

# PEMANFAATAN MIKROKONTROLER AT89S51 DALAM RANCANG BANGUN SISTEM WATER INJECTION BERBASIS MIKROKONTROLER PADA SEPEDA MOTOR

Basori, Subagsono, Husin Bugis

Prodi. Pend. Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP, UNS  
Kampus UNS Pabelan Jl. Ahmad Yani 200, Surakarta, Telp/Fax 0271 718419  
Email:basori@fkip.uns.ac.id

## ABSTRACT

*The rapid development of information technology makes a lot of electronic components used in various fields. The component that is often used is a microcontroller. The microcontroller is used as the regulator and the automation system. This study aims to design a microcontroller-based water injection (WAI) system on the motorcycle.*

*The experiment was conducted with an experimental method. Object of the research is honda mega pro 2009 motorcycle. The design of microcontroller-based Wai done through the following steps: (1) designing a microcontroller-based Wai system using the proximity sensor signals, (2) designing the voltage regulator circuit, (3) designing AT89S51 microcontroller circuit, (4) designing injector circuit, (5) designing a series of 7-segment display, and (6) making programming the microcontroller on the Wai that is used to inject water or a mixture of water and methanol into the fuel chamber.*

*The research showed that the microcontroller-based Wai can work correctly when applied to motorcycles. This system works for injecting water or a mixture of water and methanol into the combustion chamber. Injection is done when the suction valve is open. This condition is known by placing a proximity sensor. On the other hand, the frequency of water or a mixture of water and methanol injection were governed by the microcontroller through the injector.*

*The results showed that the microcontroller-based Wai can work correctly and properly.*

*Keyword: water injection, mikrokontroler, air, methanol*

## PENDAHULUAN

Bidang transportasi khususnya transportasi darat, kendaraan bermotor merupakan salah satu sarana transportasi utama, baik yang menggunakan motor bensin maupun motor diesel. Sejak ditemukannya motor bensin oleh Nikolaus Otto pada tahun 1876 dan motor diesel oleh Rudolph Diesel pada tahun 1892, dunia otomotif semakin berkembang pesat sampai saat ini.

Salah satu alat transportasi yang memanfaatkan aplikasi dari motor bensin adalah sepeda motor. Sepeda motor merupakan alat transportasi roda dua yang sangat mudah dikendarai. Di Indonesia sepeda motor merupakan alat transportasi yang paling banyak digunakan, dari tahun ketahun jumlahnya terus mengalami peningkatan. Data Kakorlantas menunjukkan jumlah populasi kendaraan bermotor di Indonesia hingga 2012 akhir mencapai 77.755.658 unit.

Tabel 1. Populasi kendaraan bermotor

| No | Jenis           | Tahun      |            | Pertumbuhan |
|----|-----------------|------------|------------|-------------|
|    |                 | 2011       | 2012       |             |
| 1  | Mobil penumpang | 8.540.352  | 9.524.666  | 12%         |
| 2  | Bus             | 1.920.038  | 1.945.288  | 1%          |
| 3  | Kendaraan       | 4.257.381  | 4.723.315  | 11%         |
| 4  | Sepeda motor    | 69.204.675 | 77.755.658 | 12%         |
| 5  | Ransus          | 270.611    | 280.372    | 4%          |
|    |                 | 84.193.057 | 94.229.299 | 12%         |

Sumber: Kakorlantas Polri

Banyaknya sepeda motor yang beroperasi di Indonesia, membuka peluang bagi teknisi otomotif untuk memberikan perawatan ataupun servis yang optimal terhadap sepeda motor. Hal ini tentunya akan berdampak ekonomi bagi teknisi otomotif tersebut. Salah satu faktor yang menjadi permasalahan sepeda motor adalah menurunnya performa mesin, sehingga mengganggu aktifitas yang bersangkutan. Performa mesin dapat menurun karena beberapa hal seperti perawatan yang tidak baik, penyetelan yang tidak tepat, dan mesin cepat panas. Berkaitan dengan mesin yang cepat panas, panas merupakan salah satu masalah utama pada mesin sepeda motor yang diakibatkan oleh proses pembakaran, dan panas

yang dihasilkan oleh komponen-komponen mesin yang bergerak. Panas yang dihasilkan mesin terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya *knocking* atau detonasi yang mengakibatkan kerusakan komponen.

