

MONOGRAF

ANALISIS PENGEMBANGAN *ENGINE CONTROL UNIT (ECU) MODELLING* UNTUK PENGENDALIAN BAHAN BAKAR BERDASARKAN *DRIVER BEHAVIOUR* PADA *PASSENGER CAR*



Penulis
Suroto Munahar, ST., MT.

Editor
Bagiyo Condro P., ST., M.Eng

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. Peggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Peggandaan 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).

Analisis Pengembangan *Engine Control Unit (ECU) Modelling* Untuk Pengendalian Bahan Bakar Berdasarkan *Driver Behaviour* Pada *Passenger Car*

ISBN: 978-623-7261-53-7


Hak Cipta 2017 pada Penulis

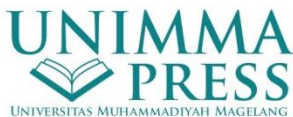
Hak penerbitan pada UNIMMA PRESS. Bagi mereka yang ingin memperbanyak sebagian isi buku ini dalam bentuk atau cara apapun harus mendapatkan izin tertulis dari penulis dan penerbit UNIMMA PRESS.

Penulis:

Suroto Munahar, ST., MT. 

Editor:

Bagiyo Condro P., ST., M. Eng 



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

Kata Pengantar

Kendaraan hemat energi yang nyaman menjadi kebutuhan penting dalam bidang transportasi. Hal ini menjadi esensial karena kebutuhan energi yang tidak terelakkan. Maka dari itu, Monograf ini menyajikan hasil penelitian tentang Pengembangan teknologi hemat energi yang mendukung kenyamanan pengemudi/pengguna kendaraan. Penelitian yang dilakukan bersifat model, namun model yang dirancang memiliki ketelitian lebih baik karena divalidasi oleh sistem yang nyata.

Hasil simulasi pemodelan sistem kontrol yang dirancang, menunjukkan bahwa keinginan pengemudi (pengguna kendaraan) dapat dikenali melalui perilaku pengemudi. Rekognisi keinginan pengemudi dapat dilakukan melalui aplikasi *artificial intteligent*. *Artificial intteligent* bekerja berdasarkan tiga masukan yaitu perilaku pengereman, kemudi dan pembukaan *throttle valve*. Keluaran sistem kontrol berupa profil perilaku pengemudi yang digunakan untuk mengendalikan penghematan bahan bakar atau tenaga yang dibutuhkan. Sistem kontrol mampu memberikan pengendalian yang baik terhadap perilaku pengemudi.

Kami mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Magelang yang telah membiayai penelitian ini melalui skema PRVI akselerasi. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada Univeritas Diponegoro Semarang yang telah membantu penelitian ini. monograf yang dibuat ini masih banyak kekurangan dalam segi substansi maupun penyajiannya. Untuk itu, kami mengharapkan saran dari para pembaca. Semoga monograf ini bermanfaat.

Magelang, Juli 2021

Penulis

Daftar Isi

<i>Kata Pengantar</i>	<i>iv</i>
<i>Daftar Isi</i>	<i>v</i>
<i>Acknowledgement</i>	<i>vii</i>
<i>Daftar Singkatan</i>	<i>viii</i>
1. <i>Pendahuluan</i>	9
1.1. Latar Belakang	9
1.2. Potensi Pengembangan Perilaku Pengemudi Sebagai Sistem Kontrol Untuk Pengendalian Bahan Bakar	11
1.3. Identifikasi Masalah	12
1.4. Perumusan Masalah.....	13
1.5. Dasar Pemikiran	13
1.6. Tujuan dan Urgensi Studi	14
2. <i>Kajian Pustaka</i>	15
3. <i>Metode</i>	21
3.1. Data Penelitian.....	21
3.2. Metode Penelitian.....	22
3.3. Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.4. Analisa Permasalahan Konsumsi Bahan Bakar.....	22
3.5. Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Penelitian	23
3.6. Kalibrasi	25
4. <i>Hasil dan Pembahasan</i>	27
4.1. Data Penelitian.....	27
4.2. Konsep Sistem Kontrol	28

4.3. Pengambilan Data.....	29
4.4. Pemodelan Sistem Kontrol Bahan Bakar	33
4.5. Hasil Simulasi.....	37
5. <i>Kesimpulan dan Rekomendasi</i>	41
<i>Daftar Referensi</i>	42
Lampiran 1. Modul Data akusisi dan Aplikasinya.....	46
Lampiran 2. Sensor Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	47
Lampiran 3. Sertifikat Bukti Kalibrasi	48
Lampiran 4. Validasi Sensor Dengan Tachometer.....	50
<i>Glosarium</i>	51
<i>Indeks</i>	52
<i>Profil Penulis dan Editor</i>	53

Acknowledgement

Monograf ini merupakan luaran dari Penelitian Revitalisasi Visi Institusi (PRVI) tahun 2021 yang dibiayai oleh dibiayai oleh Universitas Muhammadiyah Magelang dengan Anggaran Pendapatan dan Belanja Universitas (APBU) tahun akademik 2020/2021.

Daftar Singkatan

AFR	<i>Air to Fuel Ratio</i>
AV, HV	<i>Autonomous Vehicle, Human-driven Vehicle</i>
CNG	<i>Compressed Natural Gas</i>
COMP	<i>Cam Shaft Position Sensor</i>
CVDS-IDM	<i>Connected Vehicle Driving Strategy With Intelligent Pengemudi Model</i>
CPU	<i>Central processing unit</i>
EVc	<i>Electric Vehicle</i>
FCs	<i>Fuel Cells Vehicle</i>
FCW	<i>Forward Vehicle Collision Warning</i>
FLC, ANN	<i>fuzzy logic controller, artificial neural network</i>
HVc	<i>Hybrid Vehicle (HVc).</i>
ICE	<i>Internal Combustion Mesin (ICE).</i>
I/O	<i>Input, Output</i>
LPG	<i>Liquid Petroleum Gas</i>
LNG	<i>liquefied natural gas</i>
MATLAB	<i>Matrix Laboratory</i>
MLP	<i>Multiple Layer Perceptron</i>
RAM, ROM	<i>Random Access Memory, Read Only Memory</i>
RBF	<i>Radial Basis Function</i>
SA	<i>Spark Advance</i>
SACI	<i>Spark-Assisted Compression Ignition</i>
OPEC	<i>Organization of the Petroleum Exporting Countries</i>

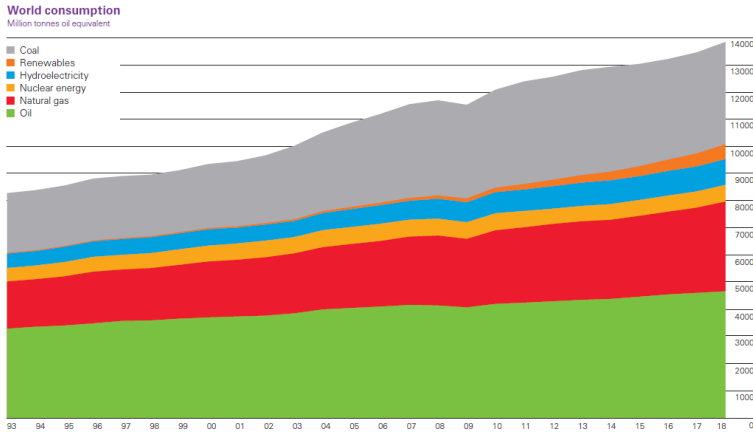
Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

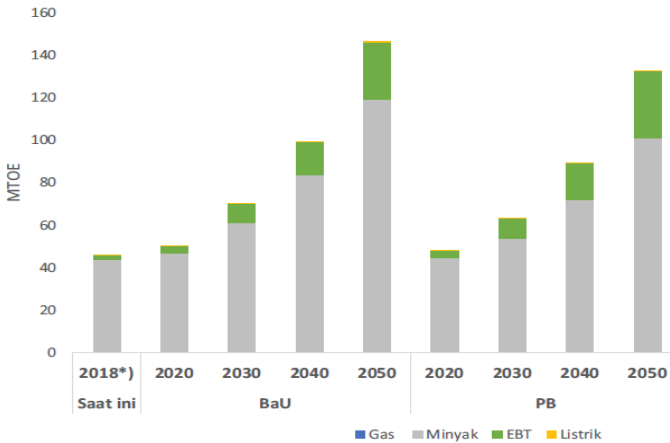
Performa mesin dan mesin hemat energi menjadi orientasi perkembangan teknologi otomotif selama 30 tahun terakhir (Uslu & Celik, 2020); (Karagiorgis et al., 2007). Hal ini menjadi topik yang menarik dalam perbincangan para periset dunia karena permasalahan keterbatasan energi dan tuntutan kebutuhan pengguna teknologi otomotif. Topik ini menjadi orientasi arah pengembangan teknologi karena dilatarbelakangi oleh konsumsi energi global yang terus mengalami peningkatan sangat signifikan. Peningkatan ini terjadi di berbagai jenis energi, terutama didominasi oleh energi minyak. Pertumbuhan konsumsi energi dari tahun 2010 mengalami peningkatan sangat signifikan. Konsumsi energi global telah mengalami kenaikan sebesar 2,9% pada tahun 2018. Grafik pertumbuhan konsumsi energi di tingkat global disajikan dalam [Gambar 1.1](#).

Peningkatan konsumsi energi saat ini juga terjadi di ranah nasional. Permintaan energi paling banyak terjadi di sektor transportasi. Prediksi permintaan energi transportasi berdasarkan pada skenario BaU dan skenario PB. Skenario BaU merupakan skenario nasional yang mengacu pada target-target dalam RIPIN 2015-2035 dan Renstra masing-masing

kementerian yang disesuaikan dengan realisasi saat ini. Skenario PB merupakan asumsi pertumbuhan ekonomi dan populasi yang mengacu pada skenario BaU. Prediksi konsumsi energi nasional di bidang transportasi terlihat dalam [Gambar 1.2](#).



Gambar 1.1 Peningkatan konsumsi energi di tingkat global (Bob Dudley, 2019).



Gambar 1.2 Prediksi permintaan energi nasional di bidang transportasi selama 20 tahun ke depan (Siswanto, 2019).

