

STRATEGI PENINGKATAN MODEL AIR TO FUEL RATIO (AFR) DAN BRAKE CONTROL SYSTEM PADA MESIN BENSIN

Suroto Munahar¹, Aris Triwiyatno², Joga Dharma Setiawan³

¹Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

E-mail: surotomnhr@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mempelajari tentang strategi peningkatan model pada mesin bensin untuk mengendalikan AFR dengan Brake Control System. Model yang dibuat digunakan untuk pendekatan dalam penerapan kontrol AFR secara nyata. Brake Control System digunakan untuk memprediksi dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar dengan menaikkan campuran AFR pada saat dilakukan pengereman pada kendaraan mesin injeksi. Parameter seperti posisi pedal gas, posisi pengereman digunakan sebagai inputan model kontrol AFR yang dirancang. AFR digunakan sebagai acuan kontrol bahan bakar dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar sesuai dengan kondisi mesin. Pemodelan AFR dibuat dalam software MATLAB SIMULINK yang dilengkapi dengan analisa proses. Data AFR diambil dengan mengukur AFR pada kendaraan nyata. Data yang diperoleh dari pengukuran dijadikan acuan dalam membandingkan antara modeling AFR yang dirancang terhadap AFR secara nyata untuk membuat prediksi peningkatan efisiensi bahan bakar terutama saat terjadi pengereman dalam kendaraan. Hasil penelitian berupa nilai AFR dengan berbagai posisi kecepatan putaran mesin maupun posisi pengereman. Hasil yang didapatkan dari model AFR yang dirancang, menunjukkan kenaikan nilai AFR pada saat dilakukan pengereman, jika dibandingkan dengan nilai AFR yang sebenarnya. Dengan naiknya nilai AFR, campuran bahan bakar dengan udara mengalami penurunan sehingga efisiensi bensin meningkat.

Kata kunci : AFR, efisiensi bahan bakar, Brake Control System, mesin bensin.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem kontrol dibidang teknologi *internal combustion engine* otomotif dunia selama 30 tahun terakhir berorientasi pada emisi gas buang, kinerja dan efisiensi bahan bakar (Karagiorgis, Glover & Collings, 2007). Hal ini dilatarbelakangi oleh pertumbuhan kendaraan tiap tahun mengalami kenaikan cukup pesat, sehingga kebutuhan minyak semakin meningkat. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2013 jumlah kendaraan telah mencapai 104.118.969 unit (Badan Pusat statistik, 2015). Teknologi transportasi pada kendaraan mesin bensin untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar ada beberapa metode diantaranya pengaturan *Air to Fuel Ratio - AFR* atau rasio antara campuran bahan bakar dengan udara (Ebrahimi, Tafreshi, Masudi, Franchek, & Mohammadpour, 2012).

Metode kontrol AFR merupakan salah satu dalam meningkatkan efisiensi bensin dengan mengatur AFR untuk pencapaian pembakaran optimal (sesuai *stoichiometri*) pada posisi AFR sekitar 14,67. Penelitian peningkatan efisiensi bahan bakar dengan kontrol AFR dapat juga dilakukan dengan optimalisasi *algoritma genetic* (Zhao & Xu, 2013). Adapun perkembangan sistem kontrol AFR mengalami kemajuan cukup pesat diantaranya pengembangan *Adaptive Neural Network* (Wang, Yu, Gomm, Page, & Douglas, 2006). Dengan *Adaptive Radial Basis Function (RBF) neural network* Wang melakukan training menggunakan metode *recursive least squares* untuk pendekatan modeling AFR dinamic pada *SI engine*. Hasilnya dengan metode model *predictive control* ditambah metode *Hessian* mampu mengendalikan AFR dan menyelesaikan masalah optimasi nonlinear dengan lebih baik.