Detonasi merupakan peristiwa ketika terjadi lebih dari satu sumber api yg menyala pada waktu yg tidak sama di ruang pembakaran, sehingga timbul gelombang sonic (*sonicwave*) didalam ruang bakar, gelombang inilah yang menimbulkan piston jadi bunyi “ping” (*knocking*), hal ini dapat merusak piston dan klep cepat aus karena panas yang ditimbulkan berlebihan sehingga dapat menurunkan performa mesin.

Salah satu cara untuk mengatasi panas yang berlebihan dan terjadinya detonasi adalah menerapkan sistem water injection (WaI). Penggunaan air sebagai tambahan campuran bahan bakar dan udara sudah ada sejak pengembangan mesin pembakaran dalam. Air yang ditambahkan sebagai pendingin internal digunakan untuk mengurangi *knocking* dan sebagai pengontrol emisi (Lanzafame, 1999). WaI pada mesin berpengapian busi telah diselidiki untuk penelitian sejak 1930, metode ini digunakan oleh angkatan udara (Juntarakod, 2008). Teknologi ini pun sudah diterapkan di mesin turbojet.

Kelemahan sistem WaI yang diterangkan di atas, dalam mengatur penginjeksian air ke dalam ruang bakar masih bersifat manual, sehingga takaran yang diinjeksikan tidak sesuai dengan kebutuhan kerja mesin pada berbagai putaran.

Di sisi lain, perkembangan teknologi elektronik mulai merambah ke dunia otomotif. Banyak penggunaan komponen elektronik di sistem-sistem kendaraan seperti, EFI (*Electronic Fuel Injection, Anti lock Brake system, Automatic Tansmission, Electric Power Steering*, dan lain-lain). Komponen yang sering digunakan adalah mikroprosesor atau mikrokontroler. Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Penerapan alat ini sangat luas, terutama digunakan untuk sistem kendali atau otomatisasi sebuah sistem.

Salah satu jenis mikrokontroler adalah AT89S51. AT89S51 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit dioperasikan dengan daya rendah dan memiliki kinerja tinggi yang mempunyai 4

KB sistem Programmable Flash memory. Alat ini dibuat menggunakan Atmel teknologi dengan kerapatan memori *non-volatile* yang tinggi (tidak kehilangan data bila kehilangan daya listrik) dan set intruksi beserta kaki keluaran kompetibel dengan standar industri 80C51. Pada *Flash chip* memungkinkan untuk dapat di program di dalam sistem atau dari memori konvensional nonvolatile. Mikrokontroler ini dapat diproduksi secara masal sehingga harganya menjadi lebih murah dibandingkan dengan mikroprosesor, tetapi tetap memiliki kelebihan yang bisa diandalkan.

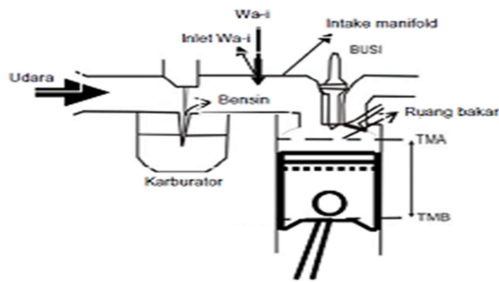
Yang menjadi permasalahan adalah bagaimanakah mengembangkan sistem WaI berbasis mikrokontroler yang dapat digunakan pada sepeda motor dan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan beban mesin?

## LANDASAN TEORI

### 1. Water Injection

Water injection adalah suatu sistem penambahan air dalam bentuk butiran pada ruang pembakaran melalui intake manifold. Tujuan utama penggunaan water injection adalah untuk mengurangi detonasi pada mesin. Water injection dapat dilakukan untuk menghemat bahan bakar, mengurangi polusi udara dan meningkatkan daya mesin (Wardono, Raharjo, 2009).

