

Ringkasan penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian yang diusulkan.

RINGKASAN

LPG telah berkembang sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan karena memiliki hampir seluruh properti kunci, seperti kandungan energi, angka oktan, temperatur auto-ignition, kecepatan nyala api, dan *flamibility limit*. Emisi CO, CO₂, HC, dan NO_x yang dihasilkan oleh mesin LPG lebih rendah dari mesin bensin yang menjanjikan saat ini dan masa depan terkait dengan ketatnya peraturan emisi gas buang. Namun demikian, torsi kendaraan LPG dilaporkan lebih rendah daripada kendaraan bensin pada saat beban berat dan emisinya tinggi saat deselerasi. Untuk itu, penelitian terapan ini mengusulkan penyelesaian kedua masalah tersebut dengan mengembangkan sistem kontrol untuk mengatur aliran LPG pada vaporizer. **Kebaruan penelitian ini terletak pada sistem pengaturan laju aliran massa LPG, yang awalnya hanya berdasarkan kevakuman intake manifold, menjadi sistem ganda yang ditambahkan dengan pengaturan secara elektronik dengan sebuah microcontroller.** Penelitian direncanakan selama 2 (dua) tahun. **Tahun pertama** mengembangkan prototipe sistem kontrol LPG dengan kegiatan yang mencakup: perancangan sistem kendali dan melakukan uji laboratorium secara terpisah terhadap komponen-komponen yang dikembangkan; melakukan uji komponen dan *interface*-nya (melalui pemodelan dan simulasi); dan melakukan integrasi terhadap komponen-komponen teknologi. Target tahun pertama adalah diperoleh prototype skala laboratorium (**TKT level 4**). Pada **tahun kedua**, penelitian dilanjutkan dengan mengintegrasikan sistem agar mampu bekerja dengan akurasi tinggi (*high fidelity*) dan siap diuji pada lingkungan nyata/simulasi pada chassis dynamometer (**TKT level 5**). Output terukur dari penelitian ini adalah daya mesin yang setara dengan mesin bensin dan *zero emission* saat deselerasi. **Luaran** yang ditargetkan selama penelitian ini adalah prototipe proven teknologi yang dipatenkan (sebagai luaran wajib) serta publikasi ilmiah pada jurnal internasional bereputasi (luaran tambahan).

Kata kunci maksimal 5 kata

Kendaraan LPG, Controller, Daya mesin, Emisi

Latar belakang penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang dan permasalahan yang akan diteliti, tujuan khusus, dan urgensi penelitian. Pada bagian ini perlu dijelaskan uraian tentang spesifikasi khusus terkait dengan skema.

LATAR BELAKANG

Teknologi propulsi kendaraan bersih seperti kendaraan listrik (EVs) dan sel bahan bakar (FCs) memang menjanjikan di masa depan. EVs dan FCs terbukti menghasilkan dampak lingkungan yang lebih baik daripada kendaraan bensin dan solar meskipun harga kepemilikannya (*Total Cost Ownership*, TCO) masih sangat mahal [1]. Di sisi lain, mengganti kendaraan bahan bakar konvensional (bensin dan solar) dengan teknologi EVs dan FCs melalui program pensiun kendaraan tua dalam waktu dekat tidak mudah untuk dilaksanakan pemerintah. Dengan demikian, penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif yang memenuhi kelayakan secara

ekonomi dan memiliki dampak lingkungan lebih baik dari bahan bakar fosil konvensional menjadi pilihan yang realistis [2-3].

LPG telah berkembang sebagai bahan bakar kendaraan karena memiliki hampir seluruh properti kunci, seperti kandungan energi, angka oktan, temperatur auto-ignition, kecepatan nyala api dan batas mudah terbakar (*flamability limit*) [4-7]. Emisi CO, CO₂, HC, dan NO_x yang dihasilkan oleh mesin LPG lebih rendah dari mesin bensin [8-9], yang menjanjikan saat ini dan masa depan, terkait dengan ketatnya peraturan emisi gas buang [10].

Namun demikian, torsi yang dihasilkan kendaraan LPG dengan vaporizer generasi pertama dan kedua dilaporkan lebih rendah (5-20%) daripada kendaraan dengan bahan bakar bensin pada saat beban berat dan emisinya tinggi saat deselerasi [11-12]. Vaporizer LPG bekerja berdasarkan kevakuman pada intake manifold, sehingga saat putaran mesin turun akibat bertambahnya beban, aliran LPG ke intake manifold justru berkurang. Padahal, pada kondisi beban berat, mesin membutuhkan LPG yang lebih banyak untuk menghasilkan daya yang lebih besar. Saat deselerasi, kevakuman manifold meningkat sehingga aliran LPG dari vaporizer meningkat. Sementara itu, saat deselerasi, mesin tidak memerlukan bahan bakar.

Untuk itu, **penelitian terapan ini mengusulkan penyelesaian kedua masalah tersebut dengan mengembangkan sistem kontrol untuk mengatur aliran LPG pada vaporizer**. Sistem kontrol bekerja untuk menambahkan LPG saat beban berat dan memutus aliran sesaat pada waktu deselerasi. Kebaruan penelitian ini terletak pada sistem pengaturan laju aliran massa LPG, yang awalnya hanya berdasarkan kevakuman manifold, menjadi sistem ganda yang ditambahkan dengan pengaturan secara elektronik. Luaran penelitian ini berupa invensi yang memiliki potensi paten (*patentable*). Hasil penelusuran terstruktur di Pangkalan Data Kekayaan Intelektual (<https://pdki-indonesia.dgip.go.id/>) dengan kata kunci “*Sistem kontrol aliran LPG dalam vaporizer*”, belum ditemukan invensi (*prior art*) yang serupa.