Sistem injeksi merupakan sistem yang memiliki kelebihan untuk mencapai rasio antara udara dan bahan bakar pada kondisi ideal dapat mudah tercapai. Teknologi pengaturan AFR saat ini masih memiliki permasalahan diantaranya teknologi bersifat *black box*, proses pengaturan dilakukan dalam ruang lingkup *internal engine*, belum mengintegrasikan dengan sistem *ekternal engine*. Melihat permasalahan di atas

perlu diadakan penelitian untuk mengembangkan teknologi pengaturan *AFR* dengan mengintegrasikan eksternal sistem *engine*.

Brake Control System merupakan salah satu bagian dari kendaraan yang digunakan untuk memperlambat dan menghentikan kendaraan saat bergerak. Pada dasarnya ketika kendaraan sistem rem (*Brake Control System*) diaktifkan mesin tidak berfungsi sebagai penggerak tetapi hanya kondisi stanby. Bahkan pada kondisi tertentu mesin digunakan untuk memperlambat kendaraan. Berdasarkan kondisi ini *Brake Control System* dapat dijadikan sebagai salah satu mengendalikan *AFR* pada *engine*. Dalam merancang kontrol *AFR* pada kondisi sebenarnya perlu adanya pembuatan modeling *AFR*, untuk meminimalisir kesalahan dan memberikan gambaran secara jelas terhadap sistem kontrol yang dibuat. Penelitian ini fokus pada pembuatan modeling *AFR* yang dikendalikan dengan *Brake Control System* untuk melakukan prediksi peningkatan efisiensi bahan bakar pada mesin bensin.

2. METODOLOGI DAN TEORI

Efisiensi bahan bakar mesin bensin merupakan salah satu topik yang sangat krusial pada saat ini. Pengaturan *AFR* merupakan salah satu metode peningkatan efisiensi bahan bakar mesin bensin (Ebrahimi, Tafreshi, Masudi, Franchek, & Mohammadpour, 2012). *Brake control system* merupakan salah satu bagian dari kendaraan yang digunakan untuk memperlambat dan menghentikan kendaraan saat bergerak . Pada dasarnya ketika kendaraan sistem rem (*Brake Control System*) diaktifkan mesin tidak berfungsi sebagai penggerak tetapi hanya kondisi stanby. Kondisi tertentu mesin digunakan untuk memperlambat kendaraan. Berdasarkan kondisi ini *Brake Control System* dapat dijadikan sebagai salah satu mengendalikan *AFR* pada *engine*.

Table I. Spesifikasi Mesin

Item	Specification
Kendaraan	Toyota Soluna
Jumlah Silinder	4
Tipe	4 tak, sistem injeksi
Volume	1500 cc

2.1 Air to Fuel Ratio (AFR)

AFR merupakan perbandingan antara udara dengan bahan bakar/bensin dengan perbandingan tertentu. *AFR* secara ideal memiliki perbandingan 14,67 : 1. Kondisi ini memiliki karakteristik yaitu pembakaran dalam *engine* yang paling optimal , performa *engine* baik, dan emisi *gas buang* rendah (Heywood, 1988). Perbandingan 14,67 : 1 memiliki arti yaitu perbandingan antara 14,67 satu satuan udara dan 1 satu satuan bahan bakar. *AFR* pada *engine* kendaraan dinyatakan dengan simbol lamda (λ). Lamda (λ) adalah jumlah udara / jumlah syarat udara menurut teori. Lamda (λ) = 1 adalah jumlah udara masuk ke .dalam silinder engine sama dengan jumlah syarat udara dalam teori. Lamda (λ) < 1 jumlah udara yang masuk lebih kecil dari jumlah syarat udara dalam teori, pada situasi ini *engine* kekurangan udara, campuran gemuk, dalam batas tertentu dapat meningkatkan daya *engine*. Lamda (λ) > 1 jumlah udara yang masuk lebih banyak dari syarat udara teoritis, saat ini engine kelebihan udara, campuran kurus dan daya kurang. Lamda (λ) > 1,2 dalam situasi seperti ini campuran bahan bakar dan udara sangat kurus sehingga pembakaran dimungkinkan tidak dapat terjadi pada tempat yang lebih luas.

