

RANCANG BANGUN WATER INJECTION BERBASIS MIKROKONTROLER SERTA PENGARUHNYA TERHADAP TORSI DAN DAYA PADA SEPEDA MOTOR HONDA MEGA PRO TAHUN 2009

Fauzianto Mahmud, Husin Bugis, & Basori

Prodi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik dan Kejuruan, FKIP, UNS
Kampus UNS Pabelan Jl. Ahmad Yani 200, Surakarta, Telp (0271)718419/Fax (0271)716266
email: uzimud@gmail.com

ABSTRACT

The purposes of this research are: (1) To develop and to design microcontroller-based system of water injection on Honda Mega Pro Motorcycle 2009. (2) To know the effect that uses microcontroller-based water injection of torque and power on Honda Mega Pro motorcycle 2009. (3) To know the quantity of torque and power on Honda Mega Pro motorcycle 2009 that uses microcontroller-based water injection. This research used descriptive quantitative methods. The sample of the research used is Honda Mega Pro 2009 in KC11E1237512 engine serial number. The data retrieved from the quantity of torque and power by using water microcontroller-based water injection with composition on (A₁₀₀, A₉₀, A₈₀, A₇₀, A₆₀, and A₅₀). The data are retrieved from the result of the research which are put into table and presented in the graphic form and then being analyzed. Based on the result of the research, it can be concluded that: (1) Development and design of microcontroller-based water injection can work and operate properly on Honda Mega Pro motorcycle 2009. (2) There was a positive effect that uses microcontroller-based water injection of torque and power on Honda Mega Pro motorcycle 2009. (3) The best maximal torque is produced by using water injection (A₅₀) on 14.29 Nm at 6250 rpm engine speeds or the torque escalates 1.11 Nm or 8.42% and the worst maximal torque is produced by using water injection (A₁₀₀) on 13.07 Nm at 6162 rpm engine speeds or the torque decreases 0.11 Nm or 0.83% compared to the maximal torque produced by motorcycle without water injection (standard) on 13.18 Nm at 6750 rpm engine speeds. (4) The best maximal power is produced by using water injection (A₅₀) on 13.70 HP at 7724 rpm engine speed or the power escalates 0.93 HP or 7.28% and the worst maximal power is produced by using water injection (A₁₀₀) on 12.43 HP at 7049 rpm engine speeds or the power decreases 0.34 HP or 2.66% compared to the maximal power produced by motorcycle without water injection (standard) on 12.77 HP at 7156 rpm engine speeds.

Key words: *water injection, microcontroller, torque and power.*

A. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi telah berkembang di seluruh belahan dunia. Jarak dan waktu sekarang ini, bukan lagi menjadi masalah karena adanya bantuan teknologi yang ada. Perkembangan teknologi khususnya dalam dunia industri otomotif sangat pesat seiring dengan tuntutan pengguna kendaraan bermotor. Produsen kendaraan bermotor berlomba-lomba meningkatkan inovasi baru dalam

meningkatkan kualitas produknya. Tentu saja semua itu dilakukan untuk memberikan produk yang terbaik dan laku di pasaran.

Indonesia sebagai negara berkembang dengan pertumbuhan ekonomi yang terus meningkat membuat investor otomotif berani menanamkan modalnya. Hal ini membuat pasar otomotif di Indonesia menjadi ramai. Konsumsi kendaraan bermotor di Indonesia sangat

tinggi terutama sepeda motor. Menurut data terakhir Badan Pusat Statistik di Indonesia bahwa pengguna sepeda motor pada tahun 2012 sebesar 76,4 juta unit, hal ini berbanding terbalik dengan pengguna sepeda motor pada tahun 1999 yang hanya 13 juta unit. Data tersebut membuktikan bahwa kebutuhan masyarakat akan kendaraan bermotor khususnya sepeda motor cukup tinggi.

Oleh karena itu, produsen sepeda motor di Indonesia berlomba-lomba dalam melakukan inovasi. Produsen sepeda motor menanamkan inovasi tidak kalah dengan mobil. Banyak sekali inovasi yang ditanamkan untuk memberikan rasa nyaman, aman, efisiensi mesin, ramah lingkungan dan ekonomis. Namun upaya untuk memberikan inovasi yang bermanfaat bagi pengguna sepeda motor harus selaras dengan kondisi lingkungan dan udara yang semakin lama memburuk.

Saat ini telah berkembang teknologi EFI (*electronic fuel injection*) pada mesin sepeda motor untuk dapat meningkatkan prestasi mesin. Dengan teknologi EFI pada sepeda motor dapat menciptakan mesin berdimensi kecil yang mempunyai performa yang besar, hemat bahan bakar dan ramah lingkungan. Sistem penyemprotan bahan bakar yang dikontrol secara elektronik pada EFI sangat mendukung proses pembakaran yang sempurna karena nilai campuran bahan bakar dan udara selalu disesuaikan dengan kebutuhan mesin.

