

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SERTIFIKAT PATEN

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan hak atas Paten kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten : UNIVERSITAS DIPONEGORO
Jl. Prof. Soedarto, SH.
Tembalang
Semarang 50275

Untuk Invensi dengan Judul : ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR PADA MESIN MOBIL
BERBAHAN BAKAR BENSIN SISTEM INJEKSI

Inventor : Aris Triwiyatno
Suroto Munahar

Tanggal Penerimaan : 20 Desember 2017

Nomor Paten : IDP000058536

Tanggal Pemberian : 09 Mei 2019

Perlindungan Paten untuk invensi tersebut diberikan untuk selama 20 tahun terhitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 22 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

Sertifikat Paten ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari invensi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001



(20) RI Permohonan Paten

(19) ID

(11) IDP000058536

(13) A

(51) IPC : F02D 41/26

(21) No. Permohonan Paten : P00201709356

(22) Tanggal Penerimaan Permohonan Paten :
20 Dec 2017

(30) Data Prioritas :
(31) Nomor (32) Tanggal (33) Negara

(43) Tanggal Pengumuman Paten :
13 Jul 2018

(71) Nama dan Alamat yang Mengajukan Permohonan Paten :
UNIVERSITAS DIPONEGORO, JL. PROF. SOEDARTO, SH TEMBALANG
SEMARANG 50275, ID

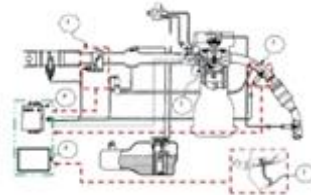
(72) Nama Inventor :
ARIS TRIWIYATNO, ID
SUROTO MUNAHAR, ID

(74) Nama dan Alamat Konsultan Paten :
-
-
-

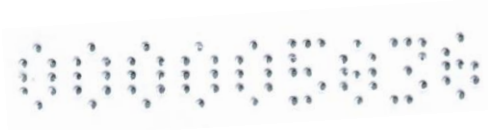
(54) Judul Invensi : ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR PADA MESIN MOBIL BERBAHAN BAKAR BENSIN SISTEM INJEKSI

(57) Abstrak :

Besarnya jumlah mobil di jalan menyebabkan angka penggunaan bahan bakar menjadi meningkat, sehingga diperlukan langkah untuk mengatasinya. Cara mengatasinya salah satunya adalah dengan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar tersebut. Efisiensi penggunaan bahan bakar tersebut dapat ditingkatkan dengan memanipulasi ataupun mengatur nilai campuran bahan bakar dengan udara atau *air-to-fuel ratio* (AFR) sesuai kebutuhan. Akan tetapi mengatur nilai AFR secara elektronik agar penggunaan bahan bakar menjadi efisien cukup sulit dilakukan. Hal ini disebabkan karena sistem kerja mobil modern sangat kompleks dan tidak *linear*, sehingga tidak bisa menggunakan sistem kontrol biasa. Permasalahan ini dapat diatasi dengan merancang suatu alat yang berfungsi sebagai pengatur (kontroler) AFR tambahan yang bekerja dengan basis logika *intelligent control system*. Kontroler ini akan diparalelkan dengan sistem kontrol (*electronic control unit* ECU) bawaan mobil dan bekerja bergantian sesuai dengan keadaan. Dengan cara seperti itu maka penggunaan bahan bakar pada mobil bisa diatur sedemikian rupa sesuai dengan kondisi pengereman, derajat bukaan gas mobil, dan kebutuhan torsi mesin secara nyata.



Gambar 1.1. Diagram Sistem Kontrol Bahan Bakar



Deskripsi

ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR PADA MESIN MOBIL BERBAHAN BAKAR BENJIN SISTEM INJEKSI

5

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar pada mesin mobil berbahan bakar bensin secara elektronik dengan cara mengatur rasio perbandingan pencampuran udara dan bahan bakar (*air-to-fuel ratio*/AFR) sesuai kebutuhan, khususnya pada saat terjadi pengereman dan/atau pada saat pedal gas (*throttle*) tertutup (berhenti dan/atau pada saat jalan turun dan/atau pada saat tidak diperlukan torsi mesin untuk memutar roda).