Kondisi meningkatnya konsumsi energi minyak tidak sebanding dengan tingkat kesediaannya. Produksi energi minyak di tingkat global (non-OPEC) telah mengalami menurun setiap tahun sebesar 3,5% (Al-fattah, 2020). Selain itu, Produksi minyak dari negara - negara di bawah Organisasi Negara Pengekspor Minyak (OPEC) juga mengalami penurunan mencapai 2,95 juta barel per hari (Kutlu, 2020).

1.2. Potensi Pengembangan Perilaku Pengemudi Sebagai Sistem Kontrol Untuk Pengendalian Bahan Bakar

Pengemudi kendaraan ketika menjalankan kendaraan memiliki perilaku yang berbeda-beda. Hal ini tergantung dari kebutuhan, mood dan kecenderungan pengemudi. Secara empiris perilaku pengemudi sangat berpengaruh terhadap operasi kendaraan serta konsumsi bahan bakar. Perilaku pengemudi dalam mengendalikan kendaraan memiliki beberapa skema diantaranya perilaku *eco driving*, standar dan sport/akselerasi. Perilaku *eco driving* merupakan perilaku pengemudi ketika pengemudi mengoperasikan secara halus ketika kendaraan beroperasi di jalan perkotaan yang ramai (Vaezipour et al., 2018). Perilaku standar sebagai perilaku pengemudi ketika pengemudi mengendarai kendaraan di jalan pedesaan. Sedangkan perilaku sport merupakan perilaku pengemudi ketika pengemudi mengoperasikan kendaraan di jalan tol (Reinolsmann et al., 2019). Penelitian tentang perilaku pengemudi saat ini hanya sebatas digunakan untuk meningkatkan sistem keamanan dalam kendaraan (Grove et al.,

2019), pengendalian kendaraan (Mafeni et al., 2020), mengikuti kendaraan lain (Zhao et al., 2020) dan prediksi energi (Xing et al., 2020). Penelitian perilaku pengemudi untuk pengendalian energi bahan bakar saat ini belum dilakukan. Melihat kondisi ini perilaku pengemudi sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi sistem pengendali AFR. Untuk itu dalam penelitian ini mengusulkan bagaimana pengembangan sistem kontrol AFR berdasarkan perilaku pengemudi pada kendaraan dengan bahan bakar bensin dalam meningkatkan penghematan bahan bakar dan daya mesin.

1.3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah penelitian ada beberapa item, diantaranya:

- a. Daya mesin dan mesin hemat energi di bidang otomotif menjadi kebutuhan penting untuk perkembangan iptek.
- b. Peningkatan konsumsi energi dari skala global dan nasional yang berbanding terbalik terhadap produksi energi.
- c. Peningkatan jumlah kendaraan yang didominasi kendaraan berbahan bakar bensin yang sangat membutuhkan teknologi hemat bahan bakar dan daya mesin.
- d. Perilaku pengemudi merupakan perilaku yang sangat berpengaruh terhadap operasi kendaraan dan konsumsi bahan bakar.

1.4. Perumusan Masalah

Bagaimana mengembangkan *modelling* ECU yang dapat mengendalikan energi bahan bakar pada *passager car* berdasarkan *driver behavior*?

1.5. Dasar Pemikiran

Dasar pemikiran pelaksanaan studi ini adalah tentang kebutuhan daya mesin dan hemat energi, sebagaimana diuraikan sebagai berikut.

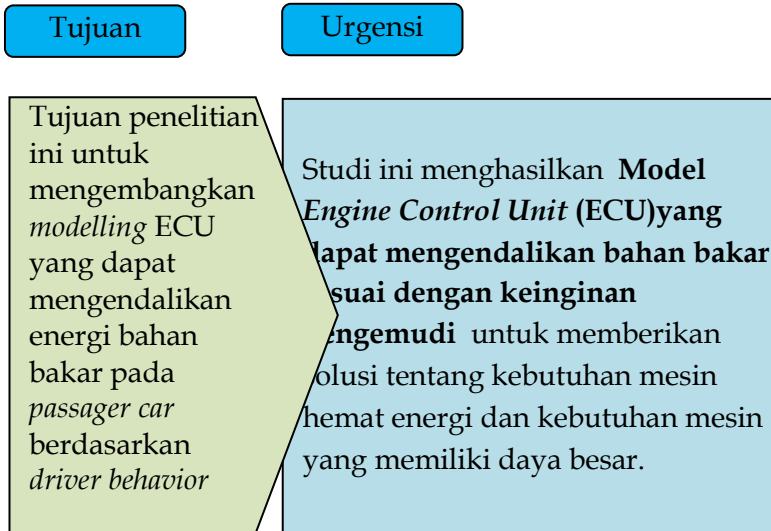
Daya mesin menjadi kebutuhan sangat esensial ketika pengemudi ingin mengoperasikan kendaraan secara cepat. Namun, kendaraan hemat energi menjadi kebutuhan sangat esensial juga mengingat ketersediaan jumlah, harga dan ketersediaan energi. Hal ini menjadi faktor yang keduanya saling bertolak belakang. Untuk menyelesaikan permasalahan ini, perlu teknologi cerdas yang dapat memberikan solusi pemecahan dari kedua kebutuhan tersebut.

Pemecahan masalah:

Untuk menyelesaikan kedua kebutuhan esensial tersebut maka perlu mengembangkan sistem kontrol bahan bakar yang bekerja berdasarkan perilaku pengemudi. Ketika pengemudi membutuhkan daya mesin yang besar, maka sistem kontrol dapat memberikan daya mesin yang cukup. Namun, ketika pengemudi membutuhkan kenyamanan dan penghematan energi maka sistem kontrol dapat memberikan penghematan bahan bakar yang baik.

1.6. Tujuan dan Urgensi Studi

Tujuan dan urgensi dari studi analisis kelayakan ini disajikan dalam **Gambar 1.3** sebagai berikut.



Gambar 1.3 Tujuan spesifik dan urgensi studi.

Kajian Pustaka

Pengembangan studi tentang perilaku pengemudi terhadap *car following*. Zhao (2020) melakukan experiment terhadap perilaku pengemudi ketika pengemudi mengikuti *Autonomous Vehicle* (AV) dan *Human-driven Vehicles* (HV). Variabel yang diamati pada karakteristik kecepatan konstan dan karakteristik kecepatan dinamis (Zhao et al., 2020). Hasil studi menunjukkan bahwa tanggapan pengemudi terhadap kendaraan yang diikuti tergantung kepada kepercayaan subjektif para pengemudi terhadap teknologi AV dari perilaku pengemudi yang sebenarnya. Sharma (2019) mengembangkan model perilaku pengemudi ketika pengemudi mengikuti kendaraan. Metode yang dilakukan menggunakan simulator *Connected Vehicle Driving Strategy With Intelligent Pengemudi Model* (CVDS-IDM) untuk mengamati perilaku pengemudi. Hasil studi menunjukkan bahwa pada saat pengemudi berada dalam kondisi lingkungan nyaman, maka pengemudi dapat menjalankan kendaraan secara aman dan efisien. Selain itu CVDS-IDM dapat memodelkan dan memprediksi dinamika *car following* kendaraan yang terhubung (Sharma et al, 2019). Fadhloun (2019) melakukan pengamatan terhadap perilaku pengemudi agar pengemudi dapat melakukan pengoperasian kendaraan secara aman melalui pola mode *car following* yang aman. Penelitian penggunaan perilaku pengemudi yang

dilakukan pengamatan hanya sebatas untuk pengembangan sistem safety (Fadhoun & Rakha, 2020). Penelitian ini fokus melakukan penyelidikan perilaku pengemudi pada saat pengemudi mengikuti kendaraan namun belum mempertimbangkan bagaimana perilaku pengemudi digunakan untuk pengendalian bahan bakar pada kendaraan.

Penyelidikan perilaku pengemudi sebagai dasar untuk mengembangkan sistem keamanan berkendara mulai dikembangkan. Grove (2019) dan Fung (2016) menganalisa perilaku pengemudi untuk mengendalikan laju kendaraan ketika pengemudi sedang mengantuk. Sistem yang dikembangkan dapat memberikan feedback kepada pengemudi ketika mengantuk, agar pengemudi segera mengendalikan kendaraan dengan benar. Perilaku pengemudi dikenali melewati kamera yang dipasang pada ruang pengemudi (Grove et al., 2019); (Fung & Dick, 2016). Hong (2020) melakukan studi perilaku pengemudi untuk mengetahui pola bagaimana pengemudi mengendalikan kendaraan. Studi ini memberikan assessment kepada pengemudi agar pengoperasian kendaraan dapat meniru pola perilaku pengemudi yang aman (Hong et al., 2020). Martinelli (2020) merekam perilaku pengemudi melalui sensor yang dipasang dalam kendaraan. Jika sistem tidak mengenali perilaku pengemudi yang sesuai *data base*, maka kendaraan akan dimatikan. Sistem mengganggu kendaraan sedang kondisi dicuri (Martinelli et al., 2020). Yuan (2020) memperkenalkan *Forward Vehicle Collision Warning* (FCW)

adaptif sebuah sistem peringatan untuk menghindari tabrakan berdasarkan perilaku pengemudi yang abnormal (Yuan et al., 2020). Penelitian ini menggabungkan pengukuran jarak monoculer dan deteksi kendaraan yang tepat. Studi ini berorientasi pada studi perilaku pengemudi untuk pengendalian keamanan kendaraan, namun belum melakukan pengendalian energi dalam kendaraan. Moshav (2004) mengenalkan metode untuk menganalisa kinerja dan sikap pengemudi. Pola pengendalian pengemudi ketika berpindah jalur, pengereman dan membelok dijadikan sebagai sensor inputan data (Raz, Fleishman, & Mulchadsky, 2008). Penelitian yang dilakukan hanya untuk menentukan faktor kemampuan dan peringkat keselamatan pengemudi, namun belum pada pengendalian energi bahan bakar.