Syarat terjadinya pembakaran yang sempurna adalah adanya tekanan kompresi, campuran bahan bakar dan udara beserta suhu yang cukup ideal untuk pembakaran. Kesempurnaan pembakaran mesin pembakaran dalam (*internal combustion chamber*) sangat penting karena dapat mempengaruhi performa, efisiensi dan hasil pembakaran dalam mesin.

Sepeda motor konvensional menggunakan karburator untuk mengatur perbandingan campuran udara dengan bahan bakar atau air fuel ratio. Apabila

setingan AFR tidak tepat dapat berpengaruh pada proses pembakaran. Proses pembakaran yang tidak sempurna akan menurunkan performa mesin dan menyebabkan mesin 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 yang 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 katup cepat aus karena panas yang ditimbulkan berlebihan, sehingga dapat menurunkan performa mesin.

Detonasi terjadi karena beberapa faktor, diantaranya rendahnya oktan bahan bakar terutama bensin, rasio kompresi silinder yang berlebihan dan waktu percikan bunga api busi terlalu maju. Udara yang masuk ke *intake manifold* terlalu panas dan beban akselerasi mesin yang berat juga dapat menimbulkan adanya detonasi.

Salah satu alternatif teknologi yang digunakan untuk meningkatkan performa mesin dan mengurangi detonasi dengan menggunakan sistem *water injection*. Penggunaan air sebagai tambahan campuran bahan bakar dan udara sebenarnya sudah ada sejak pengembangan mesin pembakaran dalam. Air yang ditambahkan sebagai pendingin internal digunakan untuk mengurangi knocking dan sebagai pengontrol emisi (Lanzafame, 1999). Teknologi ini sebenarnya sudah ada sejak dahulu yang digunakan di dalam mesin pesawat terbang. Desain mesin pesawat terbang terdahulu masih menggunakan piston,

sehingga perlu induksi air untuk meningkatkan bahan bakar anti-*knocking*. *Water injection* 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*. Menurut Walkowski (2010), penginjeksian air ke dalam campuran udara sebelum *burner* memberikan efek yang besar terhadap daya dorong mesin *turbojet*.

Water injection adalah sistem penginjeksian air dalam bentuk butiran halus ke dalam ruang pembakaran. Air berwujud butiran halus masuk ke dalam ruang pembakaran melalui *intake manifold* yang bercampur secara bersamaan dengan bahan bakar dan udara. Tingkat penguapan air yang tinggi membuat air yang diinjeksikan ke dalam ruang bahan bakar seakan-akan panas dari kepala silinder dipindahkan ke air yang membuat suhu dalam ruang pembakaran menjadi turun. Sehingga efisiensi termal pada mesin menjadi stabil. Penginjeksian air di dalam ruang bahan bakar membuat kompresi menjadi naik dan sekaligus dapat meningkatkan oktan bahan bakar. Ganesan berpendapat, "penambahan air pada bahan bakar bensin dapat memperlambat laju pembakaran dan mengurangi suhu gas pembakaran di dalam silinder yang dapat menekan terjadinya detonasi" (2006: 217).

Udara yang lebih dingin memiliki oksigen yang padat dan tinggi, dengan demikian energi yang dihasilkan lebih tinggi. *Water injection* menginjeksikan air ke dalam ruang pembakaran yang akan terpecah menjadi uap yang terurai dalam bentuk hidrogen dan oksigen pada temperatur ruang pembakaran, hal ini dapat menghasilkan tenaga tambahan bagi mesin.

Untuk penyempurnaan dari sistem ini, banyak pemakaian sistem *water injection* dicampur dengan alkohol. Air memberikan efek pendinginan karena sifat penyerapan panas yang tinggi dipadukan dengan sifat alkohol yang mudah terbakar dan berfungsi juga untuk meningkatkan

oktan bahan bakar. Air yang digunakan adalah aquades. Jenis alkohol yang sering dicampur dengan air untuk sistem *water injection* adalah metanol (CH_3OH). Maka banyak yang menyebutnya sistem ini dengan nama *Water Methanol Injection* atau *Alcohol-Water Injection*.

Dalam penelitian ini objek yang digunakan adalah sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009. Mesin sepeda motor ini menerapkan proses 4 langkah dalam siklus pembakaran. Sistem pencampuran bahan bakar dengan udara menggunakan karburator.