15

Latar Belakang Invensi

Besarnya jumlah mobil di jalan menyebabkan angka penggunaan bahan bakar menjadi meningkat, sehingga diperlukan langkah untuk mengatasinya. Cara mengatasinya salah satunya adalah dengan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar tersebut. Efisiensi penggunaan bahan bakar tersebut dapat ditingkatkan dengan memanipulasi ataupun mengatur nilai campuran bahan bakar dengan udara atau *air-to-fuel ratio* (AFR) sesuai kebutuhan torsi mesin (*engine torque*) secara *real-time*. Pengaturan AFR tersebut sekarang sangat dimungkinkan karena mayoritas mobil telah menggunakan sistem *electronic fuel injection* (EFI) yang menggunakan sistem elektronik dalam pengontrolan AFR tersebut.

Tidak setiap saat mobil menggunakan bahan bakar dengan jumlah yang sama. Pada saat pengereman dan saat bukaan gas (*throttle*) tidak ditarik (pada posisi tertutup), mobil tidak membutuhkan campuran bensin dengan udara (AFR) yang kaya. Demikian pula ketika mobil dalam kondisi jalan turun (tidak memerlukan torsi mesin untuk



memutar roda). Dengan begitu, nilai AFR harus diatur sesuai dengan keperluan. Akan tetapi mengatur nilai AFR secara elektronik agar penggunaan bahan bakar menjadi efisien cukup sulit dilakukan. Hal ini disebabkan karena sistem kerja mobil modern sangat kompleks dan tidak *linear*, sehingga tidak bisa menggunakan sistem kontrol biasa. Selain itu perangkat ECU yang merupakan pusat pengendalian mobil modern umumnya dirahasiakan oleh produsen alias bersifat *black box*. Oleh karena itu, dibutuhkan alat kontrol cerdas yang dapat mengatasi kompleksnya sistem mobil tersebut tanpa harus memanipulasi keseluruhan sistem kontrol bawaan mobil.

Permasalahan ini dapat diatasi dengan merancang suatu alat yang berfungsi sebagai pengatur (kontroler) AFR tambahan yang bekerja dengan basis logika *intelligent control system*. Kontroler dengan logika *intelligent control system* merupakan kontroler cerdas yang mudah digunakan dan sangat ideal untuk sistem yang tidak linear seperti pada mobil. Kontroler ini akan diparalelkan dengan sistem kontrol (*electronic control unit - ECU*) bawaan mobil dan akan bekerja bergantian sesuai dengan keadaan. Dengan cara seperti itu maka penggunaan bahan bakar pada mobil bisa diatur sedemikian rupa sesuai dengan kondisi pengereman, derajat bukaan gas mobil, dan kondisi nyata kebutuhan torsi mesin.

Paten A.S. 4.379.332 oleh Busser dkk. menemukan sistem injeksi bahan bakar elektronik di mana sejumlah sensor memberikan informasi operasi ke unit kontrol elektronik, yang kemudian menghitung operasi injeksi (jumlah bahan bakar dan waktu injeksi) dari *injector* bahan bakar. Dalam menentukan parameter kuantitas bahan bakar, semakin rendah jumlah bahan bakar muatan penuh dan kuantitas bahan bakar persen muatan dipilih, dengan jumlah bahan bakar persen muatan yang ditentukan oleh jumlah komponen proporsional dan komponen integral. Komponen proporsional dihitung sebagai fungsi dari kecepatan mesin aktual dan kecepatan mesin yang diperintahkan, dan komponen integral terkait dengan kesalahan kecepatan kumulatif,