1.1. Tujuan Khusus Penelitian

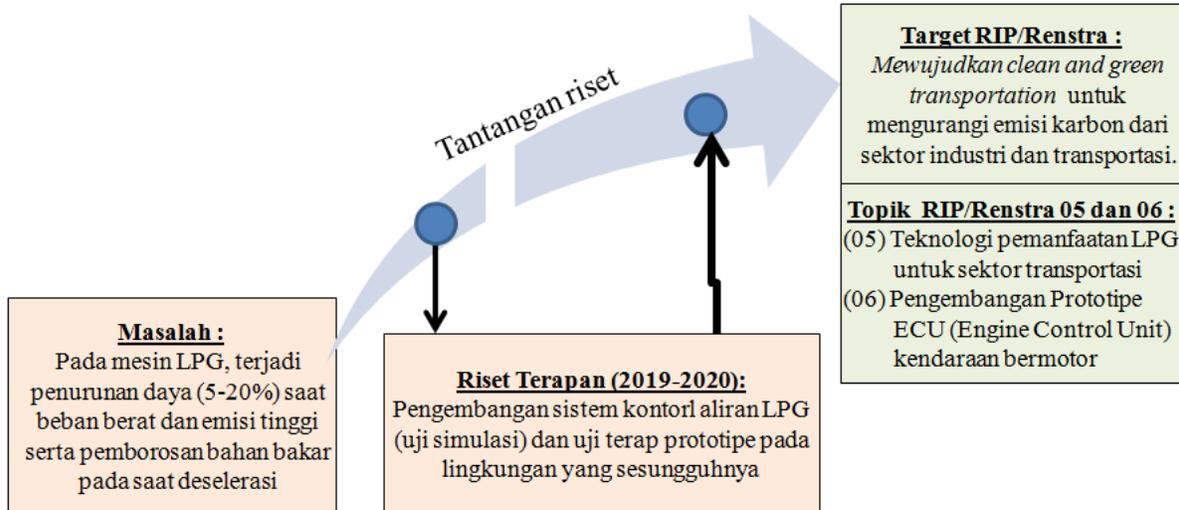
Tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian terapan ini adalah menghasilkan model/prototipe sistem kontrol LPG dalam vaporizer pada kendaraan *Bi-Fuel (LPG-Bensin)* dengan micro-controller yang bekerja berdasarkan informasi dari mesin, transmisi, dan sistem rem (yang mewakili kondisi beban berat dan kondisi deselerasi).

1.2. Urgensi (keutamaan) Penelitian

Renstra penelitian Universitas Muhammadiyah Magelang memiliki 8 bidang penelitian unggulan. Penelitian yang akan dilakukan ini mendukung pada Renstra Bidang Energi baru (RIP-05) dan Transportasi (RIP-06). Penelitian ini juga mendukung Program Agenda Riset Nasional Tahun 2016 – 2019, tentang Model Teknologi Pemanfaatan LPG Untuk Transportasi dan Pengembangan Prototipe Sistem Pengendali ECU untuk kendaraan bermotor [13] sekaligus mendukung RIRN 2017-2045 [14].

1.3. Kontribusi Penelitian Dalam Mendukung Capaian Renstra dan Peta Jalan Perguruan Tinggi

Kontribusi penelitian terapan ini dalam mendukung pencapaian Rencana Induk Penelitian UMMagelang disajikan pada [Gambar 1.1.](#) sebagai berikut.



Gambar 1.1. Letak Strategis riset yang diusulkan terhadap pencapaian Riset Unggulan UMMagelang

Tinjauan pustaka tidak lebih dari 1000 kata dengan mengemukakan *state of the art* dan peta jalan (*road map*) dalam bidang yang diteliti. Bagan dan *road map* dibuat dalam bentuk JPG/PNG yang kemudian disisipkan dalam isian ini. Sumber pustaka/referensi primer yang relevan dan dengan mengutamakan hasil penelitian pada jurnal ilmiah dan/atau paten yang terkini. Disarankan penggunaan sumber pustaka 10 tahun terakhir.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Isu Internasional dan Nasional Terkait Teknologi Otomotif

Isu internasional tentang pengurangan emisi gas buang dan peningkatan efisiensi bahan bakar telah menjadi target sasaran pengembangan teknologi otomotif nasional [15-16]. Pengurangan konsumsi bahan bakar konvensional dan target penggunaan kendaraan listrik (EVs) dan sel bahan bakar (FCs) telah masuk dalam roadmap GAIKINDO. Namun demikian, teknologi EVs dan FCs memiliki kelemahan diantaranya belum tersedia infrastruktur yang handal serta harga produk (*Total Cost Ownership*, TCO) yang sangat tinggi [1]. Pengembangan teknologi propulsi lain juga telah dilakukan dengan mengintegrasikan antara mesin pembakaran dalam (ICE) dengan motor listrik (*hybrid technology*). Teknologi ini memiliki efisiensi bahan bakar cukup baik, namun harganya masih relatif mahal serta respon mesin yang kurang baik [17].

Selanjutnya, trend perkembangan industri otomotif nasional pada tiga tahun terakhir secara keseluruhan telah berorientasi pada *low emission* dan *fuel economy* [18]. Kebijakan ini membawa

perubahan dari tipe *Electronic Fuel Injection* (EFI) konvensional ke tipe *Low Cost Green Car* (LCGC). Setelah LCGC berhasil diterapkan, dilanjutkan dengan implementasi kebijakan *Low Carbon Emission Program* (LCEP). Walaupun perkembangan teknologi kendaraan telah mengarah pada LCGC dan LCEP, namun pembakaran pada campuran kurus (*lean combustion*) untuk menekan emisi CO₂ masih belum tercapai untuk beberapa jenis kendaraan. Terlebih jika pengujiannya menggunakan siklus NEDC, baik untuk kategori *urban driving cycle* (UDC) maupun *extra urban cycle* (EUDC).