Water injection merupakan suatu sistem yang efisien untuk meningkatkan tenaga dan membantu sistem pendinginan pada mesin pembakaran dalam (kendaraan bermotor), dan tetap menggunakan mesin standar tanpa melakukan banyak perubahan pada mesin. Secara teori, udara yang lebih dingin memiliki kandungan oksigen yang lebih padat/ tinggi, sehingga energi yang dihasilkan pembakaran lebih tinggi. Water injection bekerja menurunkan temperatur pada ruang bakar.



Gambar 1. Prinsip Kerja Sistem Water Injection Stage 1

(Sumber: Wardono Raharjo, 2009)

Udara yang dihisap mesin menjadi dingin karena bercampur dengan kabut air. Penambahan air dapat mengurangi laju pembakaran dan mengurangi temperatur gas di dalam silinder sehingga dimungkinkan dapat menekan timbulnya detonasi. Selain itu, deposit karbon pada ruang pembakaran juga dapat dikurangi oleh penggunaan sistem ini (Ganesan, 2003:207).

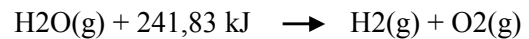
Peningkatan prestasi mesin masih dapat dilakukan yakni dengan menambahkan alkohol, etanol maupun metanol ke dalam air yang digunakan dengan jumlah tertentu dengan perbandingan volumetrik. Penambahan alkohol dapat sebagai pemercepat terjadinya proses pembakaran karena lebih mudah menguap dan terurai dibanding air, tetapi hal ini tidak selalu menjamin terjadinya penambahan tenaga yang lebih.

Untuk sepeda motor, penginjeksian air menggunakan jarum suntik. Hal tersebut dikenal dengan istilah water injection stage-1. Air dapat masuk ke ruang bakar karena kevakuman pada intake manifold. Butir halus air akan terpecah menjadi uap akibat temperatur panas dalam ruang bakar.

Dalam proses pembakaran, kandungan oksigen berpengaruh penting terhadap hasil pembakaran karena oksigen adalah satu-satunya unsur di udara yang dibutuhkan untuk reaksi oksidasi. Selain oksigen, komposisi bahan bakar (C dan H) yang digunakan juga berpengaruh dalam menghasilkan proses pembakaran yang baik. Komponen bahan bakar H (hidrogen) lebih cepat beroksidasi dibandingkan komponen C (karbon), sehingga apabila di dalam bahan

bakar atom Hidrogen meningkat maka prestasi mesin juga turut meningkat.

Berikut adalah reaksi kimia penguraian air (H<sub>2</sub>O) menjadi bahan bakar hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) (Heywood, 1988):



Dari reaksi tersebut terlihat bahwa panas yang dibutuhkan untuk mengurai air (H<sub>2</sub>O) dalam bentuk gas (241,83 kJ) lebih kecil dibanding bentuk cair (285,84 kJ). Panas pada area ruang bakar (hot spot) menjadi berkurang karena berpindah dan digunakan untuk menguapkan air. Dengan water injection, hot spot dapat dihilangkan sehingga tidak menimbulkan gejala pre-ignition pada mesin. Dengan temperatur ruang bakar yang lebih rendah, gejala detonasi dapat berkurang karena tidak terjadi pembakaran sendiri (self ignition). Campuran yang mengandung air tersebut sulit terbakar sehingga seolah menggunakan bahan bakar yang beroktan tinggi.

## 2. Mikrokontroler AT89S51

### 2.1 Prinsip dasar Kerja Mikrokontroler AT89S51

Tidak seperti sistem komputer yang mampu menangani berbagai macam program aplikasi (misalnya pengolah kata, pengolah angka dan lain sebagainya). Mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk satu aplikasi tertentu saja. Perbedaan lainnya terletak pada perbandingan RAM dan ROMnya. Pada sistem komputer perbandingan RAM dan ROMnya besar, artinya program-program pengguna disimpan dalam ruang RAM yang relatif besar, sedangkan rutin-rutin antar muka perangkat keras disimpan dalam ruang ROM yang kecil. Sedangkan pada mikrokontroler, perbandingan ROM dan RAMnya yang besar artinya program control disimpan dalam ROM yang ukurannya relatif lebih besar, sedangkan RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sederhana sementara, termasuk register-register yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan.

