73	52,78
58	-	626.773	1.189.128	36.352.856	68.969.426	21,35	53,97
59	-	626.773	1.189.128	36.979.629	70.158.554	21,98	55,16
60	-	626.773	1.189.128	37.606.403	71.347.682	22,61	56,35

Glosarium

<i>BEP</i>	Titik impas di mana posisi jumlah pendapatan dan biaya adalah sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu proyek.
<i>Bi-fuel</i>	Kendaraan yang bisa digerakkan dengan dua jenis bahan bakar secara bergantian.
<i>Electric Vehicles</i>	Kendaraan yang digerakkan dengan energi listrik.
<i>Environmentally-Friendly Vehicle</i>	Kendaraan bermotor yang menghasilkan dampak kurang berbahaya bagi lingkungan dibandingkan dengan kendaraan mesin pembakaran dalam konvensional yang digerakkan dengan bensin atau diesel.
<i>Fuel Cell</i>	Kendaraan yang digerakkan dengan Fuel cell.
<i>full dedicated fuel</i>	Kendaraan yang menggunakan bahan bakar alternatif secara penuh.
<i>IRR</i>	Tingkat diskon rate yang menghasilkan <i>NPV</i> sama dengan nol. Jika hasil perhitungan <i>IRR</i> lebih besar dari discount factor, maka dapat dikatakan investasi yang akan dilakukan layak untuk dilakukan. Jika sama dengan discount factor, dikatakan investasi yang ditanamkan akan balik modal, sedangkan jika <i>IRR</i> lebih kecil dari <i>discount factor</i> maka investasi yang ditanamkan tidak layak.
<i>Load Factor</i>	Perhitungan dari nilai keterisian penumpang terhadap kapasitas penumpang yang tersedia,

yang berguna untuk mengetahui rata-rata okupansi pada berbagai macam rute perjalanan angkutan umum.

NPV

Selisih antara pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai diskon faktor, atau dengan kata lain merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang yang didiskontokan pada saat ini.

Payback period

Rasio antara *initial cash investment* dengan *cash flow*- nya yang hasilnya merupakan satuan waktu

Refueling site

Stasiun pengisian bahan bakar.

Running Cost

Biaya operasional kendaraan per kilometer

Trasportation on Demand

Sistem transportasi non trayek, beroperasi sesuai dengan permintaan penumpang.

Indeks

A

angkutan umum, 2, 5, 6,
7, 19, 23, 27, 75
armada umum, ii, 8, 23,
30, 35, 38, 41, 53
asuransi kendaraan, 20

B

bahan bakar alternatif,
13, 15
bahan bakar fosil, 1
BEP, ii, iii, vi, 21, 24, 33,
34, 35, 53, 74
bi-fuel, 8, 17, 18, 19
butane, 8, 13, 14

D

Dinas Perhubungan, 5,
22, 27, 31
dispenser, 8, 41, 45, 46,
48, 54

E

efisiensi bahan bakar, 4
emisi, ii, 2, 3, 4, 9, 11, 15,
16, 22, 23, 24, 25, 42,
44, 45, 54
energi alternatif, 9

F

full dedicated fuel, 8, 17,
74

I

insentif fiskal, ii, 15
insentif regulasi, 15
IRR, ii, iv, vi, 20, 21, 22,
24, 36, 37, 68, 74

J

jalur angkutan kota, 4, 9

K

karbon, 9, 10, 11, 14, 42
kelayakan investasi, ii,
21
konverter, ii, 7, 8, 17, 32,
37

L

load factor, 5, 52, 54
LPG Kits, 17

M

minyak mentah, 13

N

NEDC, 44, 45
NPV, ii, iv, vi, 20, 21, 22,
36, 37, 53, 61, 64, 74,
75

O

online, ii, 3, 41, 54
operator, ii, 31, 41

P

parameter, 14, 16, 21, 22,
33, 53
Payback Period, ii, iv, vi,
21, 37, 71
propane, 8, 13, 14

R

RON 88, ii, 21, 23, 31, 32,
33, 36, 38, 39, 40, 53,
61
RON 90, ii, 23, 32, 33, 36,
37, 38, 39, 40, 53, 64
rute, 5, 6, 27, 39, 75

S

skenario, ii, 22, 24, 36,
37, 38, 39, 53
SPBU, ii, 8, 20, 31, 45, 46,
47, 54, 55, 60
standarisasi mesin, 24,
25, 32, 37, 41, 52, 54

T

trayek, 5, 20, 75

U

upah, 31, 39, 40

V

Vigas, i, ii, 7, 8, 15, 32

W

WLPGA, 7, 16, 17, 47, 60

Profil Penulis dan Editor

Penulis



Muji Setiyo ✎

Universitas Muhammadiyah Magelang

Email yang diverifikasi di ummgl.ac.id - [Beranda](#)

[Alternative Fuel](#) [Refrigeration](#) [Automotive Engineering](#)



Google Cendekia



Eko Muh Widodo

Universitas Muhammadiyah Magelang

Email yang diverifikasi di ummgl.ac.id

[Sistem produksi](#) [Organisasi](#) [Manajemen dan Keuangan](#) [Maintenance](#)



Google Cendekia



M. Imron Rosyidi

Universitas Muhammadiyah Magelang

Email yang diverifikasi di ummgl.ac.id

[Teknik Industri](#) [Teknik Lingkungan](#)



Google Cendekia



Tuessi Ari Purnomo

Universitas Muhammadiyah Magelang

Email yang diverifikasi di ummgl.ac.id

[Teknik Industri](#)



Google Cendekia



Editor



Budi Waluyo

Universitas Muhammadiyah Magelang

Email yang diverifikasi di ummgl.ac.id

[Renewable Energy](#) [Chemistry](#)



Google Cendekia



Studi Kelayakan Penerapan LPG/Vigas Sebagai Bahan Bakar Angkutan Umum Kota Magelang

Sinopsis

Buku ini menyajikan hasil penelitian tentang prediksi nilai ekonomi dan manfaat lingkungan dari armada umum di Magelang yang akan dikonversi dari bensin ke LPG/Vigas. Parameter kelayakan investasi, seperti Break Event Point (BEP), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Payback Period (PBP) disajikan melalui tiga skenario pembiayaan yang dibandingkan dengan harga bensin saat ini di SPBU, RON 88 (premium) dan RON 90 (pertalite). Hasil simulasi menunjukkan bahwa investasi ini layak jika pemerintah memberikan insentif fiskal melalui pengadaan konverter kit. Upah crew armada umum dimungkinkan akan naik 30% sampai 70%. Sementara itu, manfaat lingkungan juga diharapkan meningkat, dengan pengurangan emisi CO₂ antara 9-11% dari penggunaan bensin. Kedua manfaat (ekonomi dan lingkungan) tersebut diharapkan untuk mendukung program kota bersih dan dapat menjadi alternatif untuk mengimbangi transportasi berbasis aplikasi (online) di Kota Magelang. Analisis kelayakan investasi ini juga berlaku untuk kota-kota yang lain.