Water injection stage 1 menggunakan jarum suntik sebagai media untuk penginjeksi dan memanfaatkan kevakuman *intake manifold* untuk penginjeksian air, namun hal tersebut dirasa kurang mampu menginjeksikan air pada rpm yang tinggi, karena semakin tinggi putaran mesin tekanan kompresi semakin menurun. Sehingga efisiensi volumetrik dari campuran bahan bakar dan air yang terhisap semakin sedikit. Perlu adanya penyempurnaan sistem *water injection stage 1*. Pada penelitian yang akan diterapkan, proses penginjeksian *water injection* dilakukan secara otomatis dimana dikontrol oleh sebuah mikrokontroler berdasarkan *input signal* dari *proximity sensor* dan memberi tekanan pada penginjeksiannya agar dapat menambah volume bahan bakar pada saat rpm tinggi, dimana torak mempunyai waktu sedikit dalam menghisap bahan bakar. Pengontrolan otomatis ini berguna untuk penginjeksian *water injection* agar tepat dalam penginjeksian dan membuat penginjeksian air beserta metanol ini menjadi kabut, sehingga campuran lebih homogen dengan bahan bakar dan udara.

Penggunaan *water injection* berbasis mikrokontroler diharapkan dapat beroperasi dengan baik serta mampu meningkatkan dan memberikan pengaruh terhadap torsi dan daya pada sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009 secara lebih optimal.

B. METODE PENELITIAN

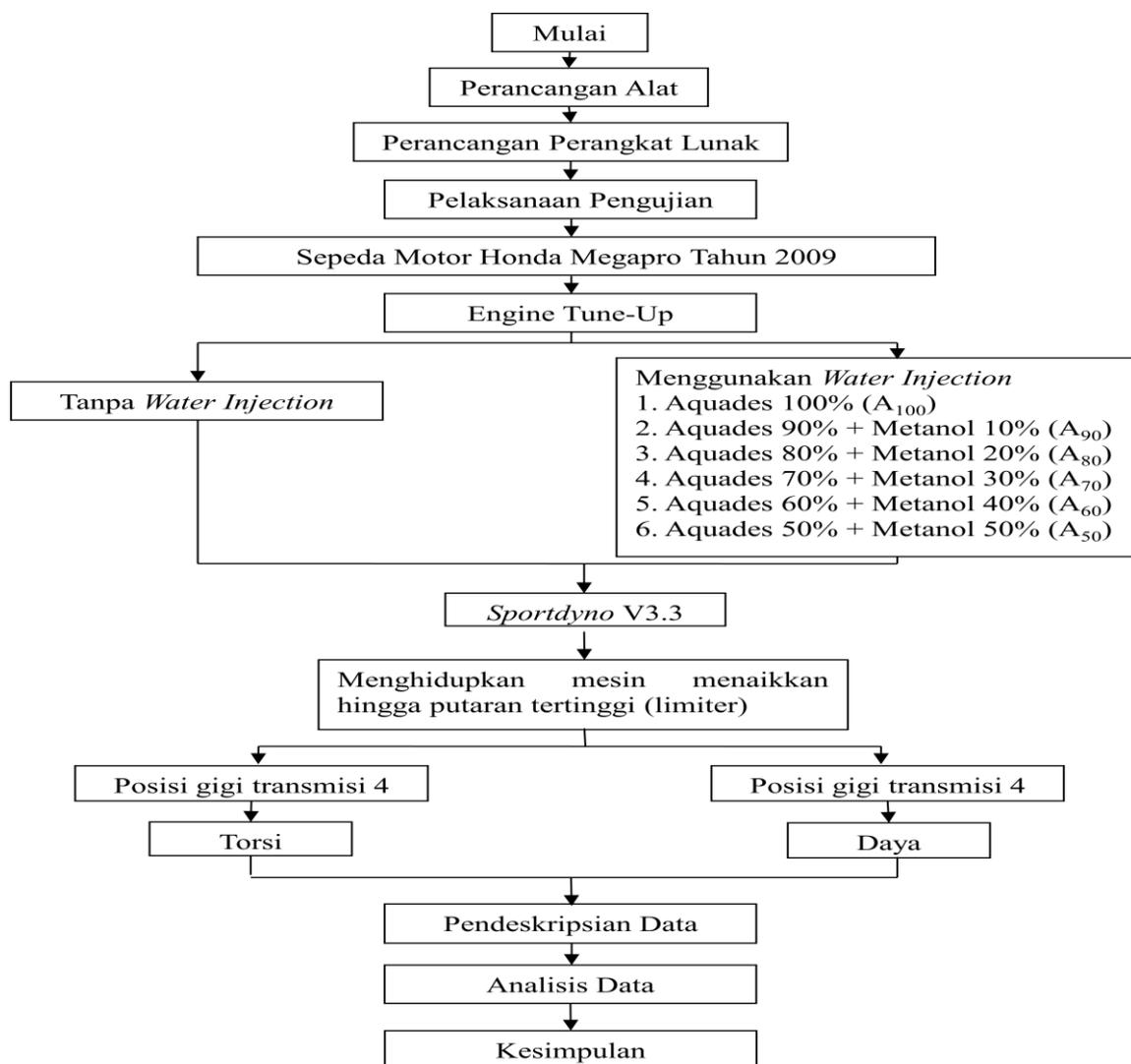
Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang dikendalikan. (Sugiyono, 2010: 107).