Mikrokontroler AT89S51 merupakan salah satu keluarga dari MCS-51 keluaran ATMEL. Jenis Mikrokontroler ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun

data 8 bit secara bersamaan. Pada prinsipnya program pada mikrokontroler dijalankan bertahap, jadi pada program itu sendiri terdapat beberapa set instruksi dan tiap intruksi itu dijalankan secara bertahap atau berurutan. Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut:

- a. Sebuah Central Processing Unit 8 bit.
- b. Osilator : internal dan rangkaian pewaktu.
- c. RAM internal 128 byte.
- d. Flash memori 4 Kbyte.
- e. Lima buah jalur interupsi (dua buah interupsi eksternal dan tiga buah interupsi internal).
- f. Empat buah programmable port I/O yang masing-masing
2. terdiri dari delapan jalur I/O.
3. g. Sebuah port serial dengan kontrol serial full duplex UART.
4. h. Kemampuan untuk melaksanakan operasi aritmatika dan
5. operasi logika.
- i. Kecepatan dalam melaksanakan intruksi persiklus 1 mikro
6. detik pada frekwensi 12 MHz.

## 2.2 Konstruksi AT89S51

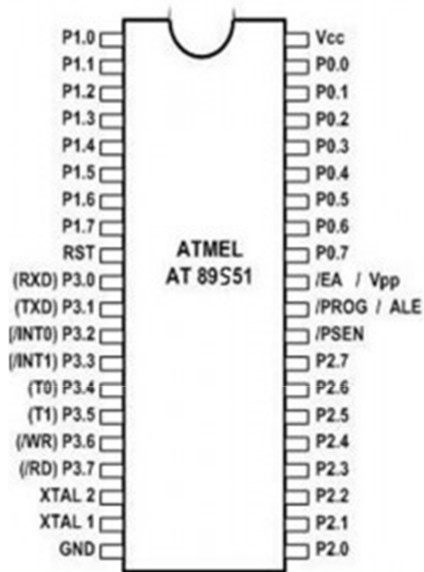
Mikrokontroler AT89S51 hanya memerlukan tambahan 3 kapasitor, 1 resistor dan 1 kristal serta catudaya 5 volt. Kapasitor 10 mikrofarad dan resistor 10 kilo Ohm dipakai untuk membentuk rangkaian riset. Dengan adanya rangkaian riset ini AT89S51 otomatis diriset begitu rangkaian catudaya. Kristal dengan frekuensi maksimum 12 MHz dan kapasitor 30 piko-farad dipakai untuk melengkapi rangkaian oscilator pembentuk clock yang menentukan kecepatan kerja Mikrokontroler. Memori merupakan bagian yang sangat penting pada mikrokontroler.

Mikrokontroler memiliki dua macam memori yang sifatnya berbeda :

1. Read Only Memory (ROM) yang isinya tidak berubah meskipun IC kehilangan catu daya. Sesuai dengan keperluannya, dalam susunan MCS-51 memori penyimpanan program ini dinamakan sebagai memori program.
2. Random Access Memory (RAM) isinya akan sirna begitu IC kehilangan catudaya, dipakai untuk menyimpan data pada saat program bekerja. RAM yang dipakai untuk menyimpan data ini disebut sebagai memori data. Ada berbagai jenis ROM untuk mikrokontroler

dengan program yang sudah baku dan diproduksi secara massal, program diisikan kedalam ROM pada saat IC Microcontroller dicetak dipabrik IC. Untuk keperluan tertentu mikrokontroler menggunakan ROM yang dapat diisi ulang atau Programable Eraseable ROM yang disingkat menjadi PROM (PEROM). Dulu banyak UVEPROM (Ultra Violet Eraseable Programable ROM). Yang kemudian dinilai mahal dan ditinggalkan setelah ada flash PEROM yang harganya jauh lebih murah.