dengan kesalahan kecepatan didefinisikan sebagai perbedaan antara kecepatan perintah dan sinyal kecepatan aktual. Waktunya diperoleh dengan menjumlahkan jumlah pertama dan kedua, salah satunya adalah fungsi dari kecepatan mesin aktual dan jumlah bahan bakar yang dihitung, dan yang lainnya adalah fungsi suhu udara. Komponen proporsional di atas, jumlah muatan penuh, dan jumlah waktu pertama dan kedua menggunakan dua atau tiga dimensi permukaan (grafik atau peta) yang diinterpolasi untuk berbagai masukan unit kontrol elektronik. Dengan demikian, Busser dkk. melakukan serangkaian penghitungan dan menggabungkan nilai yang dihitung dan dipetakan sampai pada jumlah injeksi bahan bakar dan jumlah waktu yang dihitung akhir. Pada invensi ini, injeksi diberikan berdasarkan informasi posisi pedal gas dan pedal rem saja, sehingga hanya berfungsi sebagai kontroler sekunder yang bertujuan memberikan penghematan penggunaan bahan bakar pada saat-saat tertentu, yaitu pada saat pengereman, mesin idle, dan pada saat jalan turun (pedal gas dalam kondisi tertutup).

Paten A.S. 4.368.705 oleh Stevenson dkk. menemukan sistem kontrol mesin di mana serangkaian peta (*maps*) digunakan untuk mengendalikan waktu injeksi, dengan pemilihan peta berdasarkan *mode* pengoperasian mesin. Pemilih peta waktu disediakan yang menerima sinyal dari berbagai sensor mesin dan sebagai tanggapannya, memilih peta tertentu untuk mengendalikan waktunya. Waktu tersebut kemudian ditentukan untuk kondisi operasi yang sesuai dalam hubungan waktu yang dipetakan yang dipilih. Dengan demikian, kondisi atau situasi yang lebih luas dapat dipertimbangkan karena peta terpisah disediakan untuk mode operasi yang berbeda.

Di Stevenson dkk, pada dasarnya empat peta operasi disediakan. Satu peta digunakan untuk pengoperasian mesin awal untuk mengakomodasi pengoperasian mesin dingin. Peta sementara dipilih dimana operator telah melakukan perubahan substansial dalam posisi *throttle* yang mengindikasikan operator menginginkan akselerasi atau



perlambatan yang signifikan. Selain itu, peta kota dan jalan raya juga disediakan. Pada invensi ini, peta (*maps*) tidak disediakan, karena hal ini memperlambat kinerja kontroler. Sebagai gantinya, pengenalan posisi pengereman dan pedal gas menjadi indikator utama dalam melakukan perubahan injeksi bensin agar lebih hemat.

Patent US5268842A oleh Marston dkk. menemukan sistem kontrol untuk mengendalikan pengisian bahan bakar dan/atau *timing* injektor bahan bakar di mesin pembakaran dalam. Injeksi bahan bakar dikendalikan berdasarkan riwayat pengoperasian mesin beberapa saat sebelumnya. Secara khusus, perbedaan antara kecepatan seketika dan kecepatan rata-rata selama periode yang telah ditentukan sebelumnya dibandingkan dan perbedaannya digunakan untuk menentukan variabel kontrol yang pada gilirannya dapat digunakan untuk memilih nilai pengisian dan/atau waktu injeksi. Perbedaan antara pengisian bahan bakar sesaat dan rata-rata pengisian bahan bakar selama periode yang telah ditentukan juga dapat digunakan untuk memilih variabel kontrol. Bahan bakar *injector fueling* dan/atau *timing* ditentukan dengan menggunakan nilai pengisian dan/atau *timing* dari setidaknya dua peta (*maps*), dengan variabel kontrol menentukan proporsi katup *timing/fueling* yang akan digunakan dalam menentukan *timing/fueling* yang diperintahkan. Variabel kontrol juga dapat diatur ke nilai tetap pada kondisi tertentu seperti selama operasi pada *governor*, atau di mana operator memilih fungsi pengurangan. Pada invensi ini, data yang diperoleh disediakan secara nyata (*realtime*) oleh sensor pedal rem dan sensor pedal gas (*throttle*) untuk menentukan nilai jumlah dan waktu injeksi bahan bakar.

