PENGARUH PENGGUNAAN ECU STANDAR DAN ECU JUKEN DENGAN VARIASI INJEKTOR TERHADAP TORSI DAN DAYA SEPEDA MOTOR YAMAHA V-IXION

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Oleh

Muhammad Aulia Afwan

NIM.5202415087

PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019

UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Muhammad Aulia Afwan

NIM : 5202415087

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Judul : Pengaruh Penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan Variasi Injektor Terhadap Torsi dan Daya Sepeda Motor Yamaha V-Ixion.

Skripsi ini telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia Ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 23 Juli 2019

Dosen Pembimbing

Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd

NIP. 195210021981031001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Pengaruh Penggunaan ECU Standar dan ECU Juken dengan Variasi Injektor Terhadap Torsi dan Daya Sepeda Motor Yamaha V-Ixion" telah dipertahankan di depan sidang panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 7 Agustus 2019.

Oleh

Nama : Muhammad Aulia Afwan

NIM : 5202415087

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Panitia:

Ketua	Sekretaris
Rusiyanto, S.Pd., M.T.	Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, ST, MT. IPP.
NIP. 197403211999031002	NIP. 197509272006041002

Penguji 1	Penguji 2	Pembimbing
Dr. Supraptono, M.Pd	Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd, ST., MT	Drs. Winarno Dwi R., M.Pd
NIP. 195508091982031002	NIP. 196901061994031003	NIP. 195210021981031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES

Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.

NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi/TA ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.

2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini

Semarang, 25 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Aulia Afwan

NIM. 5202415087

MOTTO

"KECERDASAN BUKAN PENENTU JALAN KESUKSESAN, TETAPI KERJA KERAS YANG MENENTUKAN KESUKSESANMU"

RINGKASAN

Muhammad Aulia Afwan, (2019), "Pengaruh Penggunaan ECU Standar dan ECU Juken dengan Variasi Injektor Terhadap Torsi dan Daya Sepeda Motor Yamaha V-Ixion", Drs. Winarno Dwi Rahardjo, Pendidikan Teknik Otomotif.

Performa mesin yang dihasilkan sepeda motor injeksi kurang maksimal. Hal ini disebabkan kurangnya asupan bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor serta durasi injeksi yang singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap torsi dan daya sepeda motor Yamaha V-Ixion.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dan teknik analisis data menggunakan analisis statistik deskriptif. Pengujian torsi dan daya dilakukan pada sepeda motor Yamaha V-Ixion menggunakan dynamometer V3.3. Pengambilan data dilakukan pada putaran 4500 – 7500 rpm dengan rentang setiap 500 rpm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ECU standar injektor standar memperoleh torsi maksimal 13.2 Nm dan daya maksimal 10.33 kW, sedangkan injektor racing menghasilkan torsi tertinggi 13.32 Nm dan daya 10.40 kW. Pada penggunaan ECU Juken menghasilkan torsi 14.06 Nm dan daya 11.02 kW sedangkan ECU Juken injektor racing menghasilkan torsi 14.31 Nm dan daya sebesar 11.22 kW. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan ECU Juken injektor racing memberikan pengaruh dalam meningkatkan torsi dan daya sepeda motor injeksi.

Kata kunci : *ECU standar, Juken, Injektor standar, racing, torsi, daya*

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat atas segala limpahan berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Penggunaan ECU Standar dan ECU Juken dengan Variasi Injektor Terhadap Torsi dan Daya Sepeda Motor Yamaha V-Ixion".

Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk mengerjakan skripsi pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini dapat selesai berkat bantuan, bimbingan, dan adanya motivasi dari semua pihak terkait. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Rusiyanto, S.Pd., MT. sebagai ketua jurusan Teknik Mesin UNNES.
2. Bapak Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT. sebagai ketua Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif.
3. Bapak Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Supraptono, M.Pd selaku dosen penguji 1 yang telah memberikan masukan kepada penulis dalam skripsi ini.
5. Bapak Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd, S.T., M.T selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan masukan kepada penulis dalam skripsi ini.

6. Ibu saya, Ibu Kusriyah yang telah memberikan dukungan, doa, semangat, dan motivasi dalam menyelesaikan kuliah dan skripsi ini.
7. Keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan motivasi.
8. Teman-teman PTO 2015 yang telah memberikan semangat dan dukungan.
9. Mokondo kru yang telah memberikan dukungan dan doa.
10. Pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi sempurnanya skripsi ini. Akhir kata, dengan tangan terbuka dan tanpa mengurangi makna serta esensial skripsi ini, semoga apa yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

Semarang, 28 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL …….. i
LEMBAR BERLOGO ……... ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING …… iii
LEMBAR PENGESAHAN KELULUSAN ……. iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH ……..…. v
MOTTO ……. vi
SARI ATAU RINGKASAN ……. vii
PRAKATA …… viii
DAFTAR ISI ……. x
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG …… xiii
DAFTAR TABEL ……. ix
DAFTAR GAMBAR ……. xv
DAFTAR LAMPIRAN ……. xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang……..... 1
1.2 Identifikasi masalah…… 4
1.3 Pembatasan masalah..... 5
1.4 Rumusan masalah……..….. 6
1.5 Tujuan…….. 6
1.6 Manfaat…… 6

BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian pustaka……..... 8
2.2 Landasan teori…… 12
2.2.1 Motor bakar …… 12
2.2.2 Mesin 4 langkah ……. 12
2.2.3 Proses pembakaran ……. 14
2.2.4 Sistem bahan bakar EFI ……. 18
2.2.5 Konstruksi sistem EFI …… 20
2.2.6 Sensor-sensor sistem EFI ……... 22

2.2.7 ECU *(Electronic Control Unit)* …….. 23
2.2.8 Injektor …… 27
2.2.9 Waktu pengapian *(ignition timing)* ……. 30
2.2.10 Durasi penginjeksian …….. 31
2.2.11 Perbandingan bahan bakar – udara …… 32
2.2.12 Parameter performa mesin ……. 33
2.2.13 Dinamometer ……. 35
2.3 Kerangka pikir penelitian …… 36
2.4 Hipotesis…… 37
BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Waktu dan tempat pelaksanaan…… 38
3.2 Desain penelitian……. 38
3.3 Alat dan bahan penelitian…… 40
3.3.1 Alat ……..... 40
3.3.2 Bahan …….. 40
3.4 Parameter penelitian……..... 41
3.4.1 Variabel bebas…….. 41
3.4.2 Variabel terikat…… 41
3.4.3 Variabel kontrol…… 42
3.5 Teknik pengumpulan data…… 42
3.5.1 Diagran alir penelitian …… 43
3.5.2 Proses penelitian …… 44
3.5.3 Tabel pengujian data torsi dan daya …….. 46
3.6 Kalibrasi instrumen…….. 48
3.7 Teknik analisis data……..... 51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Deskripsi data…….. 52
4.1.1 Deskripsi data hasil pengujian berupa data torsi…… 53
4.1.2 Deskripsi data hasil pengujian berupa daya…… 57
4.2 Analisis data…… 60
4.2.1 Analisis data torsi sepeda motor……. 60

4.2.1.1 Analisis torsi ECU standar injektor standar dengan ECU standar injektor racing..... 60
4.2.1.2 Analisis torsi ECU standar injektor standar dengan ECU Juken injektor standar..... 62
4.2.1.3 Analisi torsi ECU standar injektor standar dengan ECU Juken injektor racing..... 64
4.2.2 Analisis data daya sepeda motor..... 66
4.2.2.1 Analisis daya ECU standar injektor standar dengan ECU standar injektor racing..... 66
4.2.2.2 Analisis daya ECU standar injektor standar dengan ECU Juken injektor standar..... 68
4.2.2.3 Analisis daya ECU standar injektor standar dengan ECU Juken injektor racing..... 70
4.3 Pembahasan..... 72
4.3.1 Hasil data berupa torsi..... 72
4.3.2 Hasil data berupa daya..... 77
BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan..... 83
5.2 Saran..... 84
DAFTAR PUSTAKA..... 85
LAMPIRAN-LAMPIRAN..... 88

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

%	Persentase
°	Derajat
AFR	*Air fuel ratio*
b	Jarak benda ke pusat rotasi
C	Carbon
cc/min	Debit bahan bakar
CO	Karbonmonoksida
CO2	Karbondioksida
CDI	*Capasitove Discharge Ignition*
EFI	*Electronic Fuel Injection*
ECU	*Electronic Control Unit*
F	Gaya sentrifugal
HP	*Horse Power*
kW	Kilowatt
ml/s	volume penyemprotan
Nm	Newton meter
O2	oksigen
rpm	Rotation per min
SOHC	*Single Overheat Camshaft*
TMA	Titik mati atas
TMB	Titik mati bawah
V	Volt

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kerangka pikir …….. 37

Tabel 3.1 Pengambilan data torsi sepeda motor …….. 46

Tabel 3.2 Pengambilan data daya sepeda motor ……. 47

Tabel 4.1 Data hasil penelitian torsi (Nm) …….. 53

Tabel 4.2 Data hasil penelitian daya (kW) …….. 57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema cara kerja mesin 4 langkah 13

Gambar 2.2 Proses pembakaran dan perubahan tekanan motor bensin ... 16

Gambar 2.3 Sistem bahan bakar injeksi 20

Gambar 2.4 Skema sistem FI Yamaha Vixion 21

Gambar 2.5 Diagram prinsip kerja ECU 25

Gambar 2.6 ECU standar Yamaha Vixion 25

Gambar 2.7 ECU Juken 26

Gambar 2.8 Konstruksi injektor 28

Gambar 2.9 Injektor standar 29

Gambar 2.10 Injekor racing 30

Gambar 2.11 perbandingan campuran bahan bakar dan udara dengan tenaga yang dihasilkan 33

Gambar 3.1 Skema penelitian 39

Gambar 3.2 Alur proses penelitian 43

Gambar 3.3 *Load Cell Zeroing* 49

Gambar 3.4 *Load Cell Scale* 50

Gambar 4.1 Perbedaan torsi ECU standar injektor standar dengan ECU standar injektor racing 61

Gambar 4.2 Perbedaan torsi ECU standar injektor standar dengan ECU Juken injektor standar 63

Gambar 4.3 Perbedaan torsi ECU standar injektor standar dengan ECU Juken injektor racing 65