Mafeni (2020) dan Bando (2015) melakukan pengamatan terhadap pengaruh perilaku pengemudi yang beresiko pada kendaraan. Penelitian yang dilakukan untuk mengevaluasi pada praktik kesalahan perilaku pengemudi, diantaranya insiden pengereman kasar, pengereman ekstrem, dan kecepatan berlebih pada kendaraan (Mafeni et al., 2020); (Takashi Bando et al., 2015). Studi perilaku pengemudi pada *Electric Vehicle- EV* (Ashkrof et al., 2020). Ashkrof (2020) melakukan pengamatan terhadap perilaku pengemudi untuk pemilihan rute berkendara terhadap pengendalian kendaraan pada strategi pengisian baterai mobil listrik. Pengembangan pengendalian lateral kontrol pada kendaraan autonomous yang

dikembangkan berdasarkan perilaku pengemudi (Hongbo et al., 2017). Studi ini mengembangkan pengendalian lateral kontrol kemudi berdasarkan karakteristik perilaku pengemudi dengan cloud model. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pelacakan sudut kendaraan yang teliti dan efek kontrol sistem kemudi yang lebih baik jika dibandingkan dengan sistem kontrol lateral manual. Ketiga studi ini melakukan pengamatan perilaku pengemudi untuk pengendalian kendaraan, namun belum melakukan pengendalian pada konsumsi energi.

Perilaku pengemudi dikembangkan dengan sistem kontrol otomatis. Silver (2015) dan Yangsong (2019) memperkenalkan sistem otomatis pengenalan perilaku pengemudi. Sistem ini membandingkan antara perilaku pengemudi dengan *data base* pengemudi yang ada dalam sistem kontrol. Tujuan dari sistem yang dikembangkan untuk membatasi dan memberikan umpan balik kepada pengemudi yang mengendalikan kendaraan melebihi batas keselamatan (Silver & Lewis, 2015);(Yansong, et al., 2019). Julian (2017) membuat paten atas penemuannya dalam bidang sistem pengenalan perilaku pengemudi berdasarkan sensor *vision*. Hasilnya berupa perilaku pengemudi yang disimpan dalam data base komputer (Julian & Agrawal, 2017). Namun ketiga penelitian ini tidak mengendalikan sistem bahan bakar terhadap perilaku pengemudi.

Studi perilaku pengemudi di *traffic light* pada persimpangan jalan (Stogios et al., 2019). Stogios (2019) melakukan investigasi perilaku pengemudi terhadap perubahan emisi di jalan raya.

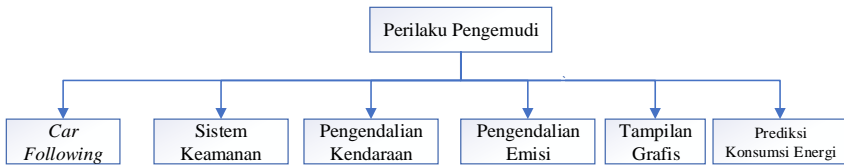
Perilaku pengemudi saat mengoperasikan kendaraan pada kondisi tertentu dapat menurunkan emisi sampai sebesar 26 %. Studi sistem perilaku pengemudi yang dikembangkan hanya masuk pada wilayah pengendalian emisi, namun belum melakukan pengendalian energi berdasarkan perilaku pengemudi.

Pengaruh perilaku pengemudi terhadap tampilan gambar grafis dan fotografis pada kendaraan (Kohl et al., 2020). Dalam penelitian ini Kohl (2020) menunjukkan secara empiris bahwa tampilan dalam gambar grafis/fotografis sangat mempengaruhi terhadap perilaku pengemudi yang aman. Kondisi ini sangat berbahaya terhadap keselamatan berkendara. Penelitian ini melakukan pengamatan perilaku pengemudi yang dipengaruhi oleh tampilan grafis dalam kendaraan, namun belum mempertimbangkan faktor konsumsi energi.

Studi perilaku pengemudi terhadap konsumsi energi. Xing (2020) melakukan penyelidikan perilaku pengemudi terhadap prediksi konsumsi bahan bakar (Xing et al., 2020). Penelitian yang dilakukan menganalisis konsumsi energi dan memprediksi konsumsi energi masa depan terhadap perilaku pengemudi. Hasil penelitian berupa indeks konsumsi energi masa depan dengan mempertimbangkan perilaku pengemudi yang berbeda. Penelitian ini memodelkan hubungan konsumsi energi perilaku pengemudi. Namun belum mengarah kepada pengendalian energi. Dari penelitian - penelitian yang telah dilakukan tentang perilaku pengemudi belum ada riset yang mengembangkan

sistem kontrol kendaraan yang mampu mempelajari perilaku pengemudi untuk mengatur konsumsi energi bahan bakar.

Perilaku pengemudi merupakan bagian vital dari operasi sistem kendaraan. Bagian ini sangat mempengaruhi terhadap jalannya kendaraan, baik dari tinjauan sisi keamanan, kenyamanan, keselamatan maupun konsumsi energi. Melihat hal ini para banyak peneliti dunia tertarik dengan tema perilaku pengemudi. Berdasarkan capaian riset saat ini tentang perilaku pengemudi dapat dijabarkan menjadi beberapa ruang lingkup, diantaranya ruang lingkup riset *car following*, sistem keamanan, pengendalian kendaraan, pengendalian emisi, tampilan grafis dan energi konsumsi. Ruang lingkup riset yang telah dilakukan terlihat dalam [Gambar 2.1](#).



Gambar 2.1 Ruang lingkup *state of the art* riset perilaku pengemudi yang telah dilakukan.

3

3.1. Data Penelitian

Data merupakan informasi atau kumpulan fakta yang diperoleh dari hasil pengukuran untuk keperluan tertentu/penelitian. Data dalam penelitian ada beberapa macam, diantaranya data *primer*, *sekunder* dan *tersier*.

a. Data *Primer*

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung yang dibutuhkan dalam penelitian. Penelitian ini menggunakan data primer yang langsung diukur untuk kebutuhan penyelesaian permasalahan penelitian, diantaranya data kecepatan pembukaan *throttle valve*, data kecepatan operasi pedal rem, data operasi *steering*.

b. Data *Sekunder*

Data sekunder merupakan data yang diperoleh tidak secara langsung atau melalui media lain yang dibutuhkan dalam penelitian. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data spesifikasi kendaraan, data spesifikasi alat ukur dan data spesifikasi komponen – komponen sistem kontrol.

c. Data *Tersier*

Data *tersier* merupakan data penunjang selain data primer dan sekunder yang dapat diperoleh melalui kamus, ensiklopedia

atau media lain yang diperlukan dalam penelitian. Data tersier yang digunakan dalam penelitian ini meliputi diantaranya data satuan energi konten dalam bahan bakar, data satuan tentang dinamika engine dan lain-lain.

3.2. Metode Penelitian

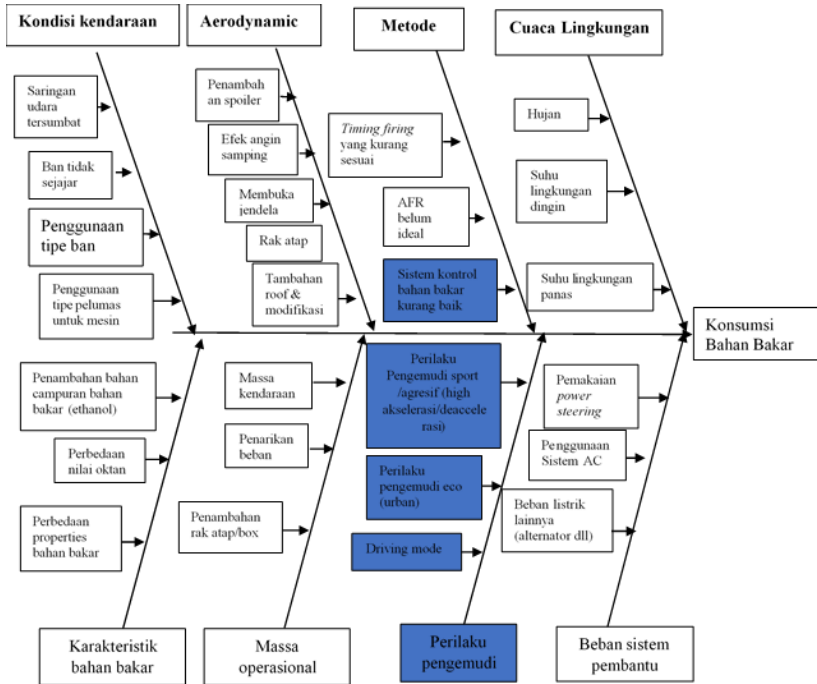
Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian ada beberapa tahapan, antara menganalisa permasalahan konsumsi bahan bakar, diagram alir penelitian dan lain - lain. Bagian-bagian metode penelitian dijelaskan secara terperinci dijabarkan mulai sub bab 3.3.

3.3. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan April - Juli 2021. Pelaksanaan tempat penelitian dilakukan di Laboratorium sistem kontrol otomasi di Magelang.

3.4. Analisa Permasalahan Konsumsi Bahan Bakar

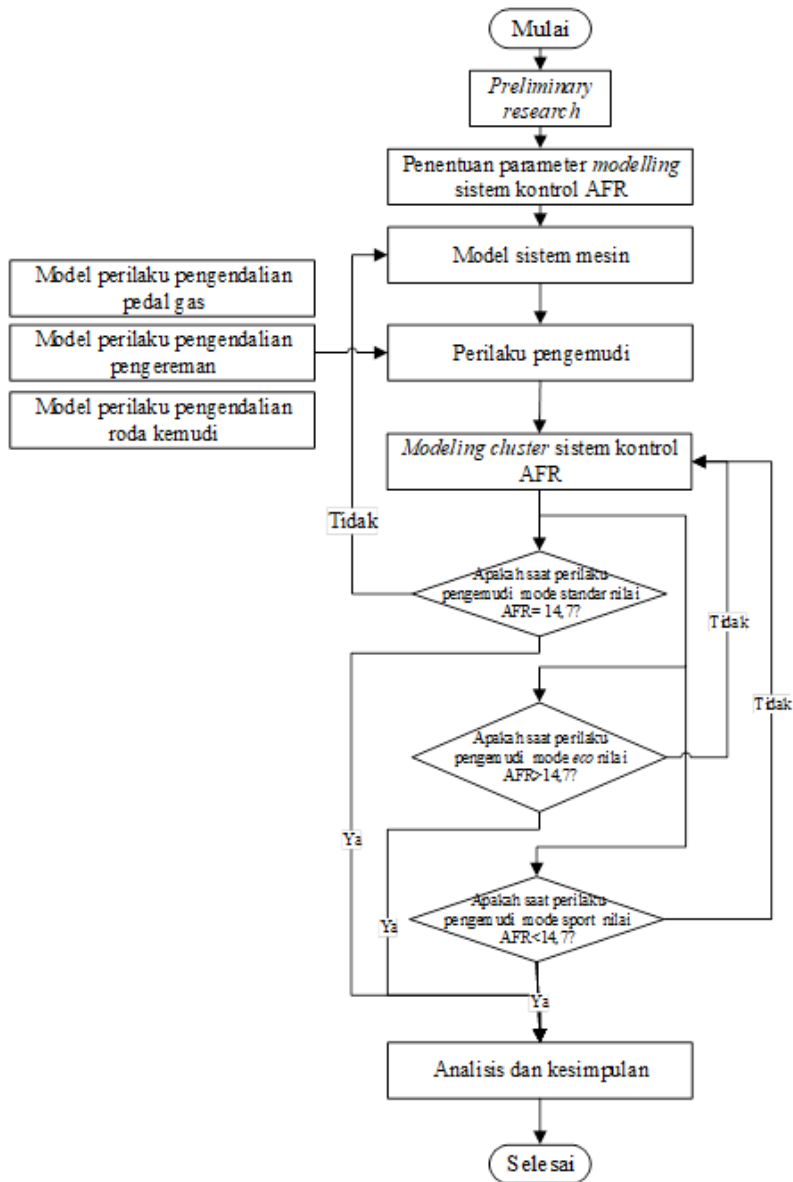
Analisa permasalahan konsumsi bahan bakar pada kendaraan menurut Zacharof (2016) ada beberapa faktor. Faktor ini terbagi menjadi beberapa item, diantaranya beban sistem pembantu, kondisi cuaca lingkungan, aerodynamics, kondisi kendaraan, masa operasional, perilaku pengemudi, kondisi jalan dan karakteristik bahan bakar (Zacharof & Fontaras, 2016);(Energy, 2020). Faktor - faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar disajikan dalam pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram *fishbone* untuk menganalisa akar permasalahan konsumsi bahan bakar.