Prosedur penelitian ini diawali dengan pengajuan judul, studi literatur, pelaksanaan eksperimen, analisis data dan pendeskripsian data. Analisis data penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Dimana banyak variabel respons atau variabel terikat dipengaruhi oleh lebih dari satu faktor atau variabel bebas. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang berusaha mendiskripsikan

suatu gejala, peristiwa, kejadian yang terjadi saat ini (Asmani, 2011: 40).

Tahap eksperimen ini diawali dengan perancangan alat *water injection* berbasis mikrokontroler, perancangan perangkat lunak mikrokontroler, dan pelaksanaan pengujian *water injection* berbasis mikrokontroler terhadap torsi dan daya dengan komposisi aquades yang telah ditentukan.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009 dengan nomor mesin KC11E1237512 menggunakan bahan bakar premium. Alat yang digunakan untuk mengetahui besar torsi dan daya adalah *Sportdyno V3.3*.



Gambar 1. Bagan Tahap Eksperimen

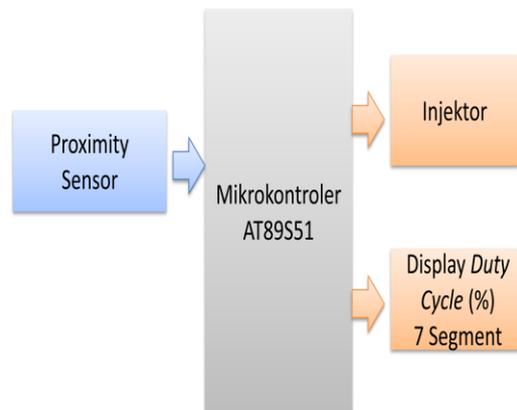
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil rancang bangun *water injection* berbasis mikrokontroler dan hasil pengujian sistem *water injection* berbasis mikrokontroler terhadap torsi dan daya pada sepeda motor Honda Mega Pro Tahun 2009.

1. Perancangan Alat

a. Diagram Blok Rangkaian Mikrokontroler

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



Gambar 2. Diagram Blok Rangkaian

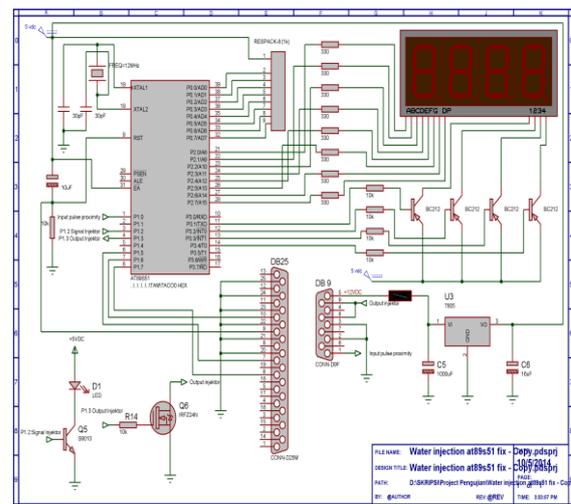
Desain sistem rangkaian terdiri dari:

- 1) *Proximity sensor* berfungsi untuk mendeteksi objek berupa logam, yakni tonjolan baut pada gigi *camshaft*. Aplikasi sensor ini digunakan untuk mengetahui atau mendeteksi katup masuk terbuka.
- 2) Mikrokontroler AT89S51 berfungsi menerima, memproses dan mengolah sinyal *digital* yang dikirim oleh *proximity sensor*, selanjutnya mikrokontroler akan menampilkan nilai *duty cycle* dalam bentuk persen pada *seven segment* dan mengambil tindakan untuk mengaktifkan injektor.
- 3) Injektor berfungsi untuk menginjeksikan aquades dan

metanol yang dikendalikan oleh mikrokontroler AT89S51.

Port 3 bit 5 pada mikrokontroler AT89S51 digunakan sebagai *input eksternal timer 1*, sehingga ketika di *set* oleh program akan membuat *timer 1/0* berfungsi sebagai *counter* yang akan menghitung pulsa *eksternal* dari *proximity sensor* pada pin tersebut. Jumlah pulsa akan disimpan pada *register timer* (TH dan TL) pada mikrokontroler. Pulsa *digital* yang dihasilkan *proximity sensor* masuk pada *port 3 bit 5* atau pin 0 akan dikalkulasi di dalam mikrokontroler. Hasil perhitungan pulsa akan digunakan sebagai *output* injektor pada *port 1 bit 3* atau pin 4, sinyal injektor pada *port 1 bit 2* dan ditampilkan pada *7-segment* dalam bentuk persen *duty cycle*.