2.2 Stoichiometry

Stoichiometry merupakan kondisi sitem campuran yang ideal antara udara dengan bahan bakar bensin. Kondisi ini memiliki perbandingan 14,7 : 1. Campuran bahan bakar dengan udara pada kondisi ini tenaga mesin menjadi optimal, emisi *gas buang* rendah serta efisiensi bahan bakar dapat meningkat. Berdasarkan pengukuran, *AFR Stoichiometry* pada kendaraan nyata dapat tercapai saat mesin sudah tercapai suhu kerja, kendaraan berjalan di jalan rata serta kecepatan kendaraan berkisar 50 km/jam. Hal ini dipengaruhi oleh masa kendaraan, kondisi jalan maupun cara mengemudi.

2.3 Brake Control System

Sistem rem / *brake system* merupakan sistem yang penting dari suatu kendaraan. Sistem rem berfungsi sebagai alat pengaman pada kendaraan yang didesain untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan. Pada sistem rem, secara umum tenaga pengereman diperoleh dari gaya gesek *brake shoes* pada bidang gesek yang berputar bersama-sama dengan roda. Prinsip kerja sistem rem yaitu merubah energi gerak menjadi energi panas. Dalam sistem teknologi hybrid sistem rem digunakan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar melalui *state of charging*. Ketika kendaraan direm generator akan melakukan charge battery dalam jumlah besar, sehingga battery cepat terisi. Dengan kondisi battery terisi maka motor listrik dapat menggerakkan kendaraan dalam waktu lebih lama.

2.4 Efisiensi bahan bakar

Konsumsi bahan bakar adalah banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin dalam tiap menitnya. Dalam mengontrol efisiensi bahan bakar dengan mengendalikan *AFR* pada kondisi campuran kurus / *lean* saat pengereman menjadi target dalam penelitian ini. Dengan campuran kurus maka bahan bakar bensin dikurangi yang masuk ke *engine*. Mesin bensin dapat beroperasi dengan campuran kurus dengan aman jika mesin tidak beroperasi pada kondisi membutuhkan tenaga besar.

2.5 Engine model

a. Temperatur dan tekanan *intake manifold*.

Persamaan yang dapat menjelaskan kondisi dalam intake manifold dynamics (MatchWork, 2015) dijabarkan dengan

$$Q = \frac{N}{4\pi} Vcd.v \frac{Pm}{R.T} = Cpump(N,Pm)N.Pm = \text{Aliran masa intake} \quad (1)$$

N = Kecepatan sudut mesin (rad/sec)

Vcd = Volume langkah mesin

V = Efisiensi volumetrik

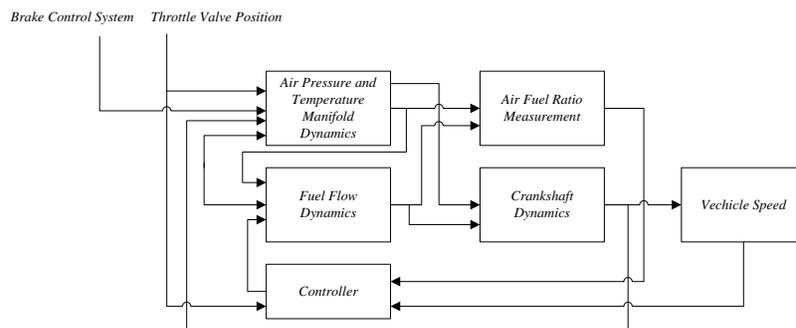
Pm = Tekanan manifold

R = Spesifik gas konstant

T = Temperatur gas.

b. Diagram block *AFR control* pada mesin.

Diagram block *AFR control* merupakan penjelasan secara general tentang cara kerja yang terjadi *AFR control* pada mesin bensin.



Gambar 1. Diagram block *AFR control*.

c. *Crankshaft dynamics* .