Perkembangan teknologi kontrol *Air to Fuel Ratio* (AFR) saat ini mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Aplikasi *compensator closed loop system* dengan variasi *time delay filter PID* telah mampu mengendalikan AFR dengan baik untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar, seperti yang telah dilaporkan oleh Ebrahimi et al. [19]. Pada penelitian lain, peningkatan efisiensi bahan bakar dilakukan dengan algoritma genetik dengan kendali dari luar mesin (sistem rem dan transmisi) juga menunjukkan hasil yang lebih baik dari pengendalian ECU standar [20-21]. Namun demikian, sistem kontrol AFR yang dilaporkan oleh mayoritas peneliti baru diaplikasikan untuk kendaraan dengan bahan bakar bensin. Informasi terkait sistem kontrol untuk kendaraan berbahan bakar LPG masih terbatas, dua diantaranya adalah hasil simulasi oleh pengusul [22-23].

2.2. Review Penelitian Kendaraan Berbahan Bakar LPG

LPG memang telah terbukti lebih menjanjikan daripada bensin karena kandungan carbon yang lebih rendah dan nilai oktan yang tinggi sehingga bisa digunakan untuk mesin-mesin dengan kompresi tinggi untuk menghasilkan efisiensi thermal yang lebih baik. Penurunan emisi dari kendaraan LPG dibandingkan bensin memang sangat bervariasi, tergantung dari teknologi yang diaplikasikan, jenis kendaraan, kandungan LPG, dan standar pengujiannya. Namun demikian, secara umum emisinya lebih rendah daripada penggunaan bensin [24-27].

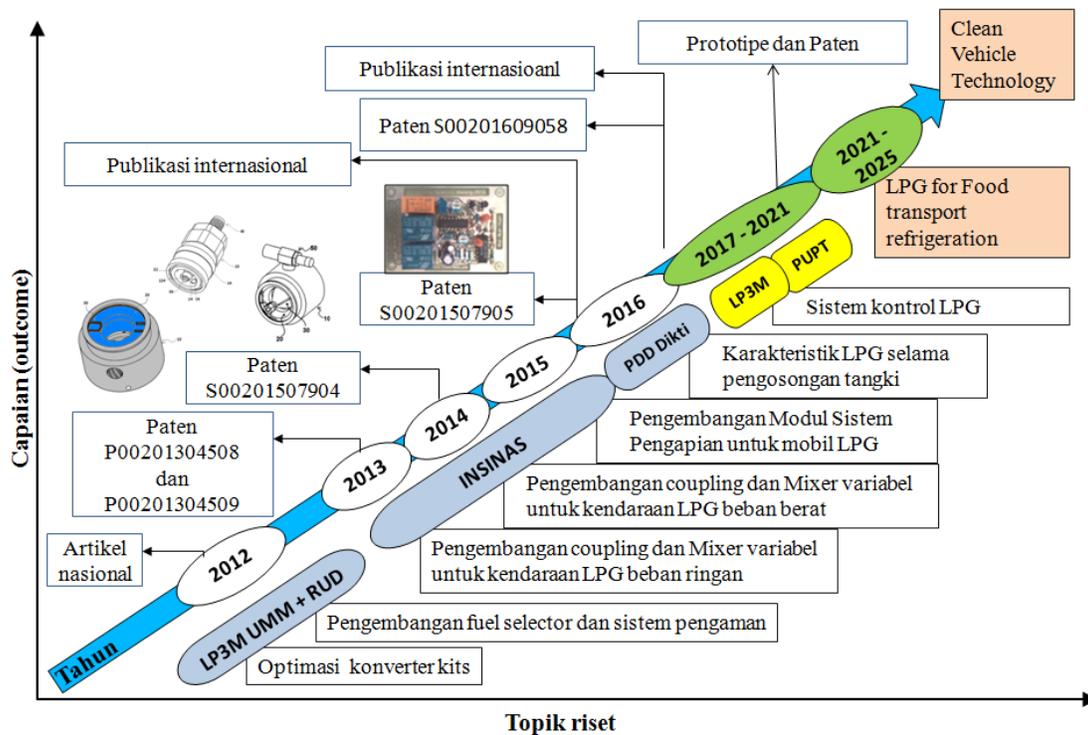
Penelitian tentang aplikasi LPG kaitannya dengan performa mesin juga sudah banyak dilakukan dengan berbagai variabel [24-30]. Studi eksperimental oleh pengusul selama tahun 2012-2016 telah menghasilkan berbagai temuan, namun masih bersifat parsial. Penggunaan mixer variabel telah terbukti menghasilkan daya yang mendekati daya dengan bensin [35]. Namun demikian, pengujian emisi baru dilakukan pada kondisi stasioner tanpa beban, sehingga emisi pada saat deselerasi yang menjadi pokok masalah dalam usulan penelitian ini belum terkonfirmasi. Pada penelitian yang lain [36], rekayasa kontrol LPG telah menghasilkan sistem *deceleration fuel cut off* untuk kendaraan LPG dengan konverter kits generasi pertama, namun studi ini masih berada pada skala modeling sehingga pada kondisi riil juga belum terkonfirmasi. Jumlah sensor yang dilibatkan dalam studi ini juga masih terbatas.