Uraian Ringkas Invensi

Alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil berbahan bakar bensin sistem injeksi (6) ini merupakan aplikasi dari sistem kontrol otomotif, yang dapat mengefisienkan penggunaan bahan bakar dengan cara mengurangi komposisi bahan bakar terhadap udara pada



saat mobil direm (*braking*) dan/atau bukaan gas (*throttle opening*) dalam posisi tertutup dan/atau disesuaikan dengan kebutuhan torsi mesin secara nyata. Dengan memparalelkan alat ini bersama *eletronic control unit* (4) bawaan mobil dan mengoperasikannya secara bergantian sesuai kondisi melalui fungsi *selector relay* (14), maka dapat diperoleh penggunaan bahan bakar bensin yang lebih hemat. Alat penghemat bahan bakar yang dikembangkan memiliki tiga input data yaitu *throttle position sensor* (1), *brake control switch* (2), dan O_2 *sensor* (3), dan dua output yaitu *duty cycle* dari sinyal *pulse wave modulation* (11) yang menjadi sinyal pemicu *injection valve* dan perintah penyalaan (12) *selector relay* (14).

Uraian Singkat Gambar

Gambar 1 adalah gambar konfigurasi alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil bersistem injeksi bahan bakar bensin menggunakan *electronic air-to-fuel ratio controller* berbasis *intelligent control system* sesuai invensi sekarang ini.

Gambar 2 adalah gambar diagram blok alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil bersistem injeksi bahan bakar bensin menggunakan *electronic air-to-fuel ratio controller* berbasis logika *intelligent control system* sesuai invensi sekarang ini.

Uraian Lengkap Invensi

Alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil berbahan bakar bensin sistem injeksi (6) ini terdiri dari rangkaian mikrokontroler Arduino UNO (10) yang dilengkapi dengan software pemroses/penghitung nilai *air-to-fuel ratio* berbasis logika *intelligent control system* dengan tiga input data: *throttle position sensor* (1), *brake control switch* (2), dan O_2 *sensor* (3); dan dua output: *duty cycle* dari sinyal *pulse wave modulation* (11) yang menjadi sinyal pemicu *injection valve* dan perintah penyalaan (12) *selector relay* (14).



Duty cycle sebagai output (11) dari rangkaian mikrokontroler Arduino UNO (10) diolah menjadi sinyal PWM (*pulse wave modulation*) yang menjadi masukan dari pemacu *fuel injector* (5) dengan menggunakan *driver transistor MOSFET* (13). *Selector relay* (15) diaktifkan sesuai perintah (12) dari rangkaian mikrokontroler Arduino UNO (10) untuk memfungsikan alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil berbahan bakar bensin sistem injeksi (6) bergantian dengan ECU standar mobil (4).

Metode penghematan bahan bakar mobil menggunakan alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil berbahan bakar bensin sistem injeksi (6) ini dilakukan dengan cara mengurangi komposisi bahan bakar terhadap udara (AFR) pada saat mobil direm (*braking*) dengan mengetahui informasi sinyal (8) dari *brake control switch* (2); dan/atau bukaan gas (*throttle opening*) dalam posisi tertutup dengan mengetahui informasi sinyal (7) dari *throttle position sensor* (1). Penyalan mode penghematan dengan penskalaran menggunakan *selector relay* (14) dari aplikasi ECU standar mobil (4) ke alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil berbahan bakar bensin sistem injeksi (6) dilakukan jika terjadi salah satu atau dua kondisi sebagai berikut:

- a. Status data/sinyal yang dikirim (8) oleh *brake control switch* (2) adalah menyala (ON), yang mengindikasikan adanya pengereman oleh pengemudi.
- b. Status data/sinyal yang dikirim (7) oleh *throttle position sensor* (1) adalah nol, yang mengindikasikan pengemudi tidak sedang menarik gas (*throttle*).