Gambar 4.4 Perbedaan daya ECU standar injektor standar dengan ECU standar injektor racing 67
Gambar 4.5 Perbedaan daya ECU standar injektor standar dengan ECU Juken injektor standar 69
Gambar 4.6 Perbedaan daya ECU standar injektor standar dengan ECU Juken injektor racing 71
Gambar 4.7 Perbedaan hasil torsi ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor 73
Gambar 4.8 Perbedaan pengaruh penggunan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap torsi 76
Gambar 4.9 Perbedaan hasil daya ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor 78
Gambar 4.10 Perbedaan pengaruh ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap daya 81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil dynotest ECU standar injektor standar …… 88

Lampiran 2. Hasil dynotest ECU standar injektor racing ……. 89

Lampiran 3. Hasil dynotest ECU Juken injektor standar …….. 90

Lampiran 4. Hasil dynotest ECU Juken injektor racing …… 91

Lampiran 5. Hasil penelitian torsi ECU standar dan ECU Juken dengan Variasi Injektor ……. 92

Lampiran 6. Hasil penelitian daya ECU standar dan ECU Juken dengan Variasi Injektor …….. 93

Lampiran 7. Penetapan dosen pembimbing skripsi …… 94

Lampiran 8. Surat tugas …….. 95

Lampiran 9. Berita acara seminar proposal skripsi ……. 96

Lampiran 10. Daftar hadir seminar proposal skripsi ……. 97

Lampiran 11. Surat izin penelitian ……. 98

Lampiran 12. Dokumentasi pengujian ……... 99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi bidang otomotif mendorong manusia untuk menciptakan berbagai inovasi, salah satunya berupa alat transportasi yaitu kendaraan sepeda motor. Banyaknya perusahaan otomotif yang mengeluarkan berbagai jenis sepeda motor, mulai dari konvensional menggunakan sistem karburator sampai dengan teknologi terbaru yaitu sistem EFI atau *Electronic Fuel Injection*. Meningkatnya jumlah sepeda motor dengan sistem EFI menyebabkan sepeda motor konvensional yang menggunakan sistem karburator mulai ditinggalkan. Hal ini disebabkan pada sepeda motor dengan sistem karburator masih banyak memiliki kekurangan. Diantaranya memerlukan perawatan yang rutin pada sistem karburator, konsumsi bahan bakar lebih boros, dan sulit mengontrol campuran udara dan bahan bakar yang harus disetting secara manual.

Istilah EFI merupakan teknologi yang dapat mengontrol campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang pembakaran secara tepat dan dikontrol secara elektronik. Teknologi EFI memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem karburator konvensional, diantaranya dalam proses pencampuran bahan bakar dan udara yang lebih baik karena dikontrol dengan menggunakan ECU *(Electronic Control Unit)*. Menurut Wahyudi (2016:47), dengan penggunaan sistem EFI diharapkan dapat menghasilkan

daya yang tinggi dan karakteristik emisi gas buang yang rendah dibandingkan dengan sistem bahan bakar karburator.

Pada sistem EFI, campuran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dikontrol sesuai dengan durasi penginjeksian melalui komponen injektor. Prinsip injektor berfungsi untuk mengkabutkan bahan bakar menjadi partikel-partikel agar proses pembakaran menjadi lebih optimal. Campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang pembakaran dikontrol melalui perhitungan dari ECU. Perhitungan tersebut didapat dari sensor yang mendeteksi kondisi dan suhu mesin. "Informasi yang diperoleh dari sensor antara lain berupa suhu udara, suhu oli mesin, suhu air pendingin, tekanan atau jumlah udara masuk, posisi katup gas, putaran mesin, posisi poros engkol, dan informasi lainnya" (Jama dan Wagino, 2008:283).

Teknologi EFI memiliki keunggulan dalam konsumsi bahan bakar yang lebih irit. Namun dengan minimnya suplai bahan bakar, performa mesin yang dihasilkan pada sepeda motor injeksi cenderung kurang maksimal. Hal ini disebabkan kurangnya asupan bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar oleh injektor serta durasi penginjeksian bahan bakar yang singkat karena diatur oleh ECU standar dengan mode standar. Banyak masyarakat memodifikasi sepeda motor dengan mengganti komponen tanpa mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap performa yang dihasilkan.

Dalam dunia otomotif, banyak bermunculan *sparepart* racing untuk pengguna sepeda motor injeksi yang ingin melakukan modifikasi. Salah satunya komponen injektor racing. Injektor racing diklaim memiliki

keunggulan dapat mensuplai bahan bakar lebih banyak karena didukung dengan banyaknya jumlah lubang dan debit penginjeksian yang lebih banyak dibandingkan injektor standar. Namun penggantian injektor dari standar ke racing tanpa didukung dengan penggantian ECU akan berdampak kurang signifikan dalam meningkatkan torsi dan daya. Injektor hanya mensuplai bahan bakar lebih banyak dan membuat campuran bahan bakar menjadi gemuk/kaya, selain itu dapat membuat kinerja mesin menjadi kurang stabil pada putaran tinggi.