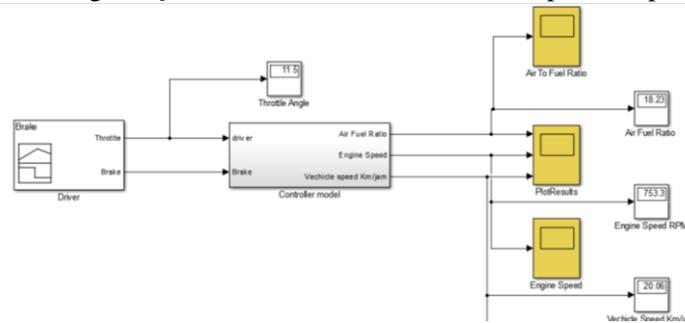
Putaran mesin dapat dijabarkan dengan integral dari torsi *engine inertia* (Jansri & Sooraksa, 2012) yang dijabarkan dengan

$$N = \left[60 \left(\int_0^t \dot{\omega} dt \right) \right] / 2\pi \quad (2)$$

Dimana N adalah putaran *crankshaft*, $\dot{\omega}$ torsi *engine inertia* .

d. Modeling *AFR control* pada mesin.

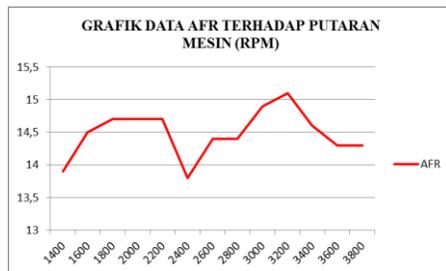
Modeling ini dibuat dengan *software MATLAB Simulink* untuk prediksi pada *AFR control*.



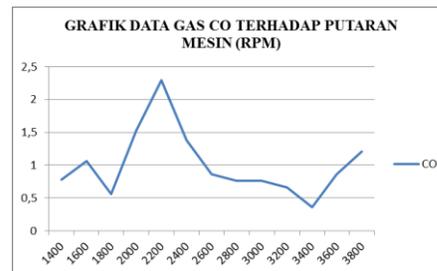
Gambar 2. Modeling *AFR control*.

2.6 Pengambilan data

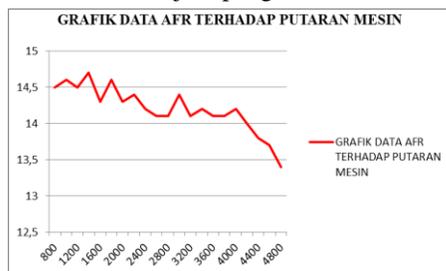
Pengambilan data mesin berupa data *AFR* maupun data gas buang menggunakan *Engine Gas Analyser* ketika kendaraan beroperasi dilakukan ketika kendaraan berhenti maupun kendaraan berjalan. Proses pengambilan data mesin merupakan proses pengambilan data yang berasal dari fenomena yang terjadi pada mesin bensin yang diukur dengan alat ukur. Data yang diperoleh dilakukan analisa, yang selanjutnya menjadi acuan dalam membuat modeling *AFR* dalam meningkatkan prediksi efisiensi bahan bakar.



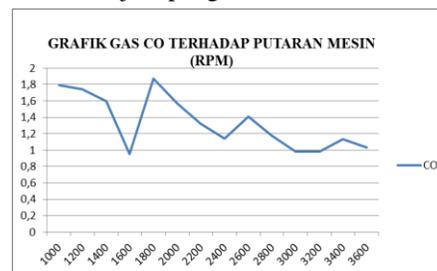
Gambar 3. Grafik *AFR* terhadap putaran mesin ketika terjadi pengereman.



Gambar 4. Grafik gas *CO* terhadap putaran mesin ketika terjadi pengereman.



Gambar 5. Data *AFR* terhadap putaran mesin ketika tidak terjadi pengereman.