Jenis memori yang dipakai untuk memori program AT89S51 adalah flash PEROM, program untuk mengendalikan Microcontroller diisikan kememori itu lewat bantuan alat yang dinamakan sebagai AT89S51 flash PEROM Programmer. Memori data yang disediakan dalam chip AT89S51 sebesar 128 kilo byte meskipun hanya kecil saja tapi untuk banyak keperluan memori kapasitas itu sudah cukup. AT89S51 dilengkapi UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) yang biasa dipakai untuk komunikasi data secara seri. Jalur untuk komunikasi data seri (RXD dan TXD) diletakkan berhimpitan dengan P1.0 dan P1.1 pada kaki nomor 2 dan 3, sehingga kalau sarana input/output bekerja menurut fungsi waktu. Clock penggerak untai pencacah ini bisa berasal dari oscillator kristal atau clock yang diumpan dari luar lewat T0 dan T1/T0 dan T1 berhimpitan dengan P3.4 dan P3.5, sehingga P3,4 dan P3,5 tidak bias dipakai untuk jalur input/output paralel kalau T0 dan T1 dipakai. AT89S51 mempunyai enam sumber pembangkit interupsi, dua diantaranya adalah sinyal interupsi yang diumpankan ke kaki INT0 dan INT1. Kedua kaki ini berhimpitan dengan P3.2 dan P3.3 sehingga tidak bisa dipakai sebagai jalur input/output paralel kalau INT0 dan INT1 dipakai untuk menerima sinyal interupsi. Port1 dan 2, UART, Timer 0, Timer 1 dan sarana lainnya merupakan yang secara fisik merupakan RAM khusus, yang ditempatkan di Special Function Register (SFR).



Gambar 2. Konstruksi Mikrokontroler AT 89S51 (sumber: <http://blog.ub.ac.id/ekhoaprilia>)

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini sebagai berikut: eksperimen dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler untuk mengatur *water injection* secara otomatis dimana alat ini mendapatkan input sinyal dari *proximity sensor* untuk menginjeksikan aquades dan metanol kedalam ruang bahan bakar. Oleh karena itu, eksperimen ini diawali dengan membaca waktu katup masuk terbuka dengan menggunakan proximity, dimana ditempatkan tonjolan berupa logam besi pada gigi *camshaft* untuk menandai posisi katup masuk terbuka. Selanjutnya membuat sistem minimum AT89S51 dan membuat program untuk membaca sinyal output *proximity sensor* sekaligus untuk mengendalikan sistem *water injection*. Setelah selesai membuat rangkaian mikrokontroler, dilanjutkan membuat rangkaian sistem *water injection*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Perancangan Sistem Alat *Water Injection* Berbasis Mikrokontroler

#### a. Diagram Blok Rangkaian

Diagram blok merupakan gambaran dasar dari rangkaian sistem yang sudah dirancang. Setiap diagram blok mempunyai fungsi masing-masing. Adapun diagram blok dari sistem yang dirancang, sebagai berikut:



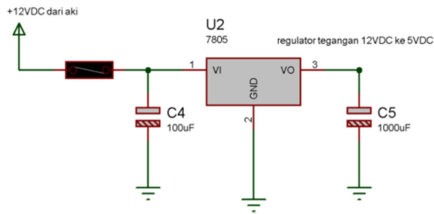
Gambar 3. Diagram blok rangkaian

Desain sistem rangkaian terdiri dari :

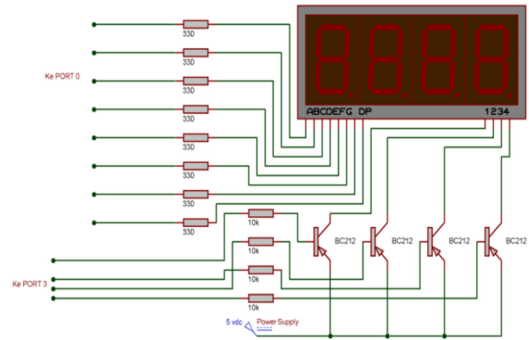
- 1) *Proximity sensor* jenis *inductive* berfungsi untuk mendeteksi objek berupa logam. Aplikasi sensor digunakan untuk mengetahui katup masuk terbuka.
- 2) Mikrokontroler AT89S51 berfungsi memproses sinyal digital yang diperoleh dari *proximity sensor*. Hasil pengolahan berupa data digital yang ditampilkan dalam 7 *segment* dalam bentuk nilai *pulse width*.
- 3) Injektor berfungsi untuk menginjeksikan aquades dan metanol yang dikendalikan oleh mikrokontroler AT89S51 dengan besaran frekuensi (Hz) dan *duty cycle* (%) setelah mendapatkan data dari *proximity sensor*.