Lebih lanjut, aliran bahan bakar (LPG) ke mesin modern tidak hanya dikontrol oleh kebutuhan mesin, namun juga melibatkan umpan balik dari perilaku dan dinamika gerak kendaraan. Sebagai contoh, saat deselerasi atau saat kendaraan melaju pada turunan tanpa beban, sistem *fuel cut-off* harus diaktifkan untuk mengurangi emisi. Sebaliknya, saat akselerasi dan beban berat, aliran LPG harus ditambahkan secara proporsional agar torsi dan daya mesin besar namun

AFR nya terkontrol. Dengan demikian, penelitian terapan ini memiliki arti penting untuk mengintegrasikan teori-teori yang ada dan pengalaman-pengalaman riset yang sudah dilakukan sebagai modal untuk pembuatan sistem kontrol yang mampu untuk dilakukan uji terap pada lingkungan yang sebenarnya.

2.3. Rekam jejak dan road map riset tim peneliti

Penelitian dan pengembangan kendaraan berbahan bakar LPG telah dilaksanakan oleh tim peneliti sejak tahun 2012. Sepanjang tahun 2012-2018, tim mobil bahan bakar LPG Universitas Muhammadiyah Magelang telah menghasilkan 7 paten dan 13 artikel internasional yang diterbitkan oleh jurnal internasional bereputasi, jurnal terakreditasi, dan dimuat dalam prosiding internasional terindeks database bereputasi. Rekam jejak penelitian di bidang kendaraan LPG selama tahun 2012-2018 yang dilakukan oleh tim peneliti, yang sedang dilakukan, sedang diusulkan, dan target tahun 2015 disajikan pada Gambar 2.1. Pada sisi horisontal menunjukkan topik-topik penelitian yang sesuai dengan RIP, sementara pada sisi vertikal menunjukkan luaran-luaran yang telah dihasilkan.



Gambar 2.1. Track record dan road map penelitian

Metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan ditulis tidak melebihi 600 kata. Bagian ini dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Bagan penelitian harus dibuat secara utuh dengan penahapan yang jelas, mulai dari awal bagaimana proses dan luarannya, dan indikator capaian yang ditargetkan. Di bagian ini harus juga mengisi tugas masing-masing anggota pengusul sesuai tahapan penelitian yang diusulkan.

METODE

3.1. Peta Rencana (*Roadmap*) Penelitian

Rencana penelitian terapan ini dilakukan selama dua tahun. **Tahun pertama** fokus untuk mengembangkan prototipe sistem kontrol LPG dengan kegiatan yang mencakup:

1. Merancang sistem kendali dan melakukan uji laboratorium secara terpisah terhadap komponen-komponen yang dikembangkan.
2. Melakukan uji komponen dan *interface*-nya (melalui pemodelan dan simulasi) untuk tujuan integrasi komponen-komponen.
3. Melakukan integrasi terhadap komponen-komponen teknologi, dan diperoleh prototype skala laboratorium.

Target capaian yang terukur pada tahun pertama adalah prototipe sistem pengendali aliran LPG yang responsif berdasarkan data variasi AFR LPG pada berbagai kondisi kerja kendaraan. Pada akhir kegiatan riset tahun pertama ini, outcome-nya adalah sebuah invensi paten terdaftar.

Pada **tahun kedua**, penelitian dilanjutkan dengan mengintegrasikan sistem agar mampu bekerja dengan akurasi tinggi (*high fidelity*) dan siap diuji pada lingkungan nyata/simulasi pada chassis dynamometer. Target penelitian tahun kedua adalah dokumen hasil uji terap prototype pada lingkungan yang sebenarnya. Secara umum *outline* kegiatan riset Tahun 1 dan Tahun 2 disajikan dalam [Gambar 3.1](#).

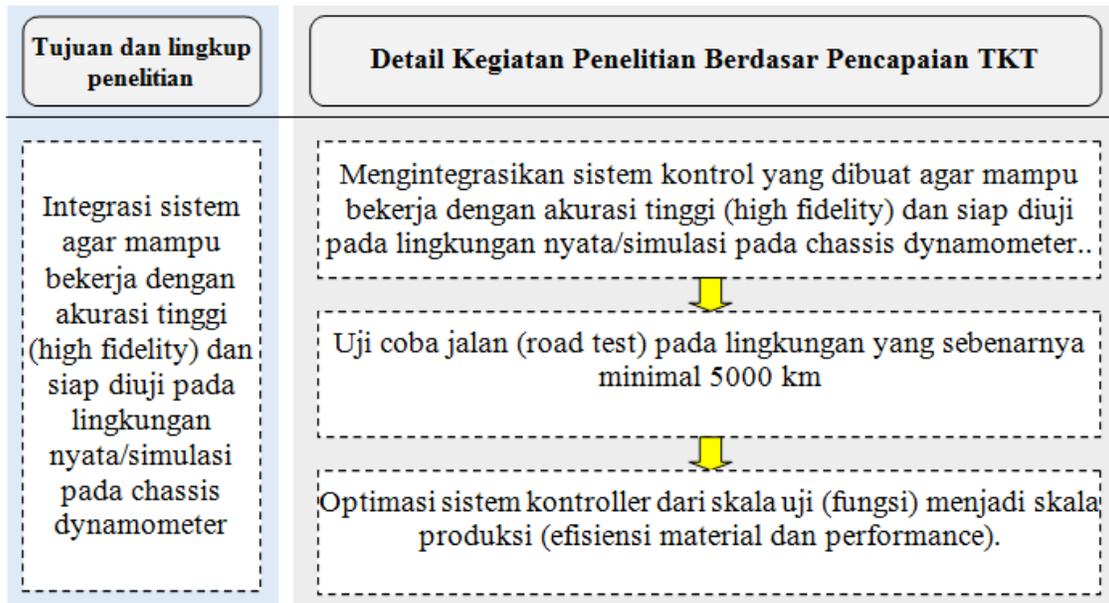
Tahap Penelitian	Lingkup Kegiatan	Target Capaian	Outcome
Tahun 1	Rancang bangun sistem kontrol LPG pada kendaraan <i>Bi-fuel</i> (LPG Bensin) yang bekerja berdasarkan informasi mesin, transmisi, dan sistem rem (sistem parsial)	<ul style="list-style-type: none"> Data berbagai variasi <i>AFRLPG</i> pada berbagai kondisi kerja kendaraan Prototipe skala laboratorium. <p style="text-align: center;">TRL/TKT level 4</p>	.Prototipe teknologi yang dipatenkan (register)
Tahun 2	Integrasi sistem agar mampu bekerja dengan akurasi tinggi (high fidelity) dan siap diuji pada lingkungan nyata/simulasi pada chassis dynamometer	Dihasilkan prototipe yang siap diuji pada lingkungan nyata/simulasi pada chassis dynamometer	<ol style="list-style-type: none"> Hasil uji terap prototype pada skala yang sesungguhnya Publikasi pada jurnal internasional bereputasi <p style="text-align: center;">TRL/TKT level 5</p>