3.5. Diagram Alir (Flow Chart) Penelitian

Diagram alir yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian ini disajikan dalam Gambar 3.2.



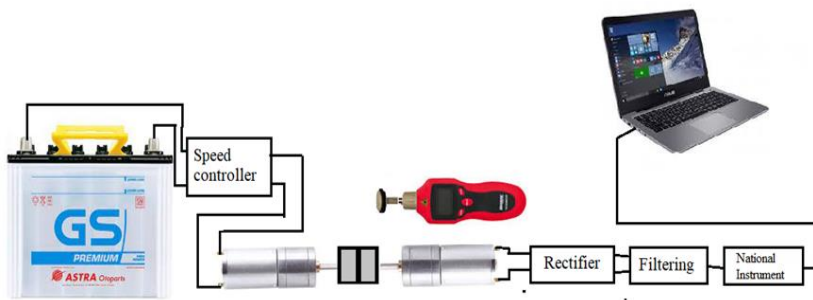
Gambar 3.2 Flow chart Penelitian.

3.6. Kalibrasi

Untuk menjamin sistem kontrol yang dibuat agar memiliki ketelitian yang baik, maka ada beberapa langkah yang dilakukan.

a. Validasi Inputan Pemodelan

Pemodelan yang dibuat pada penelitian ini memiliki 3 inputan, diantaranya percepatan pembukaan *throttle valve*, operasi pedal rem dan operasi *steering*. Percepatan ini diperoleh dari turunan pada pembacaan sensor kecepatan pembukaan *throttle valve*, operasi pedal rem dan operasi *steering*. Sensor untuk membaca kecepatan ini, terlebih dahulu di validasi menggunakan *tachometer*, dimana *tachometer* ini telah dilakukan kalibrasi. *Tachometer* difungsikan untuk mengukur *signal* yang dihasilkan oleh sensor kecepatan. *Signal* sensor kecepatan dibaca dan ditampilkan dalam software *LabVIEW*. *Signal* yang dibaca oleh *LabVIEW* selanjutnya disamakan dengan pembacaan *tachometer*. Konsep validasi sensor kecepatan disajikan dalam [Gambar 3.3.](#), sedangkan dokumentasi validasi sensor disajikan dalam [Lampiran 4.](#)



Gambar 3.3 Konsep validasi sensor.

b. Kalibrasi Alat Ukur

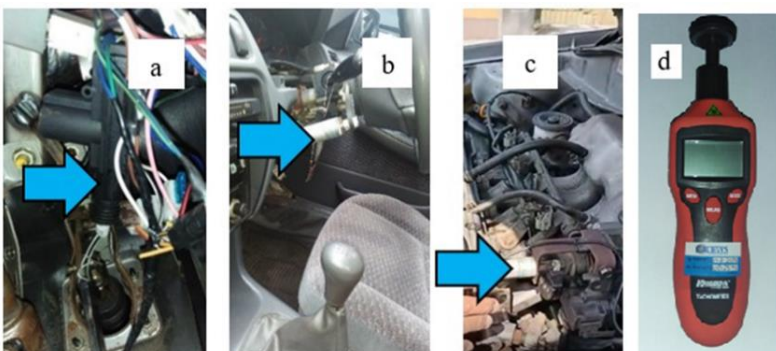
Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini telah dikalibrasi di PT. Caltesys Indonesia. Industri ini merupakan laboratorium yang bergerak di bidang kalibrasi dan testing yang telah terakreditasi KAN. Bukti hasil kalibrasi alat ukur disajikan dalam [Lampiran 3](#).

4

Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Penelitian

Penelitian ini dilakukan fokus untuk menyelesaikan permasalahan power mesin dan mesin hemat energi dari sisi pemodelan. Kegiatan yang dilakukan membuat model persamaan matematika. Model yang dibuat berupa persamaan matematika yang dibuat di software *MATLAB Simulink*. Validasi sistem model dilakukan dengan penyesuaian dengan alat ukur. Perilaku pengemudi yang diamati berdasarkan 3 parameter, diantaranya perilaku pengemudi dalam mengoperasikan pembukaan *throttle valve*, pengereman dan *steering*. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam [Gambar 4.1](#).

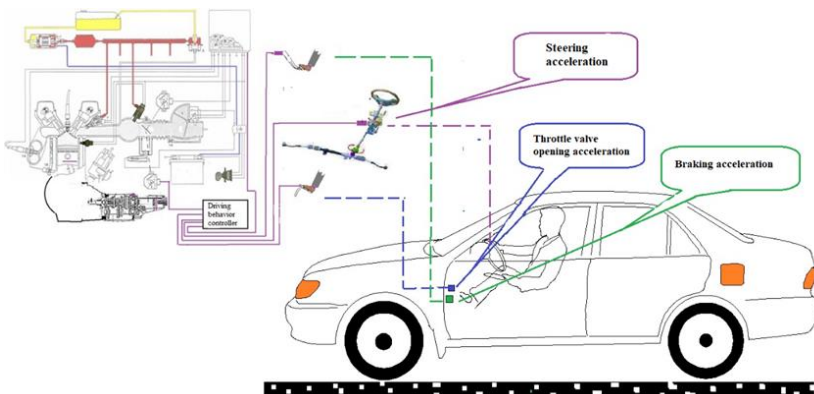


Gambar 4. 1 Sensor untuk membaca kecepatan pengereman (a), *steering* (b), pembukaan *throttle valve* (c) dan alat *tachometer* (d).

Tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan operasi *throttle valve*, pengereman dan *steering* dalam satuan *Rotation Per Minute (RPM)*. Satuan ini dirubah ke satuan *Rotation Per Seconds (RPS)*, kemudian dirubah ke *milimeter/seconds*. *Milimeter/seconds* ini diperoleh dari ukuran lingkaran Data kecepatan hasil pengukuran dengan *tachometer*, selanjutnya dirubah menjadi percepatan (*acceleration*) dalam satuan *milimeter/seconds²*.

4.2. Konsep Sistem Kontrol

Konsep sistem kontrol yang dikembangkan untuk mengendalikan bahan bakar berdasarkan perilaku pengemudi disajikan dalam [Gambar 4.2](#). Perilaku pengemudi dari parameter mengoperasikan pedal gas, roda kemudi dan pedal rem dikompilasi menjadi satu kesatuan perilaku pengemudi yang digunakan untuk mengendalikan bahan bakar.



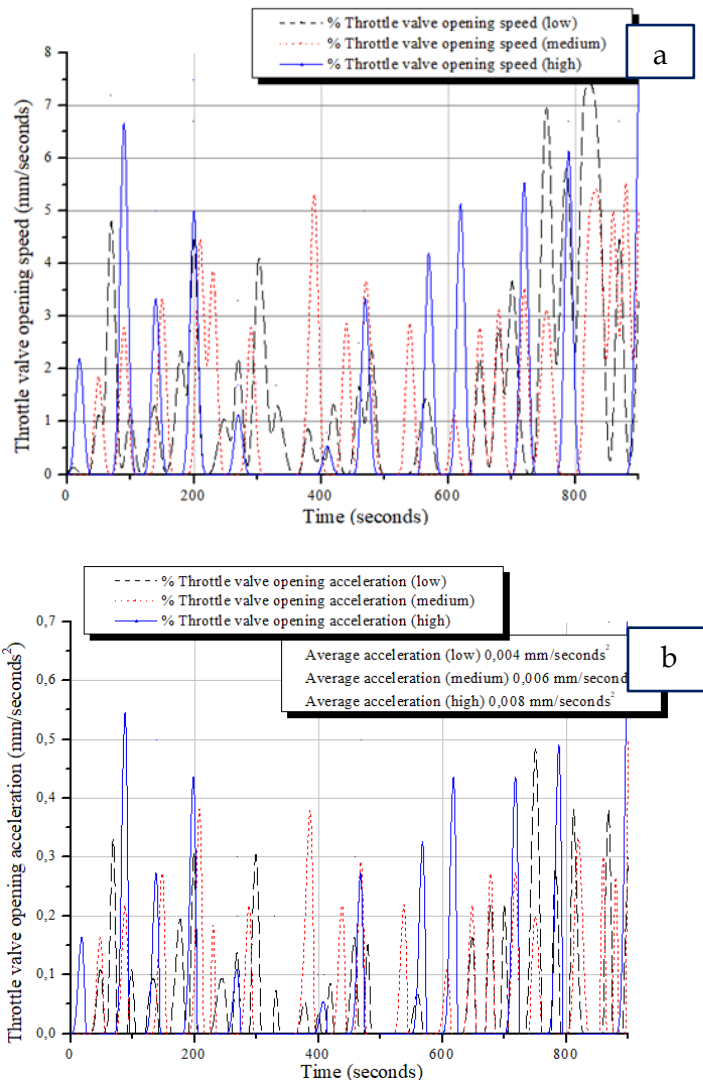
Gambar 4.2 Konsep sistem kontrol untuk mengendalikan bahan bakar berdasarkan perilaku pengemudi.