Gambar 6. Data gas *CO* terhadap putaran mesin ketika tidak terjadi pengereman.

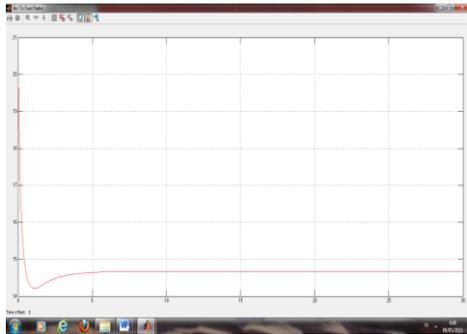


Gambar 7. Pengambilan data dengan pada kendaraan

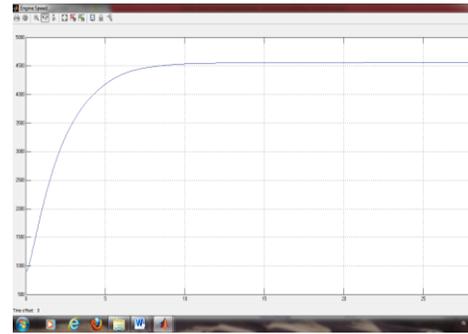


Gambar 8. Engine gas analyser display.

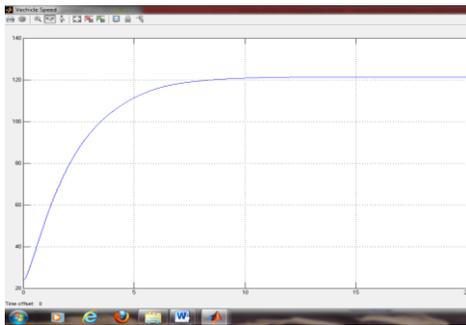
3. HASIL DAN PEMBAHASAN



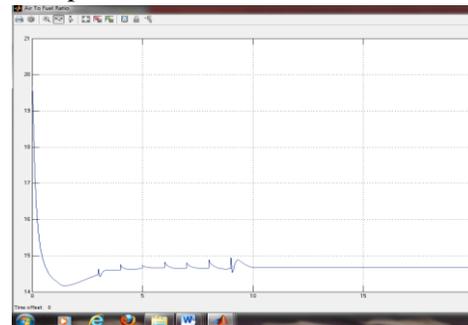
Gambar 9. Simulasi AFR saat posisi akselerasi.



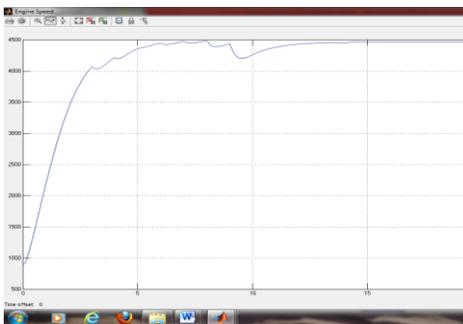
Gambar 10. Simulasi putaran mesin (rpm) saat posisi akselerasi.



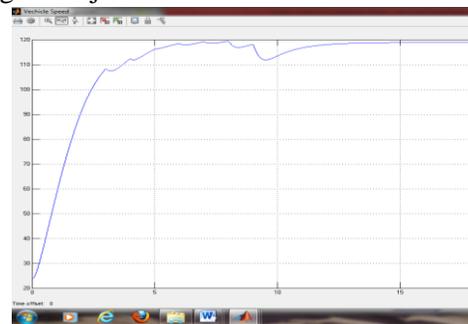
Gambar 11. Simulasi kecepatan kendaraan saat akselerasi.



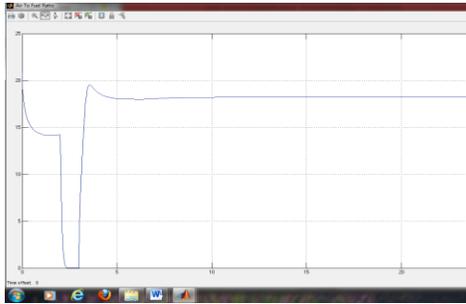
Gambar 12. Simulasi AFR saat pedal gas diinjak secara bervariasi.