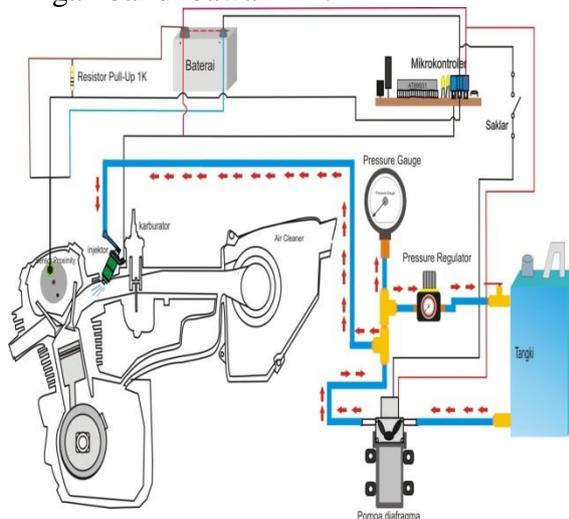
Pengujian rangkaian sistem minimum AT89S51 dapat dilakukan dengan menghubungkan tegangan 12 VDC. Kemudian pada pin 40 diukur dengan *multimeter digital*. Dari hasil pengujian didapatkan tegangan pada pin 40 sebesar 5 Volt. Pada *driver* injektor dilakukan pengukuran tegangan dengan *multimeter digital* dan didapatkan tegangan sebesar 12 Volt ketika injektor aktif.



Gambar 3. Skematik Rangkaian Mikrokontroler *Water Injection*

b. Perancangan Sistem Water Injection

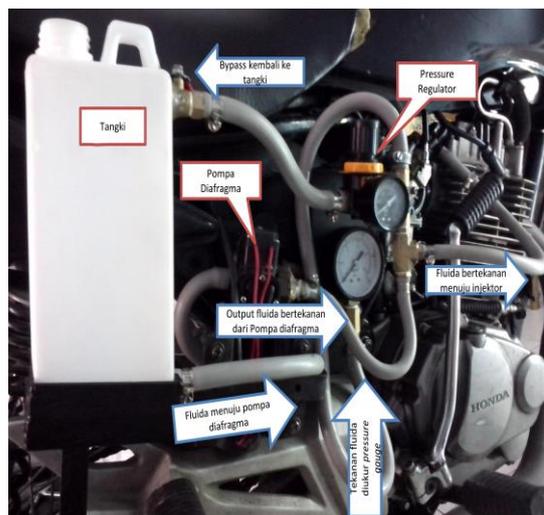
Rangkaian instalasi sistem *water injection* terdiri dari komponen-komponen di atas. Instalasi sistem *water injection* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. Skema Sistem Water Injection

Cara kerja dari sistem *water injection* adalah fluida yang berupa aquades dan campuran aquades dengan metanol ditampung di dalam tangki. Kemudian fluida tersebut dihisap oleh pompa diafragma melalui saluran hisap atau suction. Fluida diberi tekanan oleh pompa dan keluar melalui saluran discharge menuju ke injektor. Tekanan fluida di ukur menggunakan *pressure gauge* dan tekanan diatur oleh *pressure regulator*. Tekanan fluida yang digunakan dalam pengujian sebesar 50 Psi. Fluida yang melebihi tekanan yang ditetapkan di buang kembali atau di *bypass* ke dalam tangki.

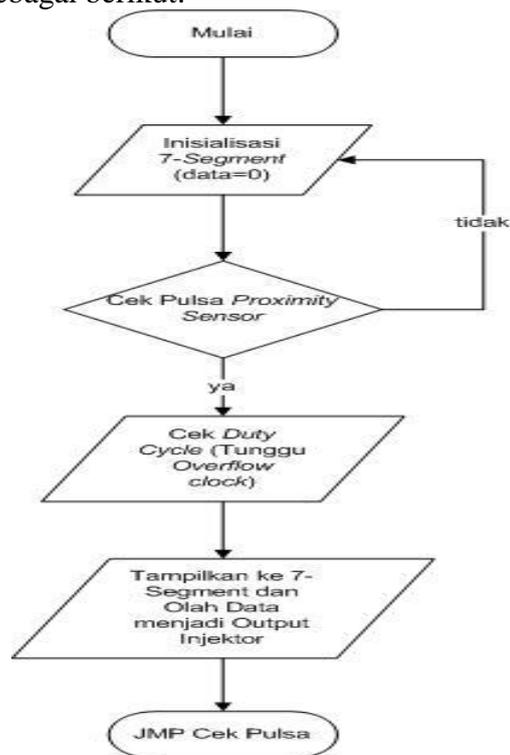
Injektor dikontrol oleh sebuah mikrokontroler. Ketika mendapatkan *input* sinyal dari *proximity sensor* pada saat katup masuk terbuka, sinyal *input* diolah oleh mikrokontroler dan hasil olah data tersebut diberikan kepada injektor untuk membuka, sehingga injektor dapat menginjeksikan fluida yang bertekanan.



