

# Karakteritik *Linearization System* Dan *Data Acquisition* Pada Pengembangan *Engine Control Unit-(ECU)* Pada *EFI Engine* Dengan *Drive Train*

Suroto Munahar<sup>1\*</sup>, Muji Setyo<sup>1</sup>, Bagiyo Condro Purnomo<sup>1</sup>, Moehammad Aman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mesin Otomotif, Universitas Muhammadiyah Magelang

<sup>2</sup>Moehammad Aman, Universitas Muhammadiyah Magelang

\*Email: suroto@ummgl.ac.id

---

## Abstrak

### Keywords:

*ECU; signal; engine; linearization; Daq.*

*Peningkatan efisiensi bahan bakar, kualitas pembakaran engine dan pengurangan emisi polutan gas buang, menjadi target orientasi teknologi kendaraan. Kedepan kendaraan ramah lingkungan, hemat energi dan nyaman menjadi pioner arah perkembangan teknologi. Dalam bidang gasoline engine saat ini, salah satunya orientasi teknologi dititikberatkan pada pengaturan campuran udara dan bahan bakar (Air to Fuel Ratio – AFR). Hal ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar, kontrol emisi gas buang dan pencapaian kinerja engine secara optimal. Dua tahun terakhir perkembangan otomotif nasional sudah sampai pada Low Cost Green Car (LCGC) dan Low Carbon Emission Program (LCEP). Namun demikian, Kenyataan yang ada pembakaran pada campuran kurus (lean mixturing) atau setidaknya campuran pembakaran ideal (stoichiometry) pada seluruh rentah putaran engine belum tercapai. Hal ini disebabkan salah satunya kontrol engine yang ada saat ini, sebagian besar hanya pada kontrol internal engine. Aplikasi kontrol engine yang mengintegrasikan kontrol external engine sangat jarang diaplikasikan. Jangka panjang, penelitian tentang kontrol external engine yang melibatkan enviroment, behavior, driving metode dan kondisi kecepatan kendaraan menjadi orientasi target kedepan. Hal ini didasarkan pada keberhasilan penelitian sebelumnya. Metode yang digunakan, dengan mengembangkan ECU yang dikendalikan oleh kontrol drive train. Kontrol drivetrain yang akan dikembangkan dengan transmission control system dan brake control system. Penelitian ini mengembangkan rancangan linearization system untuk pengembangan ECU dengan kontrol drivetrain.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Ancaman *global warming* yang disebabkan salah satunya oleh emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan menjadi perhatian serius [1]. Untuk mengatasi kondisi tersebut orientasi teknologi sistem kontrol

*engine* difokuskan pada pengurangan emisi gas buang. Selain itu, orientasi teknologi sistem kontrol *engine* juga difokuskan pada pengurangan pemakaian bahan bakar dan peningkatan kualitas pembakaran *engine* [1][2]. Saat ini energi menjadi salah satu

kebutuhan utama, baik bidang *automotive* maupun bidang lainnya. Permasalahan saat ini energi menjadi sangat kompleks, dari berkurangnya persediaan minyak fosil dunia, tingginya harga bahan bakar [3], maupun krisis energi yang berkepanjangan serta kenaikan jumlah kendaraan semakin meningkat.

Upaya dalam menyelesaikan permasalahan energi dan pengurangan emisi telah banyak dilakukan. Teknologi *fuel cell*, *electric car* salah satu teknologi yang dikembangkan untuk dalam menyelesaikan permasalahan energi dan penurunan emisi polutan. Namun demikian, teknologi tersebut memiliki kelemahan, harga produk teknologi masih sangat tinggi dan kurangnya ketersediaan infrastruktur. Pengembangan lain dengan teknologi *hybrid*, yang mengintegrasikan antara *gasoline engine/diesel engine* dengan *electric engine*. Teknologi ini memiliki efisiensi bahan bakar cukup baik. Namun demikian, harga tinggi untuk kepemilikan produk serta respon *engine* kurang baik.

Metode lain untuk menangani permasalahan energi dan pengurangan emisi dengan aplikasi energi alternatif. Penggunaan bahan *ethanol* [4], *methanol* [5], maupun *LPG* [6] sebagai pengganti minyak bumi. Hasil yang diperoleh dapat meningkatkan kinerja *engine* dan penggunaan bahan bakar serta menurunkan emisi. Aplikasi ini mengalami permasalahan kesulitan untuk pembuatan dalam skala mesh produk.