Gambar 3.1 Road map penelitian (Tahun 1 dan 2).

Kemudian, detail kegiatan setiap tahunnya disajikan dalam Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 secara berurutan. Secara khusus, kegiatan riset tahun pertama adalah mengejar ketercapaian TKT pada level 4 dan kegiatan riset tahun kedua mengejar ketercapaian TKT pada level 5 (intermediate).

Tujuan dan lingkup penelitian	Detail Kegiatan Penelitian Berdasar Pencapaian TKT
Rancang bangun sistem kontrol LPG pada kendaraan <i>Bi-fuel</i> (LPG Bensin) yang bekerja berdasarkan informasi mesin, transmisi, dan sistem rem (sistem parsial)	Merancang sistem kendali dan melakukan uji laboratorium secara terpisah terhadap komponen-komponen yang dikembangkan.
	Melakukan uji komponen dan interface-nya (melalui pemodelan dan simulasi) untuk tujuan integrasi komponen-komponen yang dibuat.
	Melakukan integrasi terhadap komponen-komponen sistem kontrol yang dibuat untuk menghasilkan prototype skala laboratorium.

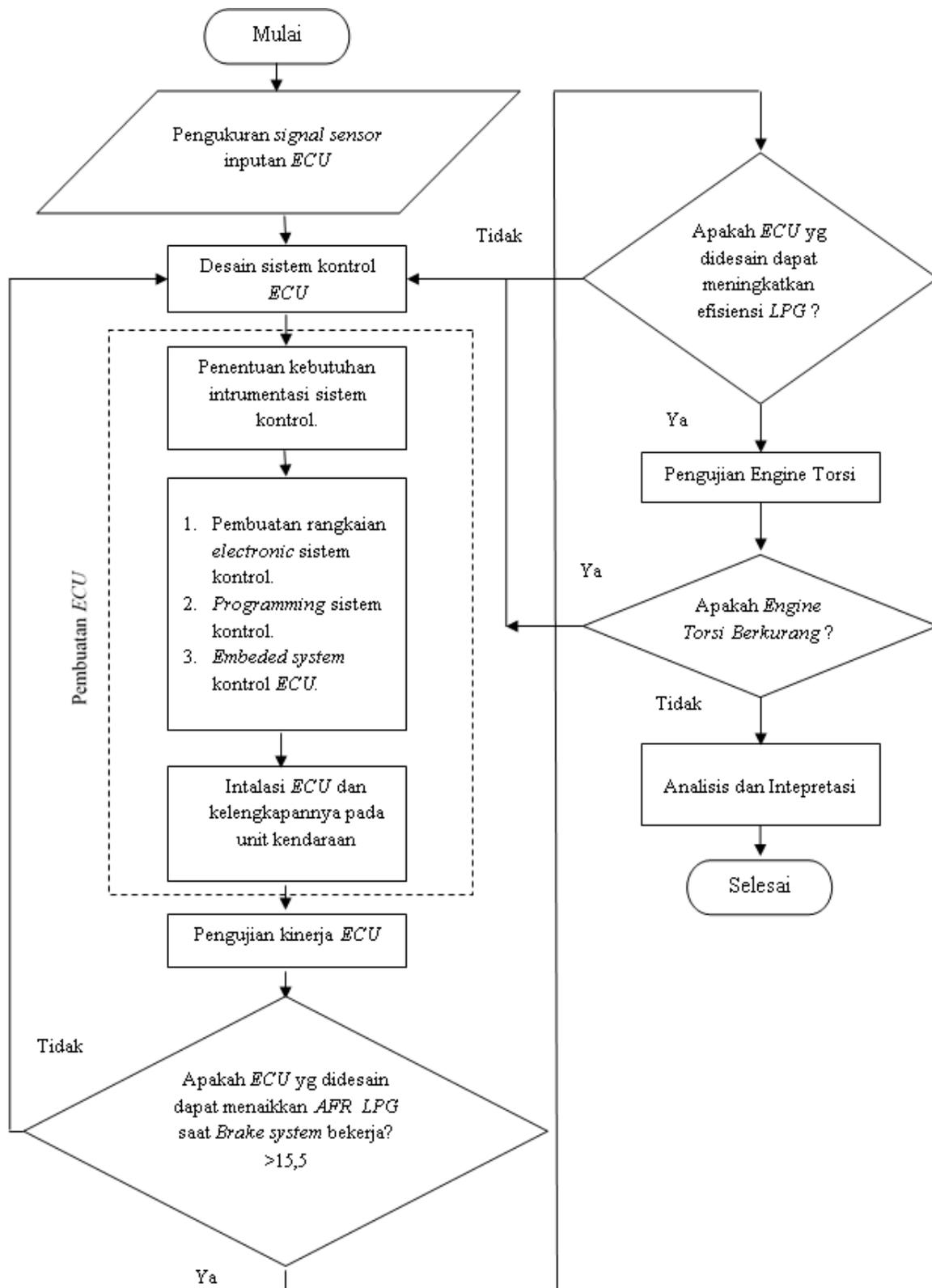
Gambar 3.2 Peta rencana penelitian tahun pertama