#### b. Perancangan Rangkaian Regulator Tegangan

Rangkaian ini terdiri dari IC 7805, *fuse*, *capacitors electrolytic* 100uF dan 1000uF. Fungsi dari rangkaian ini adalah menurunkan tegangan 12VDC dari aki menjadi 5VDC sesuai dengan kebutuhan mikrokontroler. IC 7805 berfungsi untuk menurunkan dan menstabilkan tegangan dari 12VDC menjadi 5VDC dengan arus sebesar 1 *ampere*. Sebelum tegangan 12VDC masuk ke IC 7805, terdapat *capacitors electrolytic* 100uF untuk memfilter atau menyaring *ripple* tegangan 12VDC dan setelah distabilkan tegangan oleh IC7805 difilter atau disaring kembali tegangan tersebut untuk menghilangkan *ripple* tegangan 5VDC.



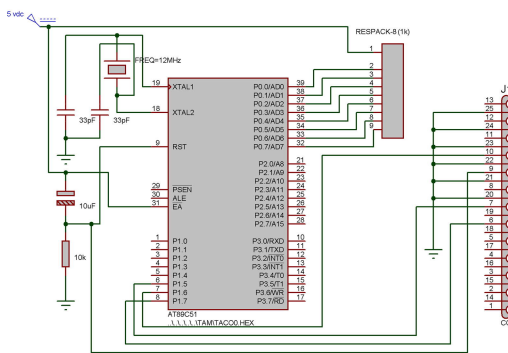
Gambar 4. Regulator tegangan



Gambar 6. Display 7-segment (RPM)

### c. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler AT89S51

Rangkaian mikrokontroler ini sebagai pusat pengendali dan pengolah data dari seluruh sistem. Komponen utama dalam rangkaian ini adalah IC mikrokontroler AT89S51. Dalam rangkaian ini terdapat komponen *crystal oscillator* 12 MHz. Komponen ini berfungsi untuk membangkitkan pulsa internal dan dua buah *capacitors* 33pF yang berfungsi menstabilkan frekuensi.



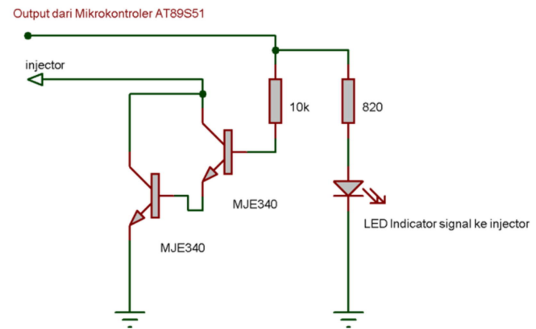
Gambar 5. Rangkaian mikrokontroler AT89S51

### d. Perancangan Rangkaian Display 7-Segment

Pada rangkaian ini menggunakan 7-segment empat digit yang digunakan sebagai *display* pulse width secara digital. Jenis 7-segment yang dipakai pada rangkaian ini adalah *common anoda*, dimana bagian anodanya dihubungkan menjadi satu (*common*) dengan Vcc 5 VDC. Terdapat empat transistor PNP (Positif-Negatif-Positif) sebagai pensaklaran data untuk mikrokontroler.