Gambar 4.5. Instalasi Sistem Water Injection

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:



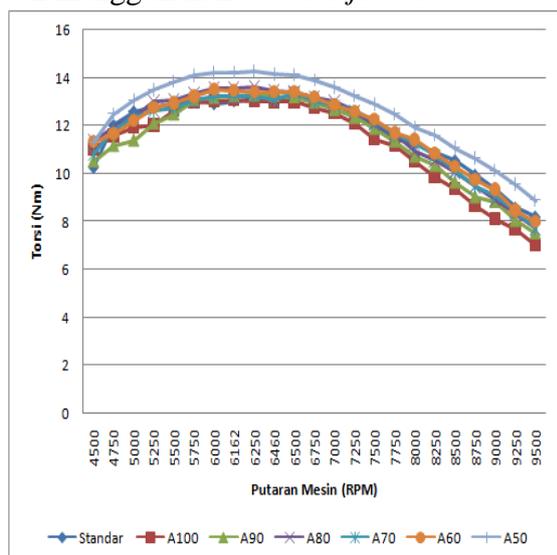
Gambar 4.6. Diagram Alir Water Injection

Instruksi yang pertama dijalankan program adalah inisialisasi *7-segment*.

Inisialisasi ini bertujuan untuk menetapkan *7-segment* sebagai *output* untuk menampilkan *display duty cycle*. 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 pulsa *proximity sensor*. Pada cek pulsa *proximity sensor* apabila sinyal dari *proximity sensor* berisi *bit 1*, maka akan diproses oleh program untuk menjalankan injektor dan menampilkan *duty cycle* pada *display* yang telah dikalkulasi oleh program. Apabila sinyal *proximity sensor* tidak menghasilkan *bit 1*, maka akan kembali ke inisialisasi *7-segment*. Program akan kembali ke cek pulsa *proximity sensor* apabila proses telah selesai.

3. Torsi pada Poros Roda

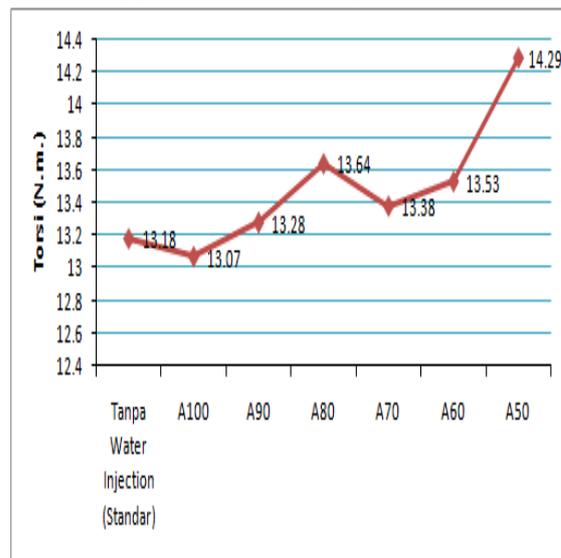
Berikut gambar 4.7. perbandingan torsi pada poros roda sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009 dengan tanpa menggunakan *water injection* (standar) dan menggunakan *water injection*.



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Torsi pada Poros Roda dengan Tanpa Menggunakan *Water Injection* (standar) dan Menggunakan *Water Injection*

Berikut gambar 4.8. torsi pada poros roda maksimal sepeda motor Honda

Mega Pro tahun 2009 dengan tanpa menggunakan *water injection* (standar) dan menggunakan *water injection*.

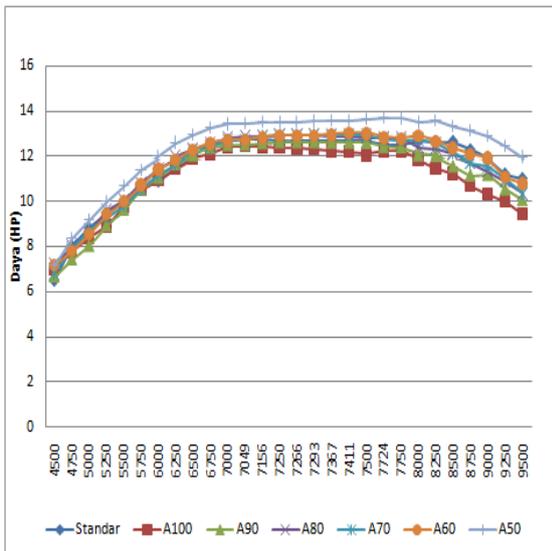


Gambar 4.8. Grafik Hubungan Torsi pada Poros Roda dengan Tanpa Menggunakan *Water Injection* (Standar) dan Menggunakan *Water Injection*

Berdasarkan gambar 4.8. menunjukkan torsi tertinggi pada poros roda yang dicapai sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009 adalah dengan menggunakan *water injection* (A50) sebesar 14.32 Nm pada putaran mesin 6250 rpm dan torsi pada poros roda terendah dengan menggunakan *water injection* (A100) sebesar 13.07 Nm pada putaran mesin 6162 rpm.