Gambar 3.3 Peta rencana penelitian tahun kedua

3.2. Flow Chart Perancangan LPG Controller

Alur kegiatan perancangan prototipe sistem kontrol aliran LPG pada vaporizer ini sebagaimana disajikan dalam [Gambar 3.4](#) sebagai berikut.



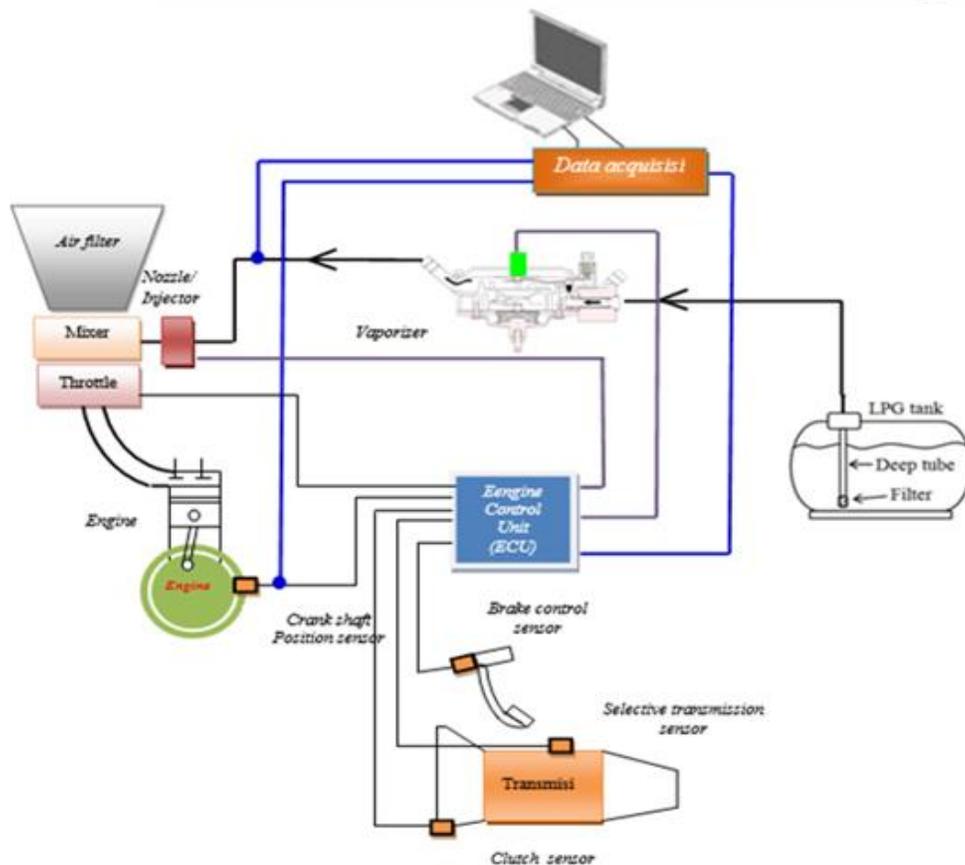
Gambar 3.4 Flow chart Alur Proses Penelitian.

3.3. Set up uji validasi dan Peralatannya

Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah :

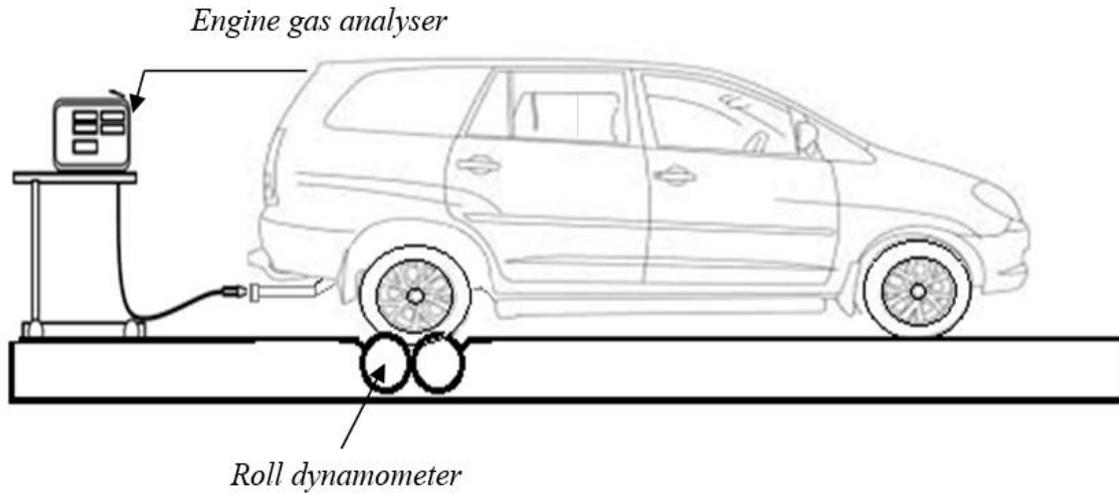
- Alat bantu desain sistem kontrol (*Software Matlab/ Simulink, Microsoft Visio*).
- Data acuisisi (*LabView*).
- Alat ukur (*Multi tester, Test lamp dan Oscilloscope*).
- Alat uji (*Dynamo meter, Engine Gas Analyser*)
- Alat olah data.
- Alat bantu elektronik.