### e. Perancangan Rangkaian Injektor

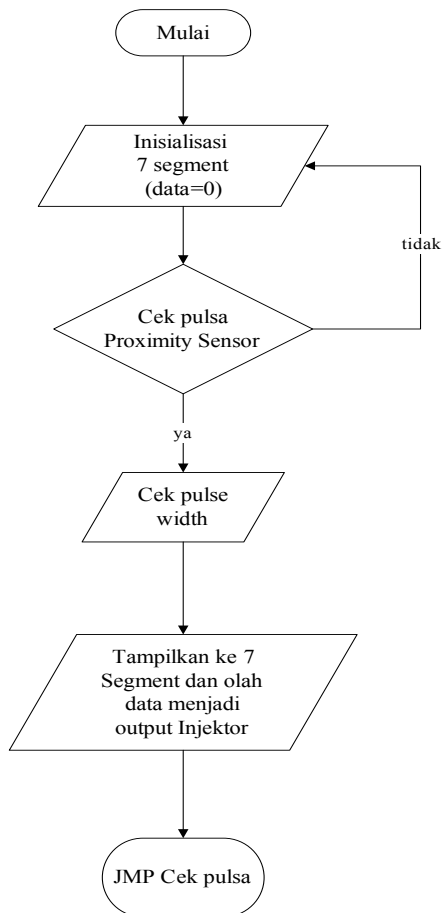
Rangkaian ini menggunakan dua buah transistor NPN (Negatif-Positif-Negatif), dua buah resistor dan satu buah LED. Fungsi dari transistor NPN pada rangkaian adalah sebagai penguat arus, karena keluaran dari output port mikrokontroler mempunyai arus yang kecil. Hal ini dimaksudkan agar port mikrokontroler tersebut tidak terbebani. Selain sebagai penguat arus, transistor NPN mengalirkan tegangan arus positif ke injektor. LED hanya digunakan sebagai penanda adanya sinyal pulsa yang keluar.



Gambar 7. Rangkaian injektor

## 2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak diawali dengan membuat diagram alir atau *flowchart*. Menurut Mulyanto, *Flowchart* atau bagan alir adalah skema/bagan (*chart*) yang menunjukkan aliran (*flow*) di dalam suatu program secara logika(2008: 103). Adapun diagram alir yang dirancang, sebagai berikut:

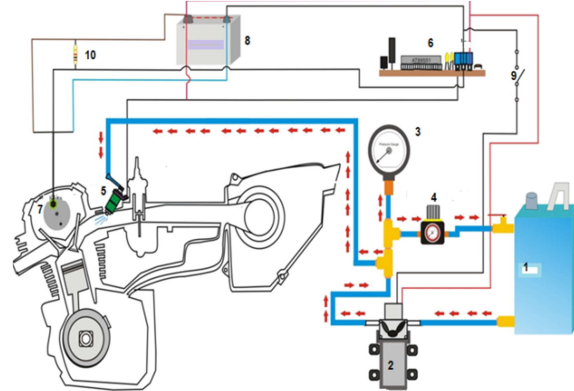


Gambar 8. Diagram alir *water injection*

Instruksi yang pertama dijalankan program adalah inisialisasi 7 segment. Inisialisasi ini bertujuan untuk menetapkan 7 segment sebagai output untuk menampilkan display rpm. Satuan data pada 7 segment diisi kosong sehingga pada awal sebelum program berjalan 7 segment dalam kondisi mati. Setelah inisialisasi 7 segment, program menjalankan cek pulser. Pada cek pulser apabila sinyal dari pulser berisi bit 1, maka akan diproses oleh program untuk ditampilkan pada display dalam bentuk *pulse width* yang telah dikalkulasi oleh program. Apabila sinyal pulser tidak menghasilkan bit 1, maka akan kembali ke inisialisasi 7 segment. Selanjutnya hasil pengolahan data dari *pulse width* akan dijadikan output injektor. Program akan kembali ke cek pulsa apabila proses telah selesai.

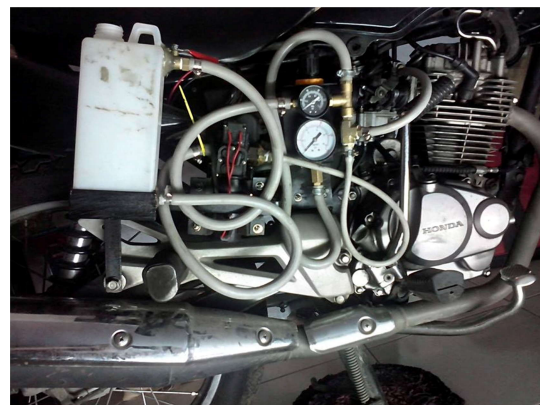
Setelah flowchart, kemudian diimplikasikan dalam pemrograman berbasis assembler.

Secara keseluruhan, *water injection* yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar berikut.