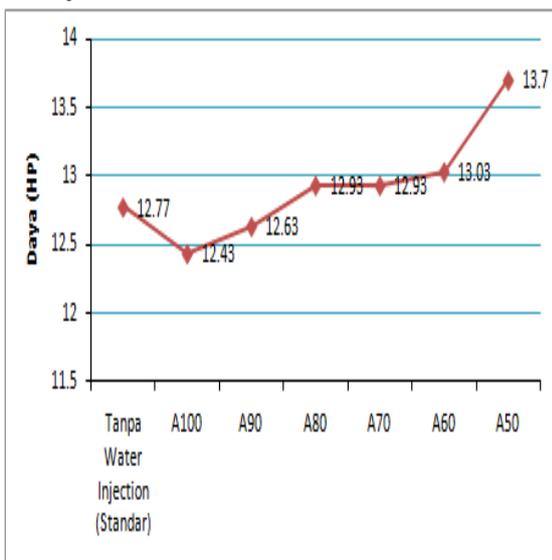
4. Daya pada Poros Roda

Berikut gambar 4.9. perbandingan daya pada poros roda sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009 dengan tanpa menggunakan *water injection* (standar) dan menggunakan *water injection*.



Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Daya pada Poros Roda dengan Tanpa Menggunakan *Water Injection* (standar) dan Menggunakan *Water Injection*.

Berikut gambar 4.10. daya pada poros roda maksimal sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009 dengan tanpa menggunakan *water Injection* (standar) dan menggunakan *water injection*.



Gambar 4.10. Grafik Hubungan Daya pada Poros Roda dengan Tanpa Menggunakan *Water Injection* (standar) dan Menggunakan *Water Injection*

Berdasarkan gambar 4.10. menunjukkan daya tertinggi pada poros roda yang dicapai sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009 adalah dengan menggunakan *water injection* (A₅₀) sebesar 13.70 HP pada putaran mesin 7724 rpm dan daya terendah pada poros roda dengan menggunakan *water injection* (A₁₀₀) sebesar 12.43 HP pada putaran mesin 7049 rpm.

D. SIMPULAN DAN SARAN

1. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan pada Bab IV dengan mengacu pada rumusan masalah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pengembangan dan perancangan sistem *water injection* berbasis mikrokontroler dapat bekerja dan beroperasi dengan baik pada sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009.
- Terdapat pengaruh penggunaan *water injection* berbasis mikrokontroler terhadap torsi dan daya pada sepeda motor Honda Mega Pro tahun 2009.
- Torsi maksimal paling baik yang dihasilkan adalah menggunakan *water injection* (A₅₀) sebesar 14.29 Nm pada putaran mesin 6250 rpm atau mengalami peningkatan torsi sebesar 1.11 Nm atau 8.42% dan torsi maksimal paling buruk yang dihasilkan adalah menggunakan *water injection* (A₁₀₀) sebesar 13.07 Nm pada putaran mesin 6162 rpm atau mengalami penurunan sebesar 0.11 Nm atau 0.83% dari torsi maksimal yang dihasilkan sepeda motor tanpa menggunakan *water injection* (standar) sebesar 13.18 Nm pada putaran mesin 6750 rpm.
- Daya maksimal paling baik yang dihasilkan adalah menggunakan *water injection* (A₅₀) sebesar 13.70 HP pada putaran mesin 7724 rpm atau mengalami peningkatan sebesar 0.93 HP atau 7.28% dan daya maksimal paling buruk yang dihasilkan adalah menggunakan *water injection* (A₁₀₀)

sebesar 12.43 HP pada putaran mesin 7049 rpm atau mengalami penurunan sebesar 0.34 HP atau 2.66% dari daya maksimal yang dihasilkan sepeda motor tanpa menggunakan *water injection* (standar) sebesar 12.77 HP pada putaran mesin 7156 rpm.

2. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dan implikasi/dampak yang ditimbulkan, maka dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut:

- a. Bagi peneliti yang ingin mengembangkan penelitian ini, hendaknya melakukan penyempurnaan pada sistem *water injection* dengan menambah variasi sensor, seperti sensor suhu dan oksigen guna menambah inputan data untuk mengoreksi penginjeksian yang diproses oleh mikrokontroler.
- b. Bagi peneliti yang ingin mengembangkan penelitian ini, hendaknya melakukan penelitian terhadap pengaruh waktu penyalaan pengapian (*ignition timing*), variasi jenis busi dan variasi rasio kompresi terhadap torsi dan daya sepeda motor Honda Mega Pro yang sudah dipasang sistem *water injection*.
- c. Bagi pengguna sepeda motor Honda Mega Pro yang mengaplikasikan sistem *water injection* ini, hendaknya membuat sistem yang lebih kompak agar mudah dipasang pada sepeda motor.
- d. Bagi peneliti yang ingin mengembangkan penelitian ini, hendaknya melakukan penelitian terhadap torsi dan daya pada kendaraan yang sudah memakai sistem bahan bakar injeksi elektronik (EFI).