Set-up peralatan riset untuk uji validasi dari kinerja prototipe disajikan dalam [Gambar 3.5](#). Pengujian akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang.

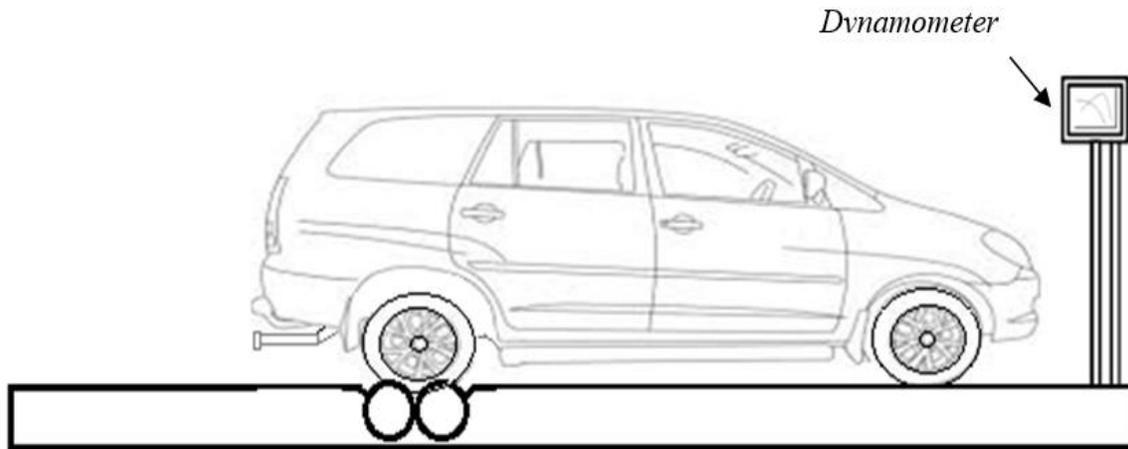


Gambar 3.5. Set up uji validasi LPG controller

Selanjutnya, prototipe yang dikembangkan dilakukan uji dalam chassis dynamometer untuk memvalidasi daya mesin saat beban dan emisi saat deselerasi, sesuai dengan [Gambar 3.6](#) sebagai berikut. Pengujian torsi dan daya pada chassis dynamometer direncanakan akan dilakukan di Laboratorium Ototronic VEDC Malang (Mitra) dengan dynamometer HOFMANN.



Gambar 3.6 Skema Pengujian Emisi Gas Buang.



Gambar 3.7 Skema Pengujian Engine Torque.

Jadwal penelitian disusun dengan mengisi langsung tabel berikut dengan memperbolehkan penambahan baris sesuai banyaknya kegiatan.

JADWAL

Tahun ke-1

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Menyiapkan administrasi penelitian												
2.	Menyiapkan material penelitian												
3.	Merancang sistem kendali (controller)												
4.	Melakukan uji laboratorium secara terpisah terhadap komponen yang dikembangkan												

- Industrial Energy Structures in the Malaysian Economy : A Computable General Equilibrium Approach,” vol. 6, no. 1, pp. 88–97, 2016.
4. A. Kowalewicz and M. Wojtyniak, “Alternative fuels and their application to combustion engines,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers , Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 219, no. January 2005, pp. 103–125, 2005.
 5. G. Harrow, “Options for Alternative Fuels and Advanced Vehicles in Greensburg, Kansas,” 2008.
 6. ETSAP, “Automotive LPG and Natural Gas Engines,” © IEA ETSAP - Technology Brief T03, no. April, pp. 1–5, 2010.
 7. B. Erkus, A. Surmen, M. I. Karamangil, R. Arslan, and C. Kaplan, “The effect of ignition timing on performance of LPG injected SI engine,” *Energy Education Science and Technology Part a-Energy Science and Research*, vol. 28, no. 2, pp. 1199–1206, 2012.
 8. R. R. Saraf, S. S. Thipse, and P. K. Saxena, “Comparative Emission Analysis of Gasoline / LPG Automotive Bifuel Engine,” *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, vol. 1, no. 4, pp. 199–202, 2009.
 9. T. Tasic, P. Pogorevc, and T. Brajlilh, “Gasoline and Exhaust Emission Comparison,” *Advances in Production Engineering & Management*, vol. 6, no. 2, pp. 87–94, 2011.
 10. T. I. Mohamad, M. Jermy, A. K. Vuorenskoski, and M. Harrison, “The effects of propane and gasoline sprays structures from automotive fuel injectors under various fuel and ambient pressures on engine performance,” *World Applied Sciences Journal*, vol. 18, no. 3, pp. 396–403, 2012.
 11. Z. Salhab, M. G. Qawasmi, H. Amro, M. Zalloum, M. S. Qawasmi, and N. Sharawi, “Comparative performance and emission properties of spark-ignition outboard engine powered by gasoline and LPG,” *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 47–52, 2011.
 12. H. Bayraktar and O. Durgun, “Investigating the effects of LPG on spark ignition engine combustion and performance,” *Energy Conversion and Management*, vol. 46, no. 13–14, pp. 2317–2333, 2005.
 13. B. Setiadi, “Agenda Riset Nasional 2016 - 2019,” 2016. .
 14. Kemenristekdikti, *Rencana Induk Riset Nasional Tahun 2017-2045*. Jakarta, 2017.
 15. S. Karagiorgis, K. Glover, and N. Collings, “Control Challenges in Automotive Engine Management,” *European Journal of Control*, vol. 13, no. 2–3, pp. 92–104, Jan. 2007.
 16. I. Arsie, S. Di Iorio, and S. Vaccaro, “Experimental investigation of the effects of AFR, spark advance and EGR on nanoparticle emissions in a PFI SI engine,” *Journal of Aerosol Science*, vol. 64, pp. 1–10, 2013.
 17. N. a Kheir, M. a Salman, and N. J. Schouten, “Emissions and fuel economy trade-off for hybrid vehicles using fuzzy logic,” *Mathematics and Computers in Simulation*, vol. 66, no. 2–3, pp. 155–172, Jun. 2004.
 18. Gakindo, “Indonesia Automotive Industry: Report on 2013 Auto Market,” *Gakindo*, 2014. .
 19. B. Ebrahimi, R. Tafreshi, H. Masudi, M. Franchek, and J. Mohammadpour, “Control Engineering Practice A parameter-varying filtered PID strategy for air – fuel ratio control of spark ignition engines,” *Control Engineering Practice*, vol. 20, no. 8, pp. 805–815, 2012.
 20. A. Triwiyatno and E. W. Sinuraya, “Smart Controller Design of Air to Fuel Ratio (AFR)