Untuk mengurangi komposisi bahan bakar terhadap udara (AFR) agar terjadi penghematan pada salah satu atau dua kondisi di atas, AFR disetting pada kondisi nilai (*setpoint*) sama dengan dua puluh. Logika *intelligent control system* ditanamkan pada rangkaian mikrokontroler Arduino UNO (10) sebagai perangkat lunak kontroler untuk mempercepat proses pembakaran pada mesin mobil agar tercapai



nilai *air-to-fuel ratio* tersebut berdasarkan umpan balik (16) dari *O₂ sensor* (3).

Alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil berbahan bakar bensin sistem injeksi, terdiri dari:

- 5 1. Rangkaian mikrokontroller Arduino UNO (10) dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:
 - a. Berbasis mikrokontroler *ATmega328*.
 - b. *32K byte flash memory* (*5K Byte* digunakan untuk *bootloader*).
 - c. *2K byte SRAM*.
 - 10 d. *1K byte EEPROM*.
 - e. *Sampling rate 15 ksps (kilosamples per second)*.
 - f. Pemograman menggunakan *Arduino software* (berbasiskan bahasa C yang telah dilengkapi dengan *library* yang kompatibel dengan desain *hardware* Arduino).
 - 15 g. Dilengkapi dengan pengamanan arus berlebih di port USB yang berfungsi melindungi PC/Komputer dari kerusakan.
 - h. Catu daya 7 VDC - 12 VDC.
 - i. Jumlah *port I/O: 14 pin I/O* (*6 pin* untuk *output PWM*).
 - j. *Port antarmuka: UART TTL, I2C, SPI* dan *USB (virtual com)*.
 - 20 k. *Bootloader: internal*.
 - l. *Port pemograman: USB*.
 - m. Fitur: memiliki koneksi USB (menggunakan *ATmega8U2* sebagai konverter *USB to serial*).
2. Rangkaian pengkondisi sinyal (9), dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:
 - a. Merupakan rangkaian *analog-to-digital converter* 8 bit.
 - b. Range input: 0 - 12 VDC.
 - c. *Output: binary 8 bit* (0 - 5 VDC).
3. Rangkaian driver transistor *MOSFET* (13), dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:
 - a. Menggunakan *transistor MOSFET* jenis *N-Channel MOSFET RFP30N06LE*.



- b. Input rangkaian berupa data *duty cycle pulse wave modulation* (PWM).
 - c. Output rangkaian berupa sinyal PWM dengan *duty cycle* sebagaimana diberikan pada input rangkaian.
- 5 4. Rangkaian *selector relay* (14), dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:
- a. Tegangan referensi 12 VDC.
 - b. Menggunakan *relay Omron LY2NJ 12 VDC 10A MY2N-J 8 pin*.
- 10 Keterangan nomor angka acuan gambar:
- 1 *Throttle position sensor*
 - 2 *Brake control switch*
 - 3 *O2 sensor*
 - 4 *Electronic control unit standar*
 - 15 5 *Fuel injector*
 - 6 *Electronic air-to-fuel ratio controller berbasis logika intelligent control system*
 - 7 Informasi sinyal bukaan gas
 - 8 Informasi sinyal pengereman
 - 20 9 Pengkondisi sinyal *analog to digital converter* (ADC)
 - 10 Rangkaian mikrokontroler arduino UNO
 - 11 *Pulse wave modulation (PWM)*
 - 12 Sinyal pemicu *injection valve* dan perintah penyalaan
 - 13 *Driver transistor MOSFET*
 - 25 14 *Selector relay*
 - 15 Sinyal keluaran *selector relay*
 - 16 Sinyal analog umpan balik *air-to-fuel ratio*