Untuk dapat memaksimalkan performa pada sepeda motor injeksi perlu adanya proses pembakaran yang optimal. Cara yang dapat dilakukan yaitu dengan mengganti komponen ECU standar dengan ECU *aftermarket*. Menurut Hidayat (2012:119), untuk mesin yang dilakukan modifikasi perlu merubah tabel pada ECU, salah satu caranya dengan menggunakan ECU *aftermarket* yang dapat diprogram pada tabel memori sesuai modifikasi. Tujuan dari penggunaan ECU *aftermarket* adalah untuk mengatur sistem kerja dan *mapping* dari sistem injeksi agar dapat bekerja melebihi standarnya. ECU *aftermarket* yang beredar di pasaran memiliki beragam tipe dan spesifikasi sesuai kebutuhan mesin. Salah satu tipe ECU *aftermarket* yang sering dijumpai ialah ECU tipe Juken.

ECU Juken merupakan produk dari BRT (Bintang racing team) yang memiliki 2 mode *mapping* yaitu *mapping* performa untuk power dan *mapping* ekonomis. Perbedaan antara ECU standar dengan ECU Juken terletak pada pengaturan sistem injeksi. Pada ECU standar memiliki mode yang tetap

sesuai standar pabrik dan tidak dapat dilakukan perubahan maupun setting ulang, sedangkan pada ECU Juken memiliki fitur dapat menyetting *mapping* waktu pengapian, waktu penginjeksian, durasi penginjeksian dan lain-lain.

Menurut Setyo dan Utoro (2017:63) menyatakan bahwa "Perubahan *mapping* pada ECU untuk mengkoreksi banyaknya bahan bakar dan waktu pengapian akan menghasilkan karakter mesin yang sesuai dengan tujuan penggunaan". Pengujian daya sepeda motor menggunakan injektor Vixion dengan ECU racing memiliki pengaruh yang besar terhadap daya mesin yang dihasilkan karena dipengaruhi banyaknya bahan bakar oleh injektor dan diimbangi sistem pengapian oleh ECU racing (Tristianto, et al. 2016:8-9). Dengan dukungan ECU Juken, sistem penginjeksian injektor akan lebih baik karena durasi injeksi dan banyaknya bahan bakar dapat diatur sesuai kebutuhan agar dapat mencapai daya dan torsi mesin yang optimal.

Berdasarkan pemaparan di atas, penulis tertarik untuk meneliti pengaruh penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap torsi dan daya sepeda motor injeksi. Sehingga penulis menjadikan pokok bahasan yang dapat diangkat menjadi topik skripsi dengan judul "Pengaruh Penggunaan ECU Standar dan ECU Juken dengan Variasi Injektor Terhadap Torsi dan Daya Sepeda Motor Yamaha V-Ixion".

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, identifikasi masalah yang akan dibahas antara lain:

1. Jumlah produksi sepeda motor setiap tahun semakin meningkat.

2. Performa mesin yang dihasilkan sepeda motor injeksi cenderung kurang maksimal disebabkan minimnya suplai bahan bakar.
3. Memodifikasi sepeda motor injeksi tanpa mengetahui besar pengaruh terhadap performa sepeda motor.
4. Pengguna sepeda motor injeksi berasumsi bahwa injektor standar memiliki debit penginjeksian yang berbeda dengan injektor racing.
5. Mengganti injektor racing tanpa didukung dengan penggantian ECU akan berdampak kurang signifikan dalam meningkatkan performa mesin.
6. Memodifikasi sepeda motor injeksi dengan merubah tabel ECU menggunakan ECU Juken salah satu upaya meningkatkan torsi dan daya mesin.
7. Performa mesin ditentukan oleh sistem pengapian dan debit bahan bakar.

1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian ini meninjau performa mesin yang dihasilkan oleh sepeda motor Yamaha Vixion menggunakan jenis ECU yang berbeda dan injektor yang berbeda dengan dibatasi pada:

1. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Yamaha Vixion
2. Menggunakan ECU standar dan ECU Juken
3. Injektor yang digunakan adalah injektor standar dan injektor racing BRT (Bintang racing team)
4. Parameter yang diteliti yaitu daya dan torsi
5. Pengujian dilakukan pada putaran 4500 – 7500 rpm dengan rentang setiap 500 rpm.

1.4 Rumusan Masalah

1. Adakah pengaruh penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap torsi sepeda motor Yamaha V-Ixion?
2. Adakah pengaruh penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap daya sepeda motor Yamaha V-Ixion?

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Untuk mengetahui adanya pengaruh dari penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap torsi sepeda motor Yamaha Vixion
2. Untuk mengetahui adanya pengaruh dari penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap daya sepeda motor Yamaha Vixion

1.6 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini terbagi menjadi dua, antara lain :

1.6.1 Manfaat Teoritis

1. Menjadikan suplai bahan bakar menjadi bertambah dengan menggunakan jenis injektor yang berbeda.
2. Mengoptimalkan proses pembakaran melalui penggunaan ECU Juken yang dapat mengatur suplai bahan bakar dan waktu pengapian yang tepat.