Aplikasi selanjutnya dalam mengembangkan teknologi dengan kontrol *mixture* antara bahan bakar dengan udara atau *Air to Fuel Ratio-AFR* [7][8][9]. Penelitian ini melakukan pengendalian *AFR* untuk dapat mencapai nilai rasio yang ideal, sehingga dengan pencapaian ini nilai efisiensi bahan bakar dapat ditingkatkan, namun penelitian saat ini pada umumnya masih bersifat kontrol *internal engine*. Metode meningkatkan optimalisasi kinerja *engine* selain kontrol *AFR*

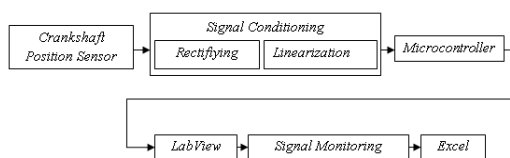
juga dilakukan kontrol *Spark Advance-SA* [10]. Teknologi kontrol *AFR* saat ini masih memiliki banyak kelebihan, diantaranya infrastruktur cukup tersedia di pasar. Aplikasi produk dalam skala besar sangat menjanjikan. Biaya dalam aplikasi cukup terjangkau. Namun demikian, teknologi kontrol *AFR* saat ini memiliki kelemahan. Proses pengaturan *AFR* sebagian besar dalam ruang lingkup internal *engine*, sehingga kinerja *engine* dapat ditingkatkan, sedangkan sistem kontrol *AFR* yang mengintegrasikan dengan sistem *drivetrain control system* sangat sedikit jumlahnya.

Perkembangan teknologi *drivetrain control system* yang berkembang saat ini berorientasi pada keamanan dan kenyamanan pengemudi. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan, teknologi *drivetrain* tidak hanya dapat memberikan rasa aman dan nyaman tetapi dapat meningkatkan prestise pengemudi. Teknologi *drive train control system* yang berkembang sekarang belum mampu mengatur *fuel system* pada *engine* sehingga efisiensi bahan bakar dapat ditingkatkan. Bahkan pada teknologi *drivetrain* dengan sistem otomatis pada tipe tertentu, cenderung menurunkan efisiensi *engine*. Penurunan ini terlihat dengan adanya kenaikan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu perlu dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar *engine*. Perkembangan teknologi *engine control system* yang dikombinasikan dengan *engine control external* terutama *drive train controller* dimasa mendatang sangat menjanjikan untuk dikembangkan dalam meningkatkan kinerja *engine* [11]. Melihat permasalahan di atas sangat perlu dikembangkan untuk teknologi *Engine Control Unit – ECU* yang mengintegrasikan dengan *drivetrain control system* untuk meningkatkan kinerja *engine*. Studi ini melakukan perancangan *linearization* dan *data acquisition system* sebagai inputan *controller* untuk meningkatkan kinerja *ECU*.

## 2. METODE

### 2.1. Data acquisition

*Data acquisition* sebagai proses pengambilan data yang berasal dari fenomena fisik untuk dapat di *save*, *edit* maupun dimunculkan kembali untuk dilakukan analisa dalam komputer.. Penelitian ini untuk *software* data acquisition menggunakan *LabView* sedangkan hardware *data acquisition* yang digunakan menggunakan *microcontroller* dan rangkaian *electronic*. Sistem *data acquisition* telah berevolusi dalam waktu lama dari elektromekanis *recorde* yang terdiri dari satu untuk empat *chanel* sampai sistem *electronic system* yang mampu mengukur ratusan variabel secara simultan. Proses pengambilan data dengan data acquisition melalui beberapa tahapan. Diagram block *data acquisition* terlihat dalam gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram block data acquisition.

### 2.2. Sistem Kontrol

Sistem ini sebagai pengelola inputan dari *sensor* sehingga mewujudkan suatu kerja /output. Sistem kontrol yang sering digunakan ada beberapa tipe, diantaranya sistem kontrol *open loop* dan sistem kontrol *closed loop*. Sistem kontrol *closed loop* sangat sesuai untuk menangani permasalahan sistem nonlinear tinggi dan sistem *time delay* yang terjadi pada *engine* pembakaran dalam.