- and Brake Control System on Gasoline Engine,” 2013.
21. V. Structures, “Modeling of Deceleration Fuel Cut-off for LPG Fuelled Engine using Fuzzy Logic Controller,” vol. 9, no. 4, pp. 261–265, 2017.
 22. M. Setiyo, S. Munahar, A. Triwiyatno, and J. D. Setiawan, “Modeling of deceleration Fuel cut-off for LPG fuelled engine using Fuzzy logic controller,” *International Journal of Vehicle Structures and Systems*, vol. 9, no. 4, 2017.
 23. M. Setiyo and S. Munahar, “AFR and fuel cut-off modeling of LPG-fueled engine based on engine, transmission, and brake system using fuzzy logic controller (FLC),” *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, vol. 8, pp. 50–59, 2017.
 24. J. Lau, W. T. Hung, and C. S. Cheung, “On-board gaseous emissions of LPG taxis and estimation of taxi fleet emissions,” *Science of the Total Environment*, vol. 409, no. 24, pp. 5292–5300, 2011.
 25. C. H. Lai, C. C. Chang, C. H. Wang, M. Shao, Y. Zhang, and J. L. Wang, “Emissions of liquefied petroleum gas (LPG) from motor vehicles,” *Atmospheric Environment*, vol. 43, no. 7, pp. 1456–1463, 2009.
 26. S. Alam, B. Hyde, P. Duffy, and A. McNabola, “Assessment of pathways to reduce CO2 emissions from passenger car fleets : Case study in Ireland,” *Applied Energy*, vol. 189, pp. 283–300, 2017.
 27. P. Bielaczyc, A. Szczotka, and J. Woodburn, “A comparison of exhaust emissions from vehicles fuelled with petrol, LPG and CNG,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 148, no. 1, pp. 0–10, 2016.
 28. K. J. Morganti, M. J. Brear, Y. Yang, and F. L. Dryer, “ScienceDirect The autoignition of Liquefied Petroleum Gas (LPG) in spark-ignition engines,” *PROCEEDINGS OF THE COMBUSTION INSTITUTE*, 2014.
 29. C. Myung, K. Choi, J. Kim, Y. Lim, J. Lee, and S. Park, “Comparative study of regulated and unregulated toxic emissions characteristics from a spark ignition direct injection light-duty vehicle fueled with gasoline and liquid phase LPG (lique fi ed petroleum gas),” *Energy*, vol. 44, no. 1, pp. 189–196, 2012.
 30. L. Raslavi, S. Mockus, N. Ker, and M. Starevi, “Lique fi ed petroleum gas (LPG) as a medium-term option in the transition to sustainable fuels and transport,” vol. 32, pp. 513–525, 2014.
 31. F. Van Den Schoor, P. Middha, and E. Van Den Bulck, “Risk analysis of LPG (liquefied petroleum gas) vehicles in enclosed car parks,” *Fire Safety Journal*, vol. 57, pp. 58–68, 2013.
 32. S. Chikhi, M. Boughedaoui, R. Kerbachi, and R. Joumard, “ScienceDirect On-board measurement of emissions from liquefied petroleum gas , gasoline and diesel powered passenger cars in Algeria,” *JES*, vol. 26, no. 8, pp. 1651–1659, 2014.
 33. C. P. Cho, O. S. Kwon, and Y. J. Lee, “Effects of the sulfur content of liquefied petroleum gas on regulated and unregulated emissions from liquefied petroleum gas vehicle,” *FUEL*, vol. 137, pp. 328–334, 2014.
 34. J. Kim, K. Kim, and S. Oh, “An assessment of the ultra-lean combustion direct-injection LPG (lique fi ed petroleum gas) engine for passenger-car applications under the FTP-75 mode,” *Fuel Processing Technology*, 2016.
 35. M. Setiyo, B. Waluyo, M. Husni, and D. W. Karmiadi, “Characteristics of 1500 CC LPG

fueled engine at various of mixer venturi area applied on Tesla A-100 LPG vaporizer,” *Jurnal Teknologi*, 2016.

36. M. Setiyo and S. Munahar, “AFR and fuel cut-off modeling of LPG-fueled engine based on engine, transmission, and brake system using fuzzy logic controller (FLC),” *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 2017.