4.3. Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan data akuisisi. Microcontroller yang diaplikasikan untuk membaca data menggunakan *National Instrument* tipe 6008 yang disajikan dalam Lampiran 1. Software untuk koneksi data menggunakan *LabVIEW* yang bekerja berdasarkan bahasa grafis dan matematika. *LabVIEW* merupakan software yang cukup kompatibel untuk menyelesaikan tugas sebagai data akuisisi. Tahun 2016 awal *LabVIEW* tidak hanya sebagai software data akuisisi, namun dapat digunakan sebagai sistem kontrol. Software data akuisisi yang dirancang disajikan dalam [Lampiran 2](#). Durasi pengambilan data dari masing - masing sensor dilakukan selama 1000 *seconds*.

a. Hasil Pengukuran Sensor *Throttle valve*

Signal yang dibangkitkan oleh sensor merupakan tipe analog. Sensor ini digunakan untuk membaca kecepatan pembukaan *throttle valve* dalam satuan *millimetre/seconds* (Gambar 4.3a). Hasil dari pembacaan kecepatan pembukaan *throttle valve* selanjutnya dikompilasi menjadi pembacaan percepatan pembukaan *throttle valve* dengan menggunakan *millimetre/seconds²* (Gambar 4.3b). Rata - rata percepatan pembukaan *throttle valve* memiliki 3 kluster, diantaranya kluster *low*, *medium* dan *high*.

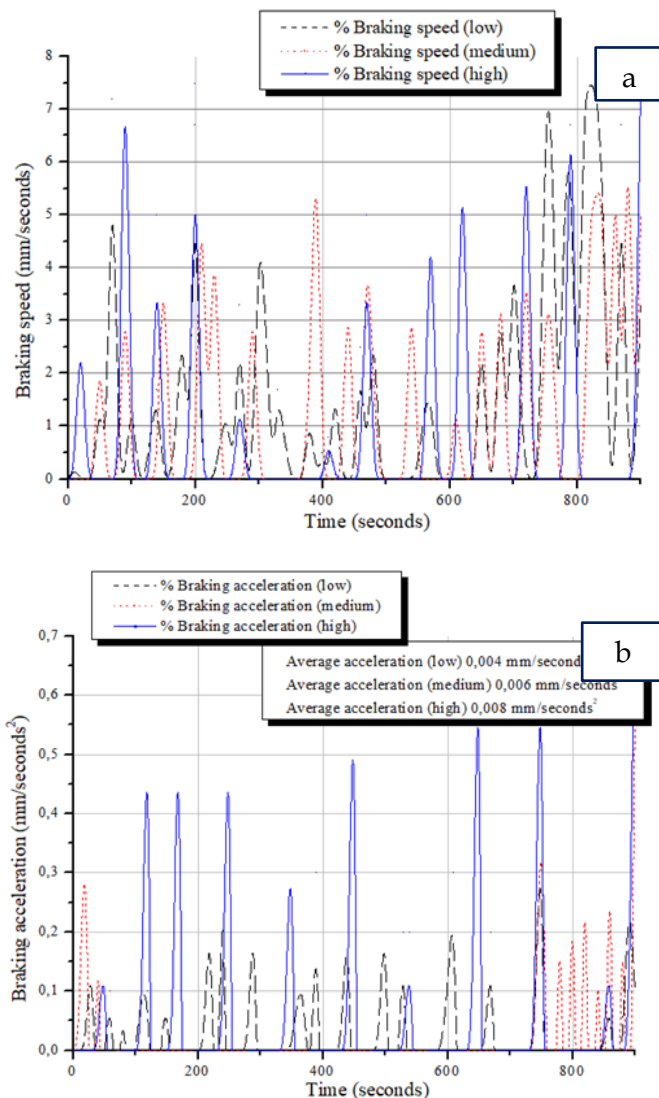


Gambar 4.3 Hasil pembacaan kecepatan pembukaan *throttle valve* (a) dan percepatan pembukaan *throttle valve* (b).

b. Hasil Pengukuran Sensor *Braking* dan *Steering*

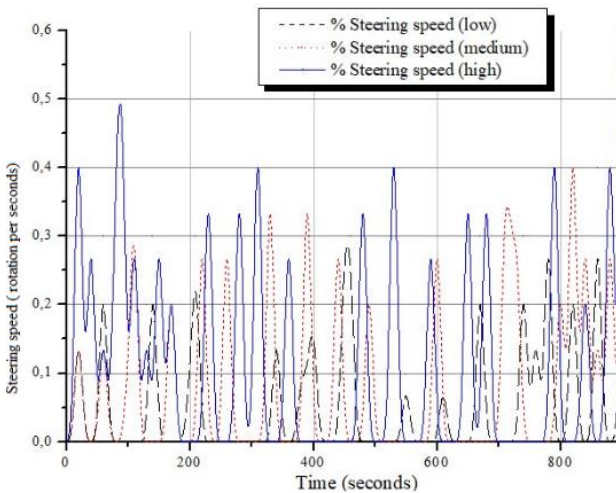
Sensor *braking* difungsikan untuk membaca kecepatan pengereman dalam satuan *millimetre/seconds* (Gambar 4.4a). Hasil dari pembacaan kecepatan ini selanjutnya dikompilasi

menjadi pembacaan percepatan pengereman dengan satuan *millimetre/seconds²* (Gambar 4.4b). Rata - rata percepatan pembukaan pengereman memiliki 3 kluster sama dengan sensor *throttle valve* dan *steering*.

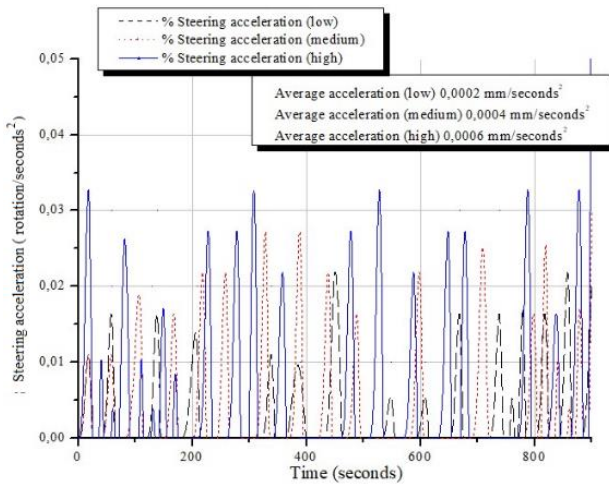


Gambar 4.4 Hasil pembacaan kecepatan (a) dan percepatan pengereman (b).

Sensor *steering* memiliki fungsi yang sama dengan sensor *braking*, untuk mengukur kecepatan operasi *steering* serta dikompilasi menjadi percepatan *steering*. Satuan yang digunakan pada kecepatan *steering* menggunakan *rotation per seconds* sedangkan percepatan *steering* menggunakan satuan *rotation per seconds²*. Hasil pembacaan sensor disajikan dalam [Gambar 4.5\(a,b\)](#). Rata - rata percepatan pembukaan *throttle valve*, pengereman dan *steering* untuk proses selanjutnya dimasukkan dalam pemodelan yang dirancang dalam software *MATLAB Simulink*.



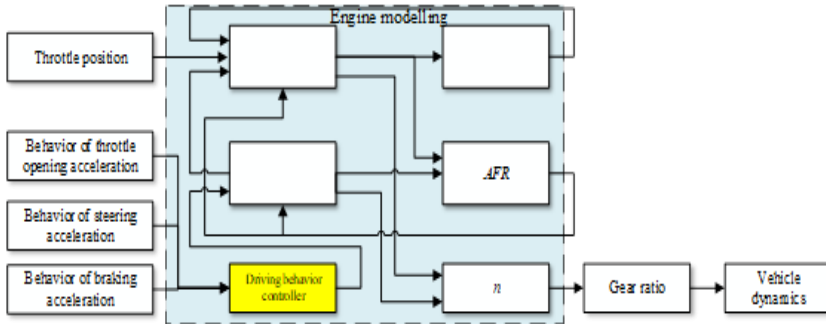
[Gambar 4.5](#) Hasil pembacaan kecepatan *steering*.



Gambar 4.6 Hasil percepatan *steering*.

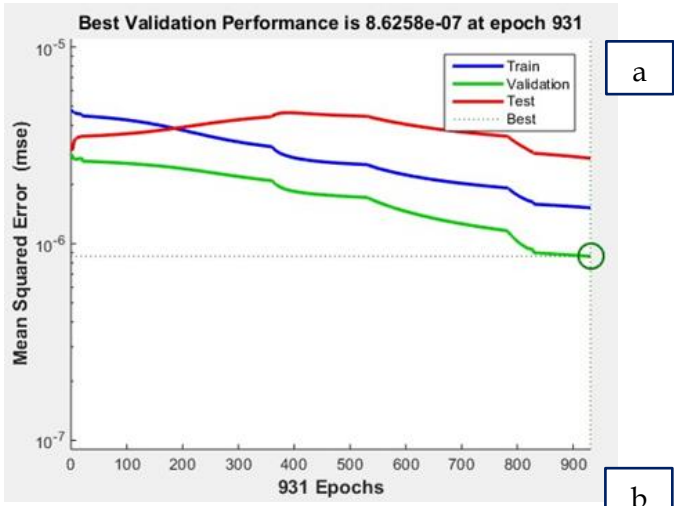
4.4. Pemodelan Sistem Kontrol Bahan Bakar

Pemodelan sistem kontrol bahan bakar merupakan pemodelan yang menggambarkan bagaimana pengendalian sistem bahan bakar bekerja berdasarkan dari berbagai inputan terutama inputan perilaku pengemudi. Pemodelan ini dibagi menjadi 3 subsistem, diantaranya pemodelan mesin, *vehicle dynamics* dan *driving behavior controller*. Pemodelan mesin merupakan gambaran dari dinamika pergerakan dalam mesin kendaraan. Pemodelan *vehicle dynamics* sebagai model dari dinamika kendaraan ketika berjalan di jalan raya. Sedangkan pemodelan *driving behavior controller* merupakan model perilaku pengemudi yang dipertimbangkan sebagai inputan *controller*. Untuk menggambarkan bagian-bagian pemodelan sistem bahan bakar, selanjutnya dibuat blok diagram yang disajikan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pemodelan Sistem kontrol bahan bakar.