DAFTAR PUSTAKA

Agfianto, Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi, Edisi Kedua, Penerbit: Gava Media, Yogyakarta, 2004

- Arends, BPM & Barenschot, H (1980). *Motor Bensin*. Terj. Arismunandar, Wiranto. Jakarta: Erlangga
- Arends, BPM & Barenschot, H (1980). *Motor Bensin*. Terj. Sukrisno, Umar. Jakarta: Erlangga
- Arijanto & Haryadi, G.D. (2006). *Pengujian Campuran Bahan Bakar Premium-Methanol Pada Mesin Sepeda Motor 4 Langkah Pengaruh Terhadap Emisi Gas Buang*. Jurusan Teknik Mesin UNDIP.
- Arikunto, Suharsimi. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Edisi Revisi VI. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arikunto, Suharsimi. (2011). *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arismunandar, Wiranto. (2005). *Motor Bakar Torak (edisi kelima)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Asmani, J.M. (2011). *Tuntunan Lengkap Metodologi Praktis Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Diva Press
- Basyurin, Winarno & Karwono. (2008) *Mesin Konversi Energi*. Semarang: PKUTP UNNES.
- Boretti, Alberto. (2012). *Water Injection in Directly Injected Turbocharged Spark Ignition Engines*. *Applied Thermal Engineering* 52 (2013) 62e68. Diperoleh 7 Maret 2014 dari: www.elsevier.com/locate/apthermeng
- Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret. (2012). *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surakarta: UNS Press.
- Ganesan, V. (2006). *Internal Combustion Engines (2th ed.)*. New Delhi: McGraw-Hill
- Hart, H. (1990). *Kimia Organik*. Terj. Suminar Ahcmadi. Jakarta: Erlangga

- Heywood, J.B. (1988). *Internal Combustion Engines Fundamental*. New York: McGraw Hill.
- 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 . Diperoleh 21 Februari 2014 dari : www.gits.kmutnb.ac.th/ethesis/data/4910082033.pdf
- Kurniawan, Sigit Pramono. (2009). Pengaruh Water Injection pada Performa Sepeda Motor Empat Langkah. *Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Lanzafame, R. (1999). *Water Injection Effects In A Single-Cylinder CFR Engine*. SAE Thecnical 1 134 Series.1999-01-0568
- Moran, M.J. & Shapiro, H.N. (2004). *Termodinamika Teknik*. Jilid 2. Edisi ke-4. Jakarta : Penerbit Erlangga. (Buku asli diterbitkan tahun 2000)
- Mulyanto, A.R, dkk. (2008). *Rekayasa Perangkat Lunak Jilid 1*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, dan Departemen Pendidikan Nasional
- Nalwan, Andi. (2012). *Teknik Rancang Bangun Robot*. Yogyakarta: ANDI Yoyakarta
- Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2012. Diperoleh 19 Februari 2014 dari : <http://www.bps.go.id/>
- Porter, J.C., Roth, W.B., & Wiebe, R. (1948). *Boosting Engine Performance with Alcohol-Water Injection*. Automotive Industries.
- Pulkrabek, Willard W (1997). *Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine*. Prentice Hall, New Jersey
- Saftari. (2005). *Water Injection Stage 1*. Diperoleh 27 Maret 2014 dari <http://www.saft7.com/water-injection-stage-1/>
- Sudjana. (1991). *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Surakhmad, W. (1998). *Pengantar Penelitian Ilmiah*. Bandung: Tarsito.
- 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
- Wardono, Herry dan Raharjo, Yulliarto. (2009). Pengaruh Penggunaan Water Injection terhadap Prestasi Motor Bensin 4-Langkah Skala Laboraturium. *Prosiding Seminar Sehari Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, hal 55-59, Unila, Bandar Lampung, 10 Oktober 2009.
- Warju. (2009). *Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*. Edisi Pertama. Surabaya: Unesa University Press
- Wibowo, W. P. (2011). *Pengaruh Water Injection Terhadap Peforma Mesin Toyota Starlet GT Turbo 4E-FTE*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Widodo, T.S. (2002). *Elektronika Dasar*. Jakarta: Salemba Teknika
- Wilson, J. (Ed). (2005). *Sensor Technology Handbook*. United State of America: Elsevier Inc.
- www.atmel.com