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Memberikan informasi kepada pengguna sepeda motor injeksi dalam menggunakan ECU dan injektor standar dengan ECU dan injektor *aftermarket*.
2. Dapat memberikan pengetahuan tentang pengaruh penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap peningkatan torsi dan daya sepeda motor.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Tristianto, et al. (2016) yang berjudul Pengaruh Penggunaan Injektor Vixion dan ECU Racing pada Sepeda Motor Yamaha Mio J Terhadap Daya Motor. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan injektor vixion pada sepeda motor Yamaha Mio J memberikan pengaruh terhadap daya mesin pada putaran mesin rendah sampai ke putaran sedang yaitu pada rpm 1750 dan rpm 3500. Pada penggunaan ECU racing memberikan pengaruh terhadap daya pada putaran menengah sampai tinggi yaitu pada rpm 5000. Sedangkan penggunaan injektor Vixion dengan ECU racing memberikan pengaruh yang baik terhadap daya mesin. Hal ini dikarenakan proses pencampuran bahan bakar yang lebih banyak dan proses pembakaran yang lebih sempurna disebabkan pengaturan volume bahan bakar dan waktu pengapian yang tepat sesuai putaran mesin saat menggunakan injektor vixion dan ECU racing.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahman, et al. (2018) yang berjudul Perbedaan Unjuk Kerja Mesin Menggunakan *Electronic Control Unit* Tipe Racing dan Tipe Standar pada Sepeda Motor *Automatic*. Pengujian yang dilakukan menggunakan ECU racing tipe *piggyback Iqueteche*. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat peningkatan unjuk kerja pada sepeda motor Vario 125cc dengan menggunakan ECU *piggyback Iquteche* yang berpengaruh terhadap peningkatan daya dan torsi mesin. Dari hasil

pengujian, data yang diperoleh yaitu torsi sepeda motor mengalami peningkatan sebesar 36,58 % sedangkan peningkatan daya sebesar 33,99 %. Hal ini disebabkan adanya peningkatan suplai bahan bakar dengan pengaturan *mapping* durasi penginjeksian ECU *Iquteche* pada putaran bawah sebesar 30%.

Penelitian yang dilakukan oleh Setyo dan Utoro (2017) dengan judul *Re-Mapping* Engine Control Unit (ECU) Untuk Menaikkan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor. Penelitian ini menggunakan pola mapping pada injeksi bahan bakar dan pola pengapian dengan penggunaan ECU Stand Alone. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penggunaan pola mapping BRT 3 dengan mapping injeksi bahan bakar yang cenderung kurus dan waktu pengapian yang dimajukan menghasilkan daya tertinggi sebesar 19,6 hp dan torsi tertinggi 11,57 Nm. Hal ini disebabkan pengaturan ulang volume bahan bakar dan pengapian pada sistem injeksi sangat berpengaruh untuk menghasilkan performa yang optimal. Pada putaran mesin tinggi volume bahan bakar perlu dikurangi, banyaknya bahan bakar menimbulkan tenaga yang dihasilkan menjadi turun akibat bahan bakar yang tidak terbakar karena terlalu cepat saat pembakaran berlangsung. Dengan pengapian yang tepat dan volume bahan bakar yang diperkecil saat putaran tinggi akan membuat proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan menghasilkan daya yang meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Ramdani (2015) yang berjudul Analisis Pengaruh Variasi CDI Terhadap Performa dan Konsumsi Bahan Bakar Honda Vario 110cc. Pengujian ini menggunakan jenis CDI standar dan CDI dual

band. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penggunaan CDI standar saat putaran rendah lebih besar dibanding CDI dual band dengan torsi tertinggi 7,517 N.m dan daya 5,712 kW. Sedangkan saat putaran mesin menengah dan tinggi, CDI dual band menghasilkan torsi sebesar 7,511 N.m dan daya 5,835 kW. Pada konsumsi bahan bakar yang dihasilkan lebih irit menggunakan CDI standar dibandingkan CDI dual band. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja CDI dual band menghasilkan pengapian yang lebih besar dan lebih stabil serta pengaturan yang tepat pada putaran menegah sampai tinggi menyebabkan proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar menjadi lebih sempurna. Selain itu, CDI dual band dilengkapi limiter sehingga daya yang dihasilkan dapat mencapai kemampuan maksimum mesin.

Penelitian yang dilakukan oleh Hartono, et al. (2017) yang berjudul Studi Eksperimental Pengaruh *Mapping* Waktu Pengapian dan *Mapping* Durasi Injeksi Serta Rasio Kompresi Terhadap Performansi dan Emisi Gas Buang Engine Cb150r Berbahan Bakar E50. Pengujian ini menggunakan tipe ECU *Programmable* untuk menyetting variasi mapping pengapian dan durasi penginjeksian pada sistem injeksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mapping durasi injeksi paling tepat pada putaran rendah 2000 - 4000 rpm sebesar 150%, sedangkan pada putaran menengah sampai tinggi antara 5000 – 8000 rpm durasi injeksi paling tepat sebesar 125% Pada penggunaan ECU *programmable* dengan bahan bakar E50 didapatkan kondisi campuran bahan bakar dan udara berada dibawah stoikiometri yaitu 12,6. Hal ini menunjukkan

bahwa campuran bahan bakar dan udara cenderung kaya sehingga suplai bahan bakar menjadi bertambah seiring meningkatnya putaran mesin dan daya yang dihasilkan menjadi meningkat dan tidak terjadi detonasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Riyadi, et al. (2015) yang berjudul Uji Kerja Injektor Terhadap Putaran dan Jenis Semprotan Menggunakan Alat Uji Injektor. Pengujian ini menggunakan tipe injektor after market Bosh tipe CF-001, Denso type UC 4/12 *hole*, dan Keihin type TS-RK 0027. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa besarnya volume penyemprotan tertinggi dan yang paling stabil adalah 12 ml/30s dengan menggunakan injektor Denso tipe UC 4/12 *hole* pada putaran 2000 rpm jenis penyemprotan simultan dan grouping. Besarnya volume penyemprotan bahan bakar pada injektor after market dipengaruhi oleh putaran mesin, jika semakin tinggi putaran mesin akan diperoleh volume penyemprotan yang lebih stabil.