Sistem kontrol *closed loop* dalam kontrol *engine* sebagai sistem yang memberikan umpan balik dari output yang diolah menjadi refensi input. Sistem kontrol *open loop* maupun *closed loop*

berkontribusi untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Demikian juga dalam mengontrol sistem *engine* untuk mengendalikan torsi menggunakan *torque feedback*. Sebuah sistem dapat dikendalikan jika sistem yang terjadi berupa sistem *linear*. Namun, dalam fenomena *internal combustion engine* sebagian besar merupakan sistem *nonlinear*. Untuk itu sistem *linearization* sangat dibutuhkan untuk pengelolaan *controller*.

### 2.3. Sensor

*Sensor* sebagai elemen yang menghasilkan sinyal berhubungan dengan kuantitas diamati atau diukur. *Sensor* dapat dikatakan sebagai alat untuk memberikan tanggapan terhadap besaran fisik yang akan diukur dengan menghasilkan output suatu sinyal. Alat ini berupa seperangkat perlengkapan *electronic* yang berfungsi untuk mengetahui besaran fisik yang diubah menjadi besaran listrik. *Sensor* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sensor crankshaft position sensor.

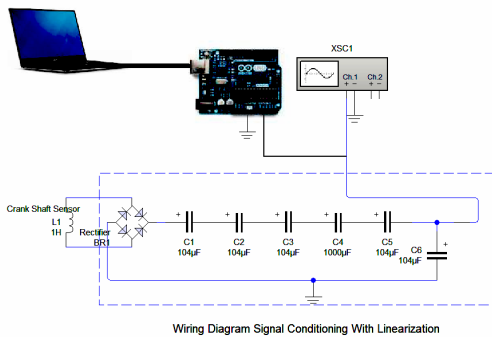
### 2.4. Microcontroller

Pemantauan *signal* yang dibangkitkan oleh sensor akan dibaca dengan komputer. *Signal* yang dihasilkan berupa signal *AC* dalam bentuk *analog* serta memiliki karakteristik *unlinear*. Proses pembacaan *signal* dalam komputer hanya dapat dilakukan jika berbentuk signal digital. *Microcontroller* sebagai perubah transfer dari *Analog to Digital Converter – ADC*. Setelah *signal* digital terbentuk, monitoring signal dapat dilakukan dalam komputer.

### 2.5. Signal Conditioning

Sistem *internal combustion engine* sebagian besar memiliki sistem *nonlinear*. Sistem kontrol hanya dapat bekerja dengan sistem *linear*, untuk itu proses *signal conditioning* sangat penting dibuat terutama

proses *linearization*. Proses perancangan *linearization* menggunakan rangkaian *elektronik*. Rangkaian ini menggunakan penyearah arus, kapasitor, maupun *microcontroller*. Rancangan *wiring diagram* sistem *linearization* terlihat dalam gambar 2.



**Gambar 2.** *Wiring diagram linearization.*

Proses pemeriksaan bentuk *signal* yang dibangkitkan oleh *sensor*, digunakan *microcontroller* dan *software LabView*. Data yang diperoleh disimpan dalam komputer dalam format *excel*. *Signal* yang dibangkitkan sensor *crank shaft* dimonitoring yang selanjutnya dilakukan proses *signal conditioning*. Spesifikasi kendaraan yang dilakukan proses *experimental* terlampir dalam tabel 1.

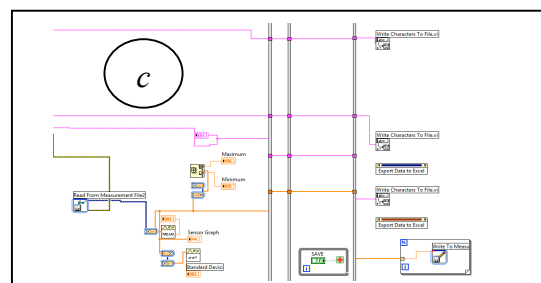
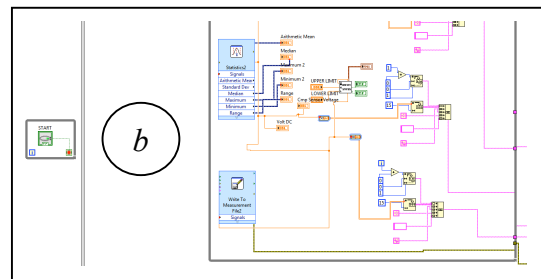
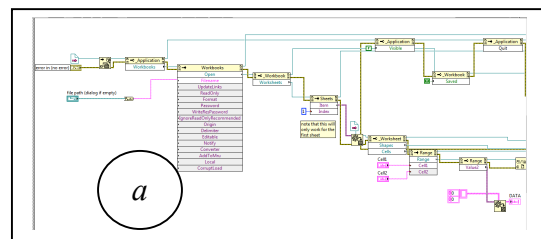
**Tabel 1.** Spesifikasi kendaraan.