Validasi pembelajaran ANN telah tercapai pada 931 *epochs* (iterasi). Iterasi ini sebagai proses pembelajaran dengan menggunakan persamaan matematika. Adapun hasil validasi antara target dan pembelajaran disajikan dalam Gambar 4.8(a). *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan AI yang bekerja berdasarkan /meniru jaringan otak pada manusia. Arsitektur ANN terdiri dari *neuron*, *dendrite*, *hidden layer* dan *output layer*. Arsitektur ANN disajikan dalam Gambar 4.8(b).



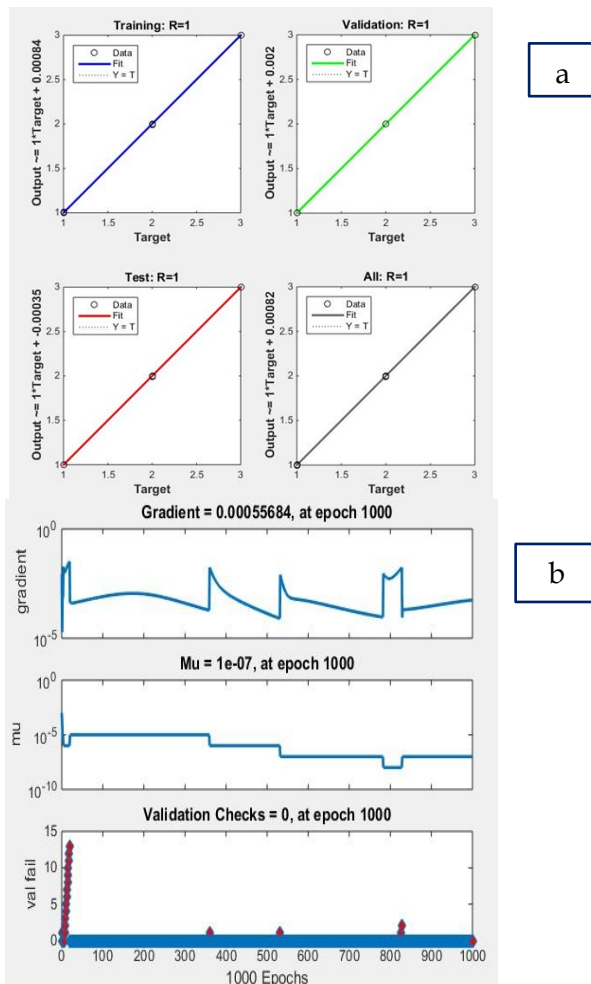
a

b



Gambar 4.8 Hasil validasi antara target dan pembelajaran (a) dan Arsitektur jaringan ANN dalam MATLAB Simulink (b).

Untuk pengenalan perilaku pengemudi (*driving behavior*) menggunakan *Artificial Intelligent (AI)*. *Artificial Neural Network (ANN)* sebagai AI yang digunakan dalam penelitian ini telah berhasil diaplikasikan. Pembelajaran pengenalan perilaku pengemudi tercapai 100%. Hasil pembelajaran ANN disajikan dalam Gambar 4.9(a) dan Performance sistem pembelajaran ANN Gambar 4.9(b).

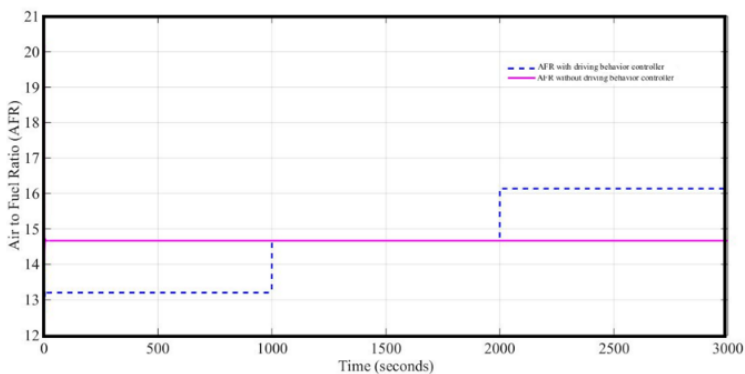


Gambar 4.9 Hasil pembelajaran yang telah dilakukan (a) dan performance sistem pembelajaran ANN (b).

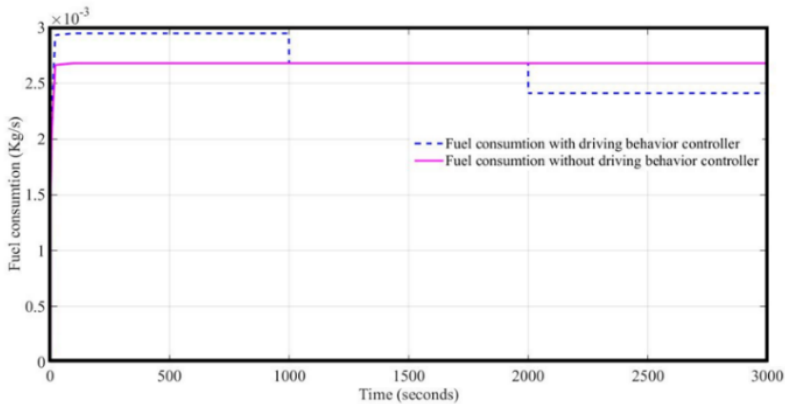
4.5. Hasil Simulasi

Perubahan AFR dengan berbagai skema perilaku pengemudi dalam simulasi kedua disajikan dalam Gambar 4.10. *MATLAB Simulink* dijalankan selama 3000 *seconds*. 0 sampai 1000 *seconds* perilaku pengemudi pada skema *sporty*. 1000 sampai 2000 *seconds* perilaku pengemudi pada skema standar. 2000 sampai 3000 *seconds* perilaku pengemudi pada skema *eco*. AFR pada skema *eco* berada pada nilai di atas *stoichiometry*. Skema standar, nilai AFR berada pada rentang *stoichiometry* (14,7). Skema *sporty*, AFR berada pada nilai di bawah *stoichiometry*.

Perubahan konsumsi bahan bakar dengan perilaku pengemudi *eco*, standar dan *sporty* dalam simulasi kedua disajikan dalam Gambar 4.11. Skema *eco* konsumsi bahan bakar lebih rendah dari skema standar. Skema *sporty* memiliki konsumsi bahan bakar paling tinggi. Skema ini kendaraan membutuhkan daya mesin yang cukup besar, untuk itu bahan bakar yang masuk ke mesin diinjeksikan dengan jumlah cukup besar pula.

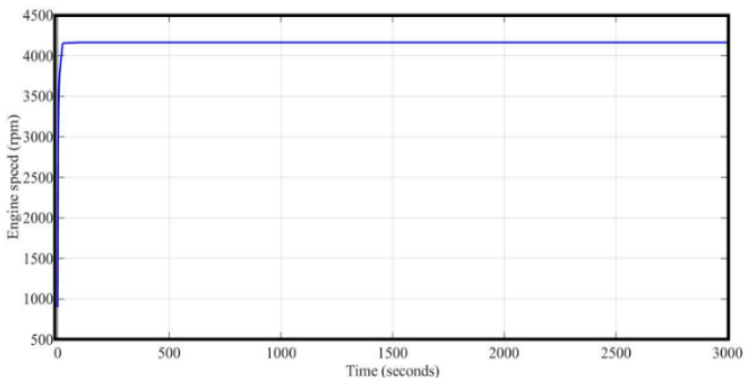


Gambar 4.10 Skema perilaku pengemudi dengan ANN.

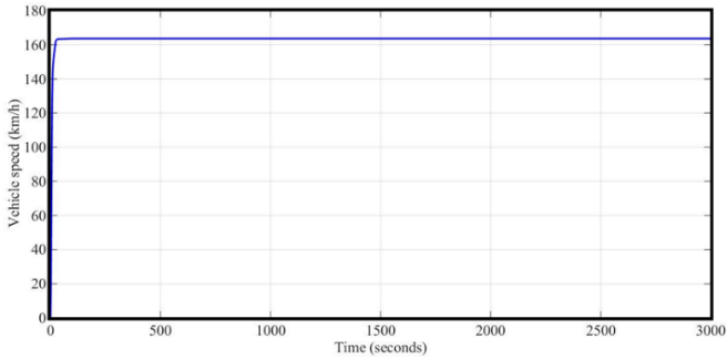


Gambar 4.11 Perubahan konsumsi bahan bakar sesuai dengan perilaku pengemudi *eco*, standar dan *sporty*.

Kondisi putaran mesin dan kecepatan kendaraan dengan berbagai skema pengemudi pada simulasi kedua disajikan dalam Gambar 4.12(a) dan 4.12(b). Putaran mesin dan kecepatan kendaraan antara sistem kontrol dengan *driving behavior* dan tanpa *driving behavior* tidak terjadi perbedaan. Artinya sistem kontrol dengan *driving behavior* memberikan kelebihan peningkatan penghematan bahan bakar tanpa mengurangi putaran mesin dan kecepatan kendaraan.

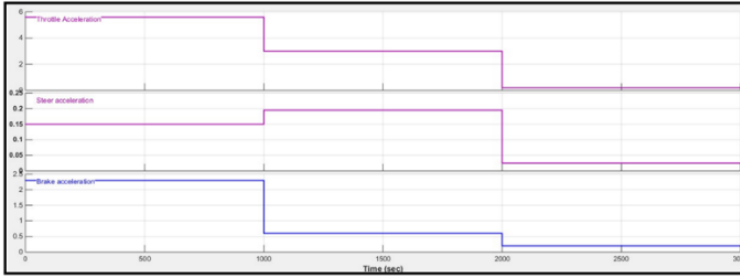


Gambar 4.12 Perubahan kecepatan mesin.



Gambar 4.13 Perubahan percepatan kendaraan.