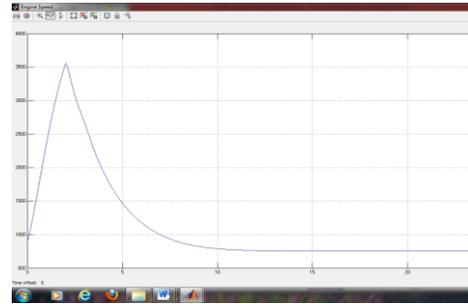
Gambar 13. Simulasi putaran mesin (rpm) saat pedal gas diinjak secara bervariasi.



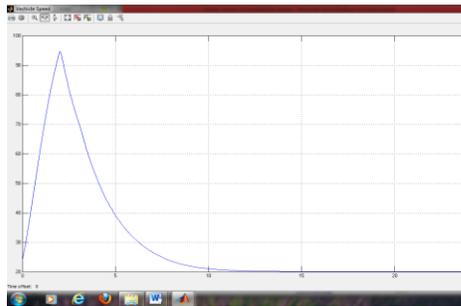
Gambar 14. Simulasi kecepatan kendaraan saat pedal gas diinjak secara bervariasi.



Gambar 15. Simulasi *AFR* saat saat direm.



Gambar 16. Simulasi *putaran mesin (rpm)* saat direm.



Gambar 17. Simulasi kecepatan kendaraan saat direm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan terjadinya kenaikan *AFR* pada saat dilakukan pengereman pada kondisi campuran kurus. Dengan tercapainya kondisi ini maka bahan bakar yang diinjeksikan ke mesin menjadi berkurang sehingga efisiensi bahan bakar meningkat. Berdasarkan data pengukuran *AFR* pada kendaraan nyata saat dilakukan pengereman *AFR* tercapai maksimal berkisar 15:1 . sedangkan hasil simulasi menunjukkan *AFR* mencapai melebihi kondisi 18:1, oleh karena itu prediksi efisiensi bahan bakar bensin pada kontrol *AFR* dengan *Brake Control System* sangat memungkinkan dapat tercapai. Melihat hasil prediksi ini sangat besar keberhasilannya dalam kontrol aplikasi nyata.

5. REFERENSI

- Badan Pusat statistik, 2015, "*Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2013*," diakses 26 Maret 2015, <http://www.bps.go.id>.
- Ebrahimi, B., Tafreshi, R., Masudi, H., Franchek, M., & Mohammadpour, J. , 2012, "Control Engineering Practice A parameter-varying filtered PID strategy for air – fuel ratio control of spark ignition engines," *Control Engineering Practice*, 20(8), 805–815.
- Heywood, B., J., 1988, "*Internal Combustion Engine Fundamental*," McGraw-Hill, Inc, United States of America.
- Jansri, A., & Sooraksa, P. ,2012, "Enhanced model and fuzzy strategy of air to fuel ratio control for spark ignition engines," *Computers and Mathematics with Applications*, 64(5), 922–933.
- Karagiorgis, S., Glover, K., & Collings, N., 2007, "Control Challenges in Automotive Engine Management," *European Journal of Control*, 13(2-3), 92–104.
- MatchWork, 2015," *Modeling a Fault-Tolerant Fuel Control System*,". Diakses 9 Mei 2015, <http://www.mathworks.com>).
- Wang, S.W., Yu, D.L, Gomm, J.B., Page, G. F., & Douglas, S. S. ,2006," Adaptive neural network model based predictive control for air–fuel ratio of SI engines," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 19(2), 189–200.
- Zhao, J., & Xu, M., 2013, "Fuel economy optimization of an Atkinson cycle engine using genetic algorithm," *Applied Energy*, 105, 335–348.