	<i>Deskripsi</i>	<i>Keterangan</i>
	Tipe kendaraan Toyota Soluna	Volume Engine 1500 cc
	Tipe engine in line, 4 cylinder	Gasoline Engine

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Programming Software Data Acquisition.*

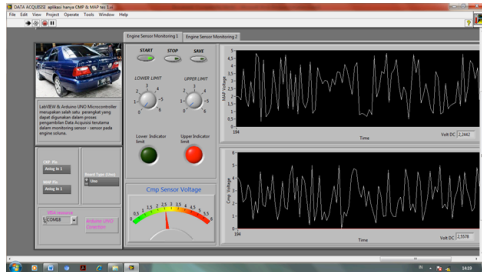
Dalam melakukan proses pengolahan data digital yang dibangkitkan sensor, dilakukan proses programming dalam *LabView*. *Software* ini memiliki 2 interface diantaranya *front panel interface* dan *block diagram interface*. Hasil rancangan *block diagram interface* dalam penelitian terlampir dalam gambar 3.



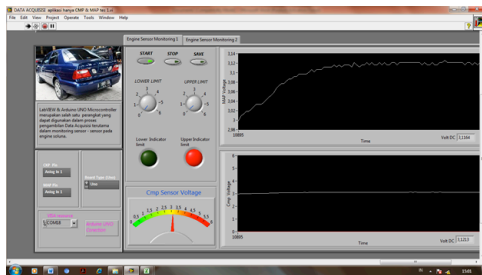
**Gambar 3.** *Initial recognition processing(a), generation processing (b) dan saving proceesing (c).*

*Front panel interface* sebagai media yang dirancang untuk *operation process* aplikasi pemrograman. *User* dapat melihat hasil pembacaan *signal* yang dibangkitkan sensor. Baik dan buruknya *signal* secara langsung

dapat dilakukan proses evaluasi. Proses *start*, *stop*, *save* aplikasi program dapat dilakukan dalam *interface* ini. Hasil signal yang dihasilkan sebelum dan sesudah dilakukan proses *linearization* terlihat dalam gambar 4 dan gambar 5.

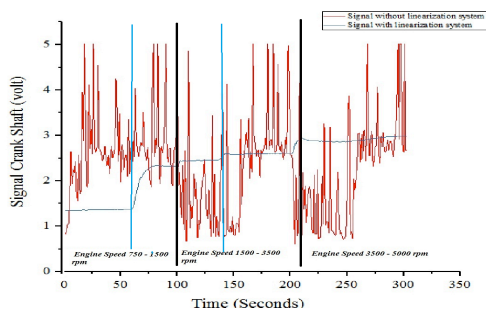


**Gambar 4.** Hasil *signal* sebelum proses *linearization*.



**Gambar 5.** Hasil *signal* setelah proses *linearization*.

Hasil data *signal* yang dibangkitkan dari putaran *engine* 750 – 5000 *rpm* terlihat dalam gambar 6. Dari hasil yang telah diperoleh diantaranya *signal* sensor sebelum proses *linearization* memiliki bentuk *signal* yang tidak beraturan. Fase ini pemrosesan dalam sistem *controller* mengalami kesulitan deteksi.



**Gambar 6.** Data *signal* sensor dari berbagai variasi *engine speed*.

Setelah proses aplikasi *linearization* *signal* telah berhasil dilakukan rekayasa *signal*. *Signal* yang diolah sudah berubah mendekati *smooth*. Pada putaran *engine speed* 750 – 1500 *rpm* *signal* terjadi kenaikan *signal* secara bertahap. Putaran dinaikkan pada periode ke-60 menjadi 1500 *rpm*. *Signal* mengalami kenaikan sesuai putaran *engine*. Periode 100 putaran *engine* dinaikkan secara bertahap sampai 3500 *rpm*. *Signal* naik secara bertahap. Periode ke 200 *engine speed* dinaikkan lagi sampai 5000 *rpm*. *Signal* naik secara bertahap. *Signal* yang sudah diolah, dapat mengalami kenaikan secara *smooth* sesuai putaran *engine*.