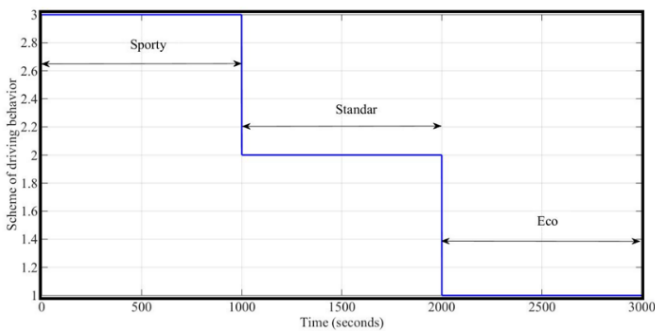
Perilaku pengemudi dalam mengoperasikan *throttle valve*, *steering* dan pengereman pada simulasi kedua disajikan dalam **Gambar 4.14**. Rata-rata percepatan pembukaan *throttle valve* pada 0 sampai 1000 *seconds* berada pada skala *high*. 1000 sampai 2000 rata-rata percepatan pembukaan *throttle valve* masuk skala *medium*. 2000 sampai 3000 rata-rata percepatan pembukaan *throttle valve* pada skala *low*. Rata - rata percepatan operasi *steering* pada 0 sampai 1000 *seconds* masuk skala *medium*. 1000 sampai 2000 rata-rata percepatan operasi *steering* masuk skala *high*. 2000 sampai 3000 rata-rata percepatan operasi *steering* pada skala *low*. Rata - rata percepatan operasi pengereman pada 0 sampai 1000 *seconds* masuk skala *high*. 1000 sampai 2000 rata-rata percepatan operasi pengereman masuk skala *medium*. 2000 sampai 3000 rata-rata percepatan operasi pengereman pada skala *low*.



Gambar 4.14 Rata-rata percepatan pembukaan *throttle valve*, operasi *steering* dan operasi pengereman.

Hasil rekognisi perilaku pengemudi oleh ANN berdasarkan pembukaan *throttle valve*, operasi *steering* dan operasi pengereman pada simulasi kedua disajikan dalam Gambar 4.23. Periode 0 sampai 1000 *seconds* perilaku pengemudi masuk skema *sporty*. Periode 1000 sampai 2000 *seconds* perilaku pengemudi masuk skema standar. Periode 2000 sampai 3000 *seconds* perilaku pengemudi masuk skema *eco*.

Simulasi pertama dan kedua menggunakan transmisi posisi speed gear 5. Kecepatan kendaraan berada di atas 140 km/jam. Model vehicle dynamics dan transmission speed gear 5 disajikan dalam Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Hasil rekognisi skema perilaku pengemudi dengan ANN.

5

Kesimpulan dan Rekomendasi

Perancangan sistem modelling AFR berdasarkan perilaku pengemudi menggunakan ANN dapat ditarik disimpulkan.

- a. Modelling yang dirancang dapat memberikan gambaran bahwa sistem yang dirancang mampu meningkatkan penghematan bahan bakar saat pengemudi pada skema *eco*.
- b. Pada saat pengemudi berada pada skema standar maka AFR berada pada rentang *stoichiometry*.
- c. Pengemudi berada pada skema *sporty* AFR berada di atas *stoichiometry*.
- d. Rekognisi pengenalan perilaku pengemudi berdasarkan pembukaan *throttle valve*, *steering* dan pengereman dapat dikenali dengan baik oleh ANN, sehingga memiliki potensi keberhasilan pada aplikasi nyata.

Daftar Referensi

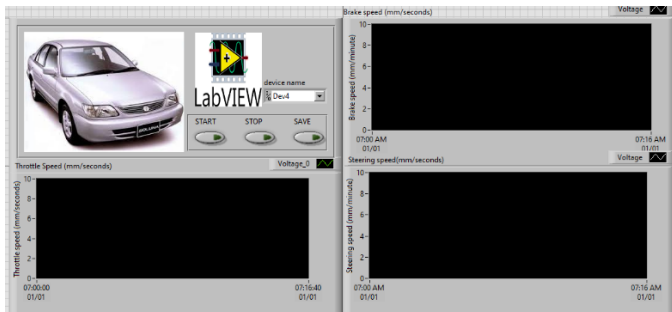
- Al-fattah, S. M. (2020). Journal of Petroleum Science and Engineering Non-OPEC conventional oil: Production decline , supply outlook and key implications. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 189, 107049. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107049>
- Ashkrof, P., Homem, G., Correia, D. A., & Arem, B. Van. (2020). Analysis of the effect of charging needs on battery electric vehicle drivers ' route choice behaviour : A case study in the Netherlands. *Transportation Research Part D*, 78, 102206. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.102206>
- Bob Dudley. (2019). *BP Statistical Review of World Energy Statistical Review of World*. Retrieved from www.bp.com > bp > corporate > pdfs > energy-economics
- Energy, U. D. (2020). Many Factors Affect Fuel Economy. Retrieved from <https://www.fueleconomy.gov/feg/factors.shtml>
- Fadhloun, K., & Rakha, H. (2020). A novel vehicle dynamics and human behavior car-following model : Model development and preliminary testing. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 9, 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2019.05.004>
- Fung, K. C., & Dick, T. J. (2016). System and method for responding to driver behavior. United State. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US9855945B2>
- Grove, K., Soccolich, S., Engström, J., & Hanowski, R. (2019). Driver visual behavior while using adaptive cruise control on commercial motor vehicles q. *Transportation Research Part F*, 60, 343–352. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.10.013>
- Hong, Z., Chen, Y., & Wu, Y. (2020). A driver behavior assessment and recommendation system for connected vehicles to produce safer driving environments through a

- “ follow the leader ” approach. *Accident Analysis and Prevention*, 139, 105460.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105460>
- Hongbo, G., Guotao, X., Hongzhe, L., & Xinyu, Z. (2017). Lateral control of autonomous vehicles based on learning driver behavior via cloud model. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, 24(2), 10–17.
[https://doi.org/10.1016/S1005-8885\(17\)60194-8](https://doi.org/10.1016/S1005-8885(17)60194-8)
- Julian, D. J., & Agrawal, Av. (2017). Driver behavior monitoring. United States.
- Karagiorgis, S., Glover, K., & Collings, N. (2007). Control Challenges in Automotive Engine Management. *European Journal of Control*, 13(2-3), 92–104.
<https://doi.org/10.3166/ejc.13.92-104>
- Kohl, J., Gross, A., Henning, M., & Baumgarten, T. (2020). Driver glance behavior towards displayed images on in-vehicle information systems under real driving conditions. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 70, 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.01.017>
- Kutlu, O. (2020). Global oil production declines in June 2020. Retrieved from <https://www.aa.com.tr/en/energy/international-organization/global-oil-production-declines-in-june-2020/29901>
- Mafeni, J., Majid, S., Mesgarpour, M., Torres, M., Figueredo, G. P., & Chapman, P. (2020). Evaluating the impact of Heavy Goods Vehicle driver monitoring and coaching to reduce risky behaviour. *Accident Analysis and Prevention*, 146, 105754. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105754>
- Raz, O., Fleishman, H., & Mulchadsky, I. (2008). System and method for vehicle driver behavior analysis and evaluation. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US7389178B2/en>
- Reinolsmann, N., Alhajyaseen, W., Brijs, T., Pirdavani, A., Hussain, Q., & Brijs, K. (2019). Investigating the impact of

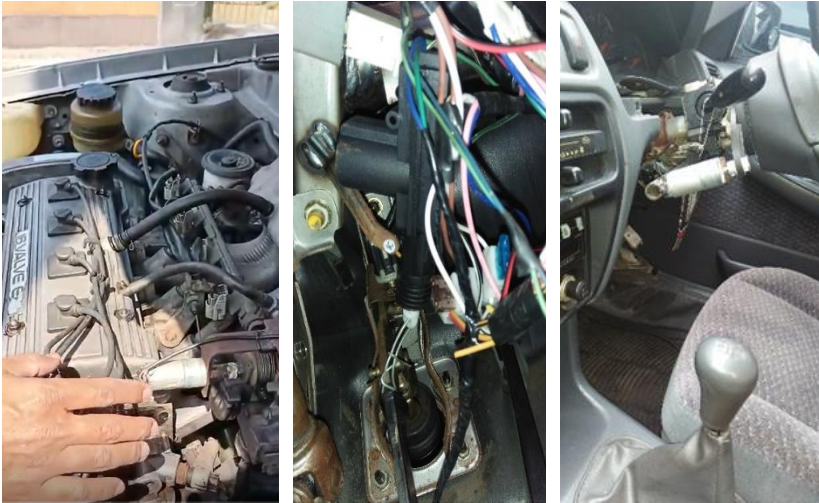
- dynamic merge control strategies on *driving behavior* on rural and urban expressways – A driving simulator study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 65, 469–484. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.08.010>
- Sharma, A., Zheng, Z., Bhaskar, A., & Haque, M. (2019). Modelling car-following behaviour of connected vehicles with a focus on driver compliance. *Transportation Research Part B*, 126, 256–279. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.06.008>
- Silver, A., & Lewis, L. (2015). Automatic identification of a vehicle driver based on driving behavior. United State. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US10440173B2>
- Siswanto, D. (2019). *Out Look Energi Indonesia 2019*. (W. Saleh Abdurrahman, Mustika Pertiwi, Ed.). Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. Retrieved from [www.bp.com › corporate › pdfs](http://www.bp.com/corporate/pdfs)
- Stogios, C., Kasraian, D., Roorda, M. J., & Hatzopoulou, M. (2019). Simulating impacts of automated *driving behavior* and traffic conditions on vehicle emissions. *Transportation Research Part D*, 76, 176–192. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.09.020>
- Takashi Bando, N., Masumi Egawa, A., Takatomi Kubo, I., Ryunosuke Hamada, I., & Kazushi Ikeda, I. (2015). Sistem for detecting abnormal driving behavior. United State.
- Uslu, S., & Celik, M. B. (2020). Performance and Exhaust Emission Prediction of a SI Engine Fueled with I amyl Alcohol-Gasoline Blends: An ANN Coupled RSM Based Optimization. *Fuel*, 265, 116922. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116922>
- Vaezipour, A., Rakotonirainy, A., & Haworth, N. (2018). A simulator evaluation of in-vehicle human machine interfaces for *eco-safe driving*. *Transportation Research Part A*, 118, 696–713. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.022>