Penelitian yang dilakukan oleh Sujono, et al. (2014) yang berjudul Pengaruh Variasi Main-jet Karburator Pada Kinerja Motor Bakar Bio-etanol. Variasi yang digunakan adalah main jet ukuran 80, ukuran 100, dan ukuran 120. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan campuran premium 80% dan bio-etanol 20% (E20) dengan diameter main jet yang semakin besar maka akan semakin besar daya yang dihasilkan oleh mesin. Meskipun nilai campuran bioethanol lebih rendah dari premium, namun dengan dukungan pemakaian diameter main jet yang lebih besar membuat aliran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar menjadi semakin banyak. Hal tersebut membuat peningkatan konsumsi bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dan

menjadikan perbandingan dibawah AFR (*Air fuel ratio*)/campuran bahan bakar menjadi kaya sehingga daya yang dihasilkan semakin bertambah.

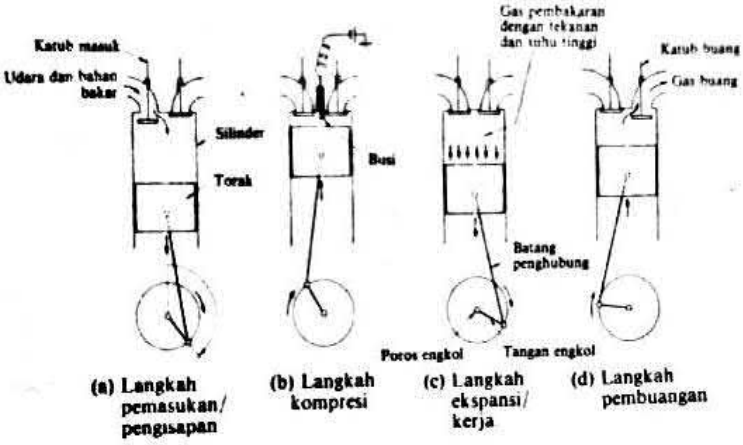
2.2 Landasan Teori

2.2.1 Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin penggerak yang banyak digunakan dengan memanfaatkan energi kalor yang berasal dari proses pembakaran dan diubah menjadi energi mekanik (Raharjo dan Karnowo, 2008:65). Proses pembakaran pada motor bakar menghasilkan gas pembakaran yang digunakan sebagai sumber tenaga mesin. Salah satu jenis motor bakar ialah mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine).* Mesin pembakaran dalam terbagi menjadi dua, yaitu mesin dengan siklus 4 langkah dan 2 langkah. Pada penelitian ini menggunakan kendaraan jenis mesin 4 langkah.

2.2.2 Mesin 4 Langkah

Mesin 4 langkah merupakan suatu mesin pembakaran dalam yang memiliki siklus kerja sebanyak 4 langkah, yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang. Menurut Soenarta dan Furuhama (1995:7-8), menjelaskan cara kerja dari mesin 4 langkah terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:



Gambar 2.1 Skema cara kerja mesin 4 langkah

Sumber: Soenarto dan Furuhama, (1995:7)

1. Langkah Pemasukan

   Katup masuk (in) terbuka dan torak bergerak dari TMA menuju ke TMB sehingga bahan bakar dan udara terhisap masuk ke dalam silinder.

2. Langkah Kompresi

   Torak bergerak dari posisi TMB menuju TMA menekan campuran bahan bakar dan udara yang menimbulkan tekanan. Sedangkan katup masuk dan buang tertutup. Saat torak mendekati TMA, terjadi proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara dengan bantuan percikan bunga api oleh busi dengan dua ujung elektrodanya.

3. Langkah Ekspansi

   Hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara menimbulkan tekanan yang tinggi. Tekanan maksimum ini mendorong piston bergerak ke bawah/TMB mengakibatkan tekanan maupun suhu gas pembakaran mulai berkurang. Gerakan torak ini diteruskan poros engkol yang berfungsi untuk memutarkan poros.

4. Langkah Pembuangan

Katup buang terbuka dan torak bergerak ke TMA mendorong gas sisa pembakaran keluar melalui katup buang.

2.2.3 Proses Pembakaran

"Proses pembakaran diawali dengan adanya loncatan bunga api busi pada akhir langkah pemampatan" (Arends dan Berenschot, 1980:60). Proses pembakaran pada motor bensin terjadi saat torak dari TMB menuju ke TMA memampatkan campuran bahan bakar pada akhir langkah kompresi dengan bantuan percikan bunga api pada titik penyalaan yang tepat. Percikan bunga api pada busi terjadi saat campuran bahan bakar dan udara mencapai temperatur, dan tekanan tertentu sehingga akan terjadi proses pembakaran yang menghasilkan tenaga untuk mendorong torak bergerak bolak-balik.