Klaim

1. Alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil bersistem injeksi bahan bakar bensin menggunakan *electronic air-to-fuel ratio controller* berbasis logika *intelligent control system* (6) ini terdiri:
 - suatu rangkaian mikrokontroler Arduino UNO (10) yang dilengkapi dengan software pemroses/penghitung nilai *air-to-fuel ratio* berbasis logika *intelligent control system* yang memiliki tiga input data yaitu *throttle position sensor* (1), *brake control switch* (2), dan *O₂ sensor* (3).
 - suatu rangkaian pengkondisi sinyal (9) yang merupakan rangkaian konverter sinyal analog ke sinyal *digital* (*analog-to-digital converter*) 8 bit dengan *range input* 0 - 12 VDC dan *output binary* 8 bit (0 - 5 VDC);
 - suatu rangkaian *driver transistor MOSFET* (13) yang digunakan untuk mengolah *duty cycle output* (11) dari rangkaian mikrokontroler Arduino UNO (10) menjadi sinyal PWM (*pulse wave modulation*) yang menjadi masukan dari pemacu *fuel injector* (5);
 - suatu *selector relay* (15) yang berfungsi untuk memilih mode penghematan dengan mengaktifkan alat ETESC (6) menggantikan fungsi ECU standar mobil (4) dan mengembalikan ke fungsi ECU standar mobil (4) pada mode normal;

electronic control unit (ECU) yang dikembangkan dicirikan bekerja berdasarkan *brake control switch* melalui *selector relay* (14). *Brake control switch* yang digunakan pada invensi ini berada pada sistem rem kendaraan.
2. Alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil bersistem injeksi bahan bakar bensin menggunakan *electronic air-to-fuel ratio controller* berbasis logika *intelligent control system*, menurut



klaim 1 dilakukan dengan cara mengurangi komposisi bahan bakar terhadap udara (AFR) pada dua kondisi sebagai berikut:

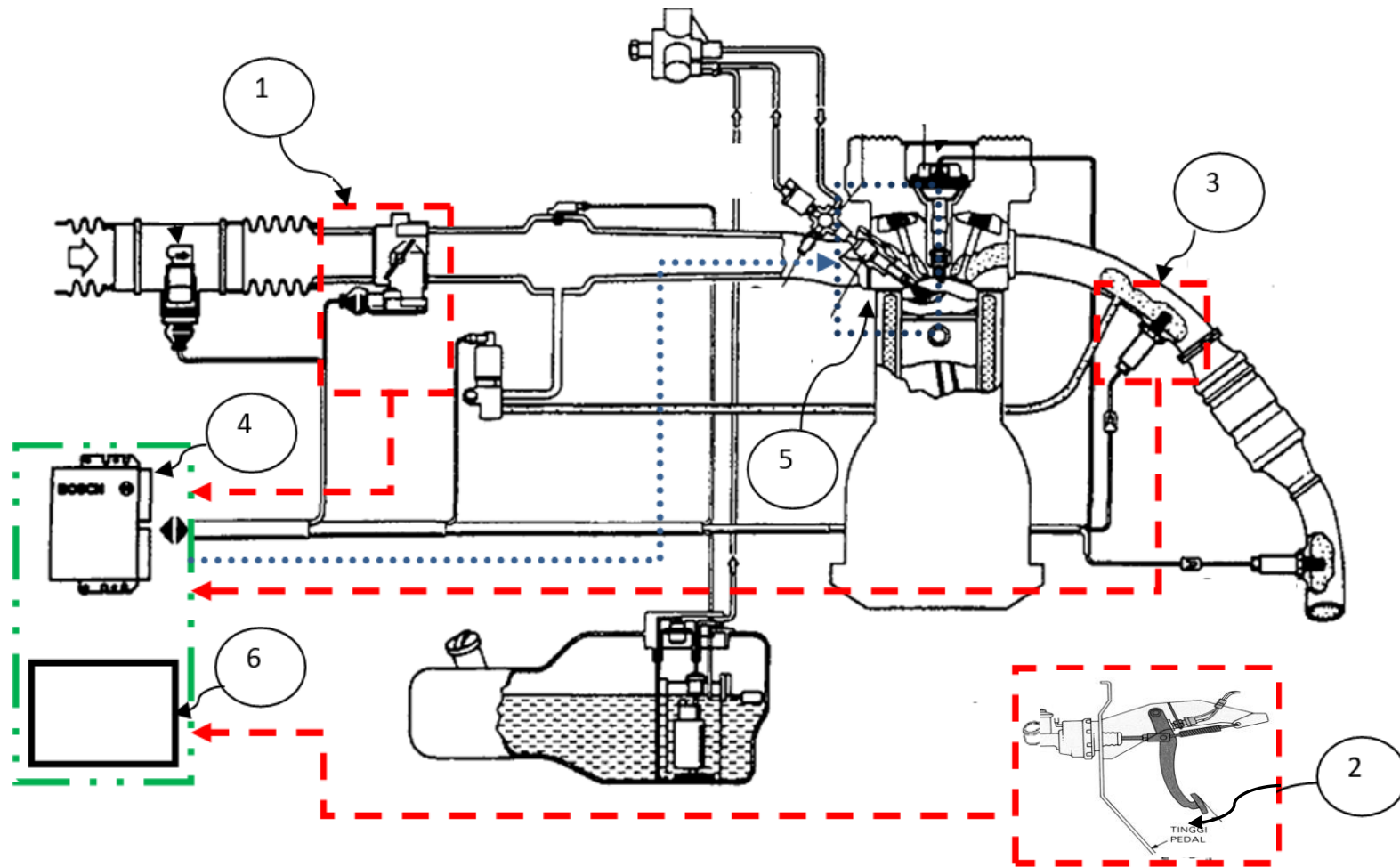
- status data/sinyal yang dikirim (8) oleh *brake control switch* (2) adalah menyala (ON), yang mengindikasikan adanya pengereman oleh pengemudi;
 - status data/sinyal yang dikirim (7) oleh *throttle position sensor* (1) adalah nol, yang mengindikasikan pengemudi tidak sedang menarik gas (*throttle*).
3. Alat penghemat bahan bakar pada mesin mobil bersistem injeksi bahan bakar bensin menggunakan *electronic air-to-fuel ratio controller* berbasis logika *intelligent control system*, menurut klaim 1 AFR disetting pada kondisi nilai (*setpoint*) sama dengan dua puluh.