Hasil secara detail sebagai berikut *Signal* yang diolah melalui proses *linearization* melalui tiga step. Step pertama *engine* berputaran dari 750 – 1500 *rpm*. Periode 0 *engine* berputar 750 *rpm*, selanjutnya *engine speed* dinaikkan dari 750-850 *rpm*. Periode ke 60 dinaikkan secara lebih ekstrim dari 8500 – 1500 *rpm*. Untuk menaikkan *engine speed* dinaikkan secara bertahap. Step kedua *engine speed* berputar dari 1500 – 3500 *rpm*. Periode 110 *engine* mulai dinaikkan menjadi 1600 *rpm* sampai periode 140 pada putaran 2500 *rpm*. Periode 145 sampai 210 dinaikkan dari 3000 *rpm* sampai 3500 *rpm*. Step ketiga *engine* dinaikkan dari 3500 *rpm* sampai 5000 *rpm*. Periode 200 *engine* dinaikkan menjadi 4000 *rpm*. Periode 220 mulai dinaikkan lagi sampai periode 300. *Engine speed* naik dari 4000 sampai 5000 *rpm*. *Signal* mengalami kenaikan mengikuti *engine speed* mendekati *linear*.

#### 4. KESIMPULAN

*Signal* yang diolah melalui proses *linearization* melalui tiga step. Step pertama *engine* berputaran dari 750 – 1500 *rpm*. Step kedua *engine speed* berputar dari 1500 – 3500 *rpm*. Step ketiga *engine* dinaikkan dari 3500 *rpm* sampai 5000 *rpm*. *Signal* yang diperoleh telah berhasil mendekati *linear* sebesar 80% .

Signal ini dapat diteruskan pada sistem perancangan *controller*.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada LP3M Universitas Muhammadiyah Magelang yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Reguler tahun 2017. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Mesin Otomotif.

### REFERENSI

- [1] Tamba Jean Gaston, Njomo Donatien, Nsouandele Jean Luc BBD. Assessment of Greenhouse Gas Emissions in Cameroon's Road Transport Sector. *Univers J Env Res Technol*. 2012;2(16):475–488.
- [2] Arsie I, Di S, Vaccaro S. Experimental investigation of the effects of AFR, spark advance and EGR on nanoparticle emissions in a PFI SI engine. *J Aerosol Sci* [Internet]. 2013;64:1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2013.05.005>
- [3] Knoema. Crude Oil Price Forecast: Long Term 2017 to 2030 | Data and Charts. 2017 [Internet]. 2017. Available from: <http://knoema.com/yxptpab/crude-oil-price-forecast-long-term-2017-to-2030-data-and-charts>
- [4] Maurya RK, Agarwal AK. Experimental investigation on the effect of intake air temperature and air – fuel ratio on cycle-to-cycle variations of HCCI combustion and performance parameters. *Appl Energy* [Internet]. 2011;88(4):1153–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.09.027>
- [5] Pourkhesalian AM, Shamekhi AH, Salimi F. Alternative fuel and gasoline in an SI engine: A comparative study of performance and emissions characteristics. *Fuel*. 2010;89(5):1056–63.
- [6] Kim TY, Park C, Oh S, Cho G. The effects of stratified lean combustion and exhaust gas recirculation on combustion and emission characteristics of an LPG direct injection engine. *Energy* [Internet]. 2016;115(x):386–96. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.025>
- [7] Ebrahimi B, Tafreshi R, Masudi H, Franchek M, Mohammadpour J. Control Engineering Practice A parameter-varying filtered PID strategy for air – fuel ratio control of spark ignition engines. *Control Eng Pract*. 2012;20(8):805–15.
- [8] Yildiz Y, Annaswamy AM, Yanakiev D, Kolmanovsky I. Control Engineering Practice Spark ignition engine fuel-to-air ratio control: An adaptive control approach. *Control Eng Pract* [Internet]. 2010;18(12):1369–78. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conengprac.2010.06.011>
- [9] Zhai Y, Ñ DY. Engineering Applications of Artificial Intelligence Neural network model-based automotive engine air / fuel ratio control and robustness evaluation. 2009;22:171–80.
- [10] Zhao J, Xu M. Fuel economy optimization of an Atkinson cycle engine using genetic algorithm. *Appl Energy*. 2013;105:335–48.
- [11] Triwiyatno, A.; Sinuraya, E.; Setiawan, D. J& MS. Smart Controller Design of Air to Fuel Ratio ( AFR ) and Brake Control System on Gasoline Engine. In: *Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), 2015 2nd International Conference* [Internet]. 2015. p. 233–8. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7437805/>