Menurut Suyanto (1989:252-257) proses pembakaran pada motor bensin terbagi menjadi dua, antara lain:

2.2.3.1 Pembakaran normal

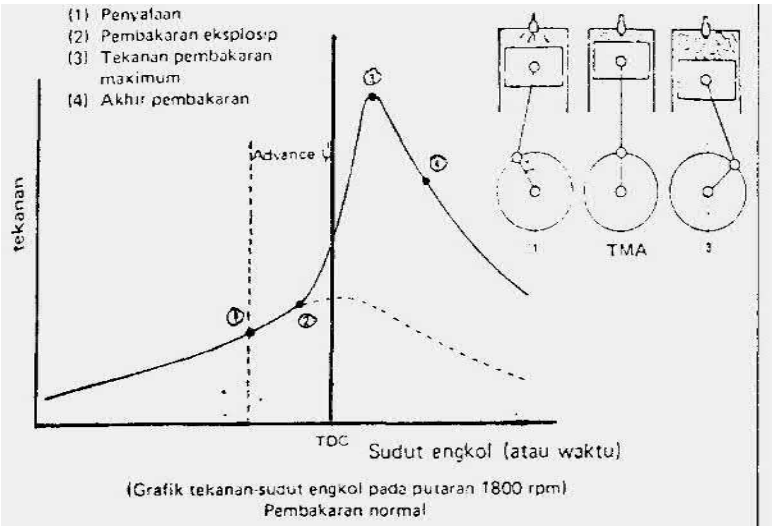
Proses ini terjadi apabila campuran bahan bakar dan udara yang mengalami proses pembakaran sesuai dengan timing pengapian yang tepat. Pembakaran normal ditandai dengan nyala percikan bunga api menyebar secara merata sampai partikel bahan bakar terbakar habis saat proses pemampatan atau pada akhir langkah kompresi (Suyanto, 1989:248). Keadaan tersebut membuat temperatur dan tekanan pada ruang bakar meningkat dan mengakibatkan piston terdorong ke TMB.

Perbandingan udara dan bahan bakar yang dapat menghasilkan pembakaran sempurna/normal dengan campuran ideal sekitar 14,7:1 atau disebut sebagai campuran stoikiometri. Menurut Supraptono (2004:43) "kebutuhan udara tergantung dari unsur-unsur yang ada dalam bahan bakar". "Untuk pembakaran 1 kg C dibutuhkan 2 $\frac{2}{3}$ kg O atau 11.5 kg udara dan menghasilkan reaksi pembakaran : $C_{(s)} + O_{2\ (g)} \rightarrow CO_{2\ (g)} +$ panas" (Supraptono, 2004:43). Dari reaksi tersebut campuran antara udara dan bahan bakar menjadi homogen dengan perbandingan yang tepat menghasilkan pembakaran berupa karbon dioksida. Dengan perbandingan yang ideal, semua bahan bakar yang terdapat pada ruang bakar akan terbakar habis dan menghasilkan panas yang maksimum.

2.2.3.2 Pembakaran tidak normal

Proses ini terjadi pada saat percikan bunga api pada proses pembakaran tidak menyebar dengan merata sehingga menimbulkan masalah atau kerusakan pada komponen di ruang bakar. Reaksi pembakaran tidak normal : $2C + O_2 \rightarrow 2CO$. Reaksi tersebut disebabkan pula oleh frekuensi putar rendah, derajat isian tidak sempurna dan tekanan kompresi yang rendah, mengakibatkan pembakaran menjadi tidak sempurna (Supraptono, 2004:67). Perbandingan antara udara dan bahan bakar cenderung terlalu kaya/terlalu kurus sehingga mengakibatkan proses pembakaran menjadi tidak optimal dan menghasilkan gas karbon monoksida.

Terdapat beberapa gejala pada kondisi pembakaran tidak normal, seperti terjadi detonasi dan knocking. Detonasi terjadi karena adanya kenaikan temperatur campuran bahan bakar dan udara yang belum terbakar. Hal ini menyebabkan bahan bakar dan udara menjadi terbakar terlebih dahulu sebelum busi memercik. Sedangkan knocking merupakan gejala terjadinya suara menggelitik pada mesin. Menurut Soenarta dan Furuhama (1995:28) knocking disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: perbandingan kompresi yang terlalu tinggi sehingga tekanan dan suhu ruang bakar meningkat, kualitas bahan bakar dengan nilai oktan rendah, dan campuran bahan bakar yang kurus akan terbakar terlambat sehingga terjadi knocking. Knocking dapat merusak komponen pada ruang bakar seperti piston dan *connecting rod* yang akan menyebabkan proses pembakaran menjadi terganggu.



Gambar 2.2 Proses pembakaran dan perubahan tekanan motor bensin

Sumber : Suyanto (1989:253)

Menurut Suyanto (1989:253-256) Terdapat beberapa tahapan dalam proses pembakaran pada gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap penyalaan, pada saat busi memercikkan bunga api belum terdapat kenaikan tekanan dan belum terjadi proses pembakaran, melainkan ada saat tertentu busi memercikan bunga api sampai terjadi pembakaran atau disebut *"ignition delay"*/keterlambatan pembakaran. Diperlukan waktu untuk memulai reaksi bahan bakar dan udara dengan bantuan percikan api sebagai titik awal proses pembakaran.
2. Tahap pembakaran, saat bahan bakar dan udara mulai terbakar maka tekanan di dalam silinder akan meningkat. Hal ini disebabkan adanya panas dari hasil pembakaran sehingga mengakibatkan tekanan dan temperatur naik.
3. Tahap tekanan pembakaran maksimum, tekanan pembakaran akan mencapai titik maksimal pada saat torak telah melewati TMA yaitu sekitar 5-10° setelah TMA. Efek dari tekanan maksimum membuat torak terdorong menuju TMB dengan membawa energi yang besar.
4. Akhir pembakaran, kecepatan perambatan api busi semakin lama semakin tinggi hingga campuran bahan bakar dan udara telah terbakar secara menyeluruh dan panas dari hasil pembakaran menjadi berkurang. Pembakaran berakhir saat torak berada pada 22,4° setelah TMA dan tekanan di ruang bakar menjadi menurun.