(1) Reservoir, (2) Diaphragm pump, (3) Pressure gauge, (4) Pressure regulator, (5) Injector, (6) Microcontroller, (7) Proximity sensor (8) Battery, (9) Switch, (10) Resistor

Gambar 9. Bagan Sistem Water Injection berbasis mikrokontroler



Gambar 10. Sistem *water injection* berbasis mikrokontroler yang telah dibuat

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan eksperimen yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan: bahwa rancang bangun WaI berbasis mikrokontroler dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51 dapat bekerja dengan baik dan tepat dalam menginjeksikan air atau air dan metanol ke dalam ruang bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alliance Consulting International. (2008). Methanol Safe Handling Manual. Ed 1th. USA: Methanol Institute, [Online], Diakses di : <http://www.biodiesel.org/docs/ffs-methanol/methanol-safe-handling-fact-sheets-oct-2008.pdf?sfvrsn=6> [3 Maret 2014]
- Boretti, Alberto. (2012). Water Injection in Directly Injected Turbocharged Spark Ignition Engines. *Applied Thermal Engineering* 52 (2013) 62e68. [Online], Diakses di: [www.elsevier.com/locate/apthermeng](http://www.elsevier.com/locate/apthermeng) [7 Maret 2014]
- Deionized Water vs Distilled Water: Whats the Difference, [Online]. Diakses di: <http://www.distilleddeionizedwater.com/deionized-water-vs-distilled-water/> [8 Maret 2014]
- Eko Aprilia. (2011). Langkah-langkah perancangan Sistem Mikrokontroler Keluarga 8051, [Online] diakses di: <http://blog.ub.ac.id/ekhoaprilias/2011/03/03/langkah-langkah-perancangan-sistem-mikrokontroler-keluarga-8051/> [2 april 2014]
- Ganesan, V. (2006). *Internal Combustion Engines* (2th ed.). New Delhi: McGraw-Hill
- Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engines Fundamental*. McGraw Hill. Singapore
- Juntarakod, P. (2008). Analysis of Water Injection Into High-Temperature Mixture of Combustion Product In A Cylinder of Spark Ignition Engine. Thesis. King Mongkut's University Of Technology North Bangkok, [Online], Diakses di: [www.gits.kmutnb.ac.th/ethesis/data/4910082033.pdf](http://www.gits.kmutnb.ac.th/ethesis/data/4910082033.pdf) [21 Februari 2014]
- Lanzafame, R. (1999). Water Injection Effects In A Single-Cylinder CFR Engine. SAE Thecnical Papers Series.1999-01-0568
- Saftari. (2005). Water Injection Stage 1, [Online], Diakses di <http://www.saft7.com/water-injection-stage-1/> [27 Maret 2014]
- Syahrul. (2012). Mikrokontroler AVR Atmega8535. Bandung: Informatika
- Walkowski, N.A. (2010). A Study of the Effect of Water Injection before the Combustion Chamber on the Performance of a Turbojet Engine. Diperoleh 25 Februari 2014, dari [www.ewp.rpi.edu/~ernesto/SPR/Walkowski-FinalReport.pdf](http://www.ewp.rpi.edu/~ernesto/SPR/Walkowski-FinalReport.pdf)
- \_\_\_\_\_, (2012). Pengertian dan Kelebihan Mikrokontroler, [Online] Diakses di: <http://elektronika-dasar.web.id/artikel-elektronika/pengertian-dan-kelebihan-mikrokontroler/> [1 Juni 2014]
- \_\_\_\_\_, (2012). Water Injection Engine, [Online] diakses di: [http://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_injection\\_\(engine\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Water_injection_(engine)) [20 April 2014]
- \_\_\_\_\_, (2014). Diakses di: [repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/30155/.../Chapter%20II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/30155/.../Chapter%20II.pdf) [23 April 2014]
- \_\_\_\_\_, (2014). Panduan Praktis Mikrokontroler AT 89S51, [Online], diakses di: <http://ilmukomputer.org/2007/03/.../panduan-praktis-mikrokontroler-at89s51/> [27 April 2014]
- \_\_\_\_\_, (2014). Mikrokontroler, [Online], diakses di: <http://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/.../yono-mikrokontroler.doc> [22 April 2014]