Abstrak

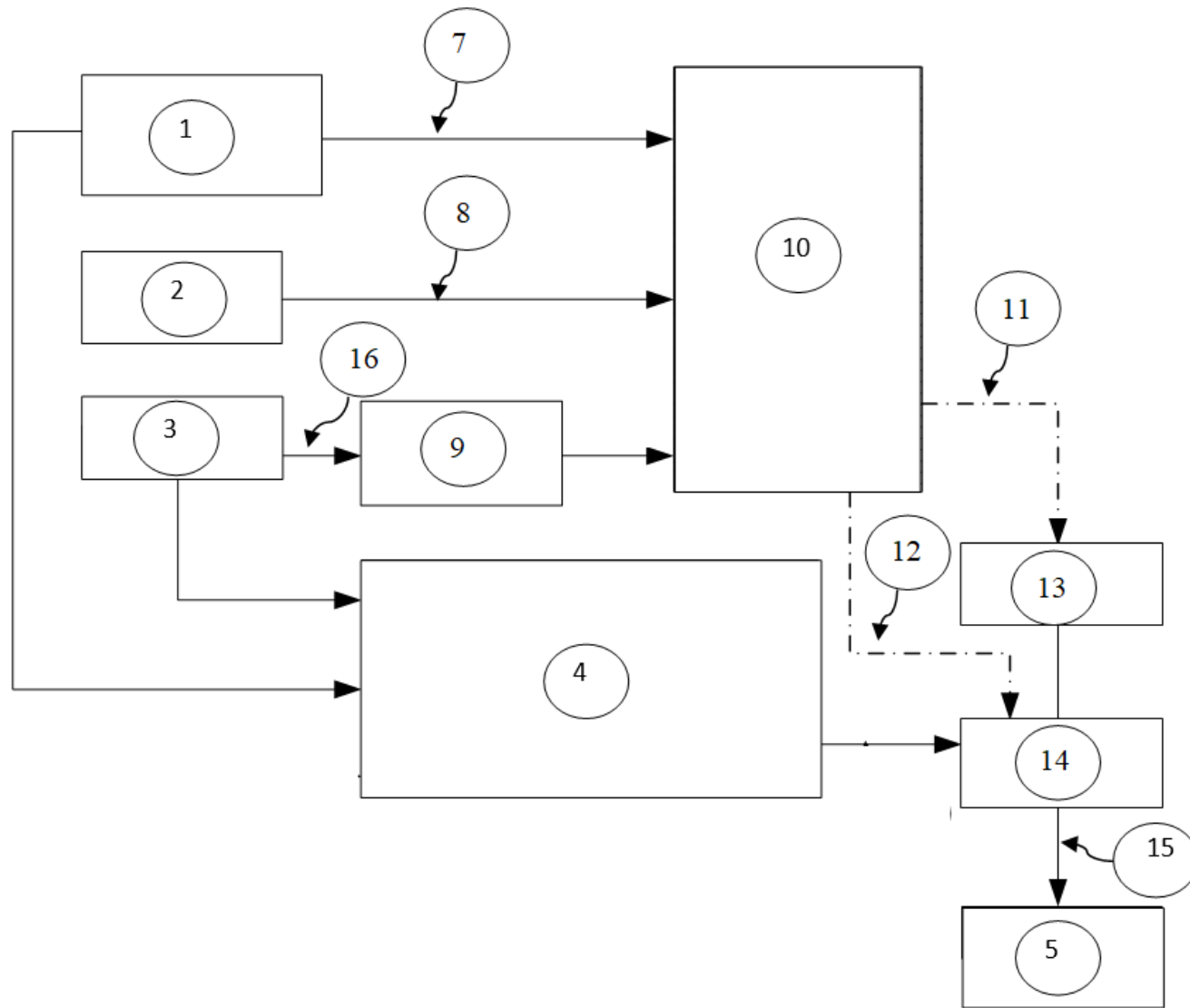
ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR PADA MESIN MOBIL BERBAHAN BAKAR BENSIN SISTEM INJEKSI

5 Besarnya jumlah mobil di jalan menyebabkan angka penggunaan bahan bakar menjadi meningkat, sehingga diperlukan langkah untuk mengatasinya. Cara mengatasinya salah satunya adalah dengan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar tersebut. Efisiensi penggunaan bahan bakar tersebut dapat ditingkatkan dengan
10 memanipulasi ataupun mengatur nilai campuran bahan bakar dengan udara atau *air-to-fuel ratio* (AFR) sesuai kebutuhan. Akan tetapi mengatur nilai AFR secara elektronik agar penggunaan bahan bakar menjadi efisien cukup sulit dilakukan. Hal ini disebabkan karena sistem kerja mobil modern sangat kompleks dan tidak *linear*,
15 sehingga tidak bisa menggunakan sistem kontrol biasa. Permasalahan ini dapat diatasi dengan merancang suatu alat yang berfungsi sebagai pengatur (kontroler) AFR tambahan yang bekerja dengan basis logika *intelligent control system*. Kontroler ini akan diparalelkan dengan sistem kontrol (*electronic control unit* - ECU) bawaan mobil
20 dan bekerja bergantian sesuai dengan keadaan. Dengan cara seperti itu maka penggunaan bahan bakar pada mobil bisa diatur sedemikian rupa sesuai dengan kondisi pengereman, derajat bukaan gas mobil, dan kebutuhan torsi mesin secara nyata.



- - - - = sensor / jalur sensor
- = aktuator / jalur aktuator

Gambar 1



Gambar 2