- Xing, Y., Lv, C., Cao, D., & Lu, C. (2020). Energy oriented *driving behavior* analysis and personalized prediction of vehicle states with joint time series modeling. *Applied Energy*, 261, 114471. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114471>
- Yansong, R., O’Gorman, L., & Wood, T. L. (2019). Driver behavior monitoring systems and methods for driver behavior monitoring. United States. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US10417486B2/>
- Yuan, Y., Lu, Y., & Wang, Q. (2020). Adaptive forward vehicle collision warning based on driving behavior. *Neurocomputing*, 408, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.11.024>
- Zacharof, N. G., & Fontaras, G. (2016). *Review of in use factors affecting the fuel consumption and CO2 emissions of passenger cars*. <https://doi.org/10.2790/74318>
- Zhao, X., Wang, Z., Xu, Z., Wang, Y., Li, X., & Qu, X. (2020). Field experiments on longitudinal characteristics of human driver behavior following an autonomous vehicle. *Transportation Research Part C*, 114, 205–224. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.02.018>


Lampiran 1. Modul Data akusisi dan Aplikasinya



Lampiran 2. Sensor Yang Digunakan Dalam Penelitian



Lampiran 3. Sertifikat Bukti Kalibrasi



Accurate • Fast • One-Stop-Solution

sertifikat | calibration
kalibrasi | certificate

Halaman (Page) 1 dari (out of) 2

Nomor (Number): B06211975

Identitas Alat (Instrument's Identity)

Nomor Identifikasi
Identification Number : _____

Nama
Name : DIGITAL TACHOMETER

Merek Pabrik
Manufacturer : KRISBOW

Tipe / Nomor Seri
Type / Serial Number : KW06-563 / 160812671

Rentang Ukur / Resolusi
Range / Resolution : - / 0,1rpm, 1rpm

Identitas Pemilik (Owner's Identity)

Nama Pelanggan
Customer's Name : BAPAK SUROTO MUNAHAR

Alamat
Address : DUSUN KLUMRIT RT.01 / RW.01 SUROJOYO CANDIMULYO KAB. MAGELANG

Tanggal Diterima
Date of Acceptance : 21 June 2021

Tanggal Kalibrasi
Date of Calibration : 30 June 2021



Tempat Kalibrasi
Place of Calibration : PT. Caltesys Indonesia

Kondisi Lingkungan
Environmental Condition : **Suhu** (Temperature) : (24.1 ± 0.9) °C **Kelembaban** (Humidity) : (57 ± 3) %


Ketelusuran
Traceability : **Hasil kalibrasi dilaporkan tertelusur ke satuan pengukuran SI melalui** (Calibration results are traceable to the International System of Units (SI) through) LK-032-IDN

Diterbitkan Tanggal
Issued Date : 8 July 2021


Disetujui oleh
Approved by



Samsudin
 Manajemen Teknis
 Technical Management

RUANG LINGKUP KALIBRASI / SCOPE OF CALIBRATION
 Industri Analisa (Analytical Instrument) • Densitas (Density) • Dimensi (Dimension) • Kalibrasi (Calibration) • Elektrik
 Gaya (Force) • Mekanisme (Mechanism) • Massa (Mass) • Fotometri (Photometry) • Tekanan (Pressure) • Suhu (Temperature)
 Waktu & Frekuensi (Time & Frequency) • Torak (Torque) • Volume (Volume) • Alat Medis (Medical Instrument)



Dilarang memperbanyak dan / atau mempublikasikan sebagian isi Sertifikat ini tanpa izin dari PT Caltesys Indonesia
 It is prohibited to reproduce and / or publish the partial content of this Certificate without PT Caltesys Indonesia's approval



www.caltesys.com

PT CALTESYS INDONESIA - JAKARTA
 Puri Niaga II | Jl. Puri Kencana Blok. H-1W | Jakarta 16140 | T : (62-21) 582-6882 | E : info@caltesys.com

Nomor (Number) : B06211975

Hasil Kalibrasi / Calibration Result

Penunjukan Standar Standard Reading rpm	Penunjukan Alat Instrument's Reading rpm	Koreksi Correction rpm	Ketidakpastian Uncertainty (±) rpm
100,00	100,0	0,00	0,19
500,0	500,0	0,0	0,20
1000,0	1000,0	0,0	0,33
2000,0	2000,0	0,0	4,1
5000,0	5000,0	0,0	4,1
8000,0	8000,0	0,0	4,8
10000	10000	0	5,0
20000	20000	0	7,2
50000	50000	0	15,4

Keterangan (Note) :

- Kalibrasi dilakukan menggunakan Function Generator nomor identifikasi SE038, Digital Optical Tachometer Calibrator nomor identifikasi SE037, Tacho HiTester nomor identifikasi SE010, dengan metode kalibrasi perbandingan langsung berdasarkan prosedur kalibrasi lingkup kelistrikan, MKSP TCH-01 : Kalibrasi RPM Meter-Optik

Calibration was conducted using Function Generator identification number SE038, Digital Optical Tachometer Calibrator identification number SE037, Tacho HiTester identification number SE010, with direct comparison method based on MKSP TCH-01 : Kalibrasi RPM Meter-Optik electrical scope calibration procedures

- Nilai sebenarnya = Penunjukan alat + Koreksi

Actual reading = Instrument's Reading + Correction

- Ketidakpastian pengukuran yang dilaporkan adalah ketidakpastian bentangan pada tingkat kepercayaan sekitar 95% dengan factor cakupan k = 2.

The reported measurement uncertainty is expanded uncertainty with confidence level approximately 95% with coverage factor k = 2

===== akhir sertifikat / end of certificate =====

RUANG LINGKUP KALIBRASI / SCOPE OF CALIBRATION

Instrumen Analitis / Analytical Instrument • Densitas / Density • Dimensi / Dimension • Kalibrasi / Electrical
Gaya / Force • Kakuatan / Hardness • Massa / Mass • Fotometri / Photometry • Tekanan / Pressure • Suhu / Temperature
Waktu & Frekuensi / Time & Frequency • Torsi / Torque • Volume / Volume • Alat Medis / Medical Instrument



YKAN

Dilarang memperbanyak dan/atau mempublikasikan sebagian isi Sertifikat ini tanpa ijin dari PT Caliesys Indonesia
It is prohibited to reproduce and/ or publish the partial content of this Certificate without PT Caliesys Indonesia's approval



www.caliesys.com

PT CALIESYS INDONESIA - JAKARTA
Puri Niaga II | Jl. Puri Kencana Blok JI-2W | Jakarta 1610 | T : (62-21) 582-6882 | E : info@caliesys.com

Lampiran 4. Validasi Sensor Dengan *Tachometer*



lgh

Glosarium

<i>Air to Fuel Ratio</i>	Campuran antara udara dan bahan bakar.
<i>Autonomous Vehicle</i>	Kendaraan yang bisa bergerak dengan sendirinya tanpa pengendalian oleh manusia.
<i>Electric Vehicles</i>	Kendaraan yang digerakkan dengan energi listrik.
<i>Compressed Natural Gas</i>	Gas alam yang ditekan dalam bejana tekan.
<i>Cam Shaft Position Sensor</i>	Poros nok pada mesin.
<i>Central processing unit</i>	Komponen yang digunakan untuk otak pengolahan data.
<i>Fuel Cells Vehicle</i>	Kendaraan yang digerakkan oleh bahan bakar cell.
<i>Fuzzy logic</i>	Perhitungan matematika yang berdasarkan Logika kabur/samar-samar.
<i>Artificial Neural Network</i>	Algoritma sistem kontrol cerdas yang bekerja berdasarkan jaringan syaraf manusia.

Indeks

A

AFR, viii, 12, 36, 41
Air to Fuel Ratio, viii, 51
ANN, viii, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41,
44
Artificial Neural Network, 33, 34
Autonomous Vehicle, viii, 15, 51

B

BEP, 51
Braking, 30

C

Cam Shaft Position Sensor, viii, 51
Central processing unit, viii, 51
Compressed Natural Gas, viii, 51

D

driver behavior, 13, 42, 43, 45

E

eco, 12, 36, 37, 39, 41, 45
eco driving, 12
Electric Vehicles, 51
energi, iv, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17,
18, 19, 20, 22, 27, 51

F

Fuel Cells Vehicle, viii, 51
full dedicated fuel, 51
Fuzzy logic, 51

I

IRR, 51

M

MATLAB Simulink, 27, 32, 34, 36
milimeter/seconds, 28
milimeter/seconds², 28
modelling, 13, 41

P

pengemudi, iv, 11, 13, 14, 15, 16,
17, 18, 19, 20, 22, 27, 28, 32, 34,
36, 37, 38, 39, 40, 41
pengereman, iv, 17, 27, 28, 30, 31,
32, 38, 39, 41
perilaku, iv, 11, 13, 14, 15, 16, 17,
18, 19, 20, 22, 27, 28, 32, 34, 36,
37, 39, 40, 41

S

sensor, 16, 18, 25, 29, 31
signal, 25
Skema, 36
sporty, 36, 37, 39, 41
steering, 21, 25, 27, 28, 31, 32, 38,
39, 41
stoichiometry, 36, 41

T

tachometer, 25, 27, 28
throttle valve, iv, 21, 25, 27, 28, 29,
30, 31, 32, 38, 39, 41

Profil Penulis dan Editor

Penulis



SUROTO MUNAHAR

Lecturer of Automotive Engineering, Muhammadiyah University of Magelang, Indonesia
Email yang diverifikasi di ummgl.ac.id

Control System Mechatronics



Google Cendekia

Editor



Bagiyo Condro Purnomo

Universitas Muhammadiyah Magelang
Email yang diverifikasi di ummgl.ac.id

Refrigerasi Termodinamika



Google Cendekia

Analisis Pengembangan *Engine Control Unit* (ECU)
Modelling Untuk Pengendalian Bahan Bakar Berdasarkan
Driver Behaviour Pada *Passenger Car*

Sinopsis

Monograf ini menyajikan hasil penelitian tentang pemodelan sistem kontrol *engine* berdasarkan perilaku manusia. Inputan sistem kontrol yang dikembangkan berupa perilaku percepatan pembukaan *throttle valve*, pengereman dan *steering*. Hasil akhir berupa profil perilaku pengemudi yang dapat digunakan untuk mengendalikan sistem bahan bakar. Rekognisi perilaku pengemudi menggunakan *Artificial Intteligent*, sehingga sistem yang dirancang dapat memberikan keputusan yang tepat sesuai dengan kebutuhan sistem.