2.2.4 Sistem Bahan Bakar EFI *(Electronic Fuel Injection)*

Sistem suplai bahan bakar yaitu sistem yang bertugas untuk mensuplai bahan bakar ke ruang bakar agar sesuai dengan perbandingan yang ideal/tepat. Penginjeksian bahan bakar secara elektronik diatur oleh komputer dengan jumlah bahan bakar yang dikontrol secara akurat sehingga menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih hemat, emisi gas buang yang rendah, dan efisiensi yang meningkat (Hidayat, 2012:108-109). Perbandingan tersebut bertujuan untuk menghasilkan efisiensi konsumsi bahan bakar yang optimal pada kendaraan. Standar perbandingan udara dan bahan bakar yang ideal yaitu sebesar 14,7:1, dimana 14,7 gram udara dicampur dengan 1 gram bahan bakar. Pada sistem bahan bakar konvensional menggunakan main jet yang berfungsi sebagai pengontrol perbandingan bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang pembakaran. Jumlah campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar memiliki jumlah yang berbeda-beda tergantung pada kondisi kendaraan seperti pada saat kendaraan berakselerasi maupun terdapat penambahan beban.

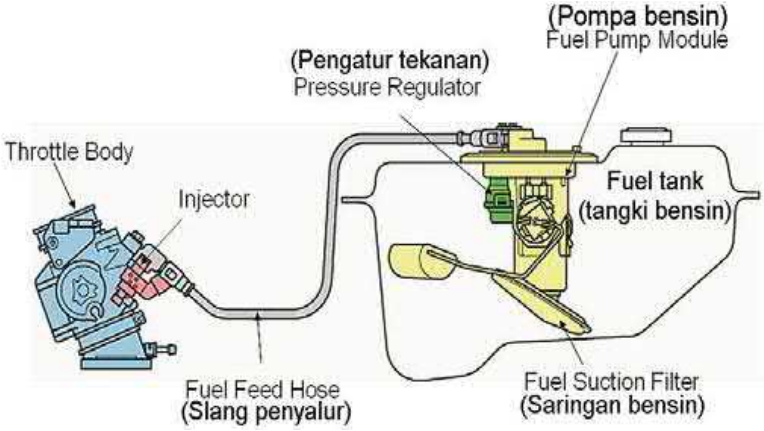
Teknologi pada sistem bahan bakar saat ini menggunakan sistem EFI *(Electronic Fuel Injection).* Sistem EFI merupakan sistem yang mengatur campuran udara dan bahan bakar dan dikontrol secara elektronik. Menurut Mastanaiah (2013:57) Terdapat beberapa tujuan dalam menentukan desain sistem injeksi bahan bakar, antara lain output daya, efisiensi bahan bakar, kinerja emisi gas buang, kemampuan untuk mengakomodasi bahan bakar

alternatif, daya tahan, keandalan, kemudahan dan pengoperasian saat berkendara, biaya perawatan, dan kemampuan diagnosis. Pada teknologi sistem injeksi terdapat pengontrol yang berfungsi mengatur kinerja dari masing-masing komponen/aktuator. Fleksibilitas kontrol yang dimiliki sistem elektronik terdapat beberapa fitur seperti: pematian bahan bakar selama perlambatan, pengukuran bahan bakar yang tepat, pengayaan saat mesin dingin, pengaturan tekanan udara absolut (ketinggian), serta akselerasi dan beban penuh (Kunjam, et al. 2015:3609)

Penggunaan sistem injeksi memiliki kelebihan dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar karena penginjeksian terkontrol ke ruang pembakaran serta memungkinkan penyetelan yang sangat akurat dengan bantuan perangkat lunak dan elektronik (Chaudhari dan Hemant, 2015:35). Pada mesin dengan teknologi sistem injeksi bahan bakar, pengontrolan debit bahan bakar dilakukan berdasarkan parameter beban dan kecepatan mesin sehingga pencampuran bahan bakar dan udara dapat tercampur lebih tepat sesuai perbandingan yang ideal.

Prinsip pengkabutan pada sistem EFI dilakukan dengan bantuan injektor. Pengabutan disebabkan oleh adanya tekanan dari pompa bahan bakar, ukuran lubang pada injektor, dan suplai bahan bakar dikontrol oleh ECU berdasarkan kondisi mesin dengan bantuan berbagai sensor sistem injeksi. Dengan sistem injeksi pengaturan pencampuran bahan bakar dan udara yang sangat halus karena bahan bakar disemprotkan pada udara yang mengalir akan memungkinkan proses pembakaran yang sempurna sehingga

kadar emisi gas buang lebih rendah dan pemakaian bahan bakar menjadi lebih irit (Suyanto, 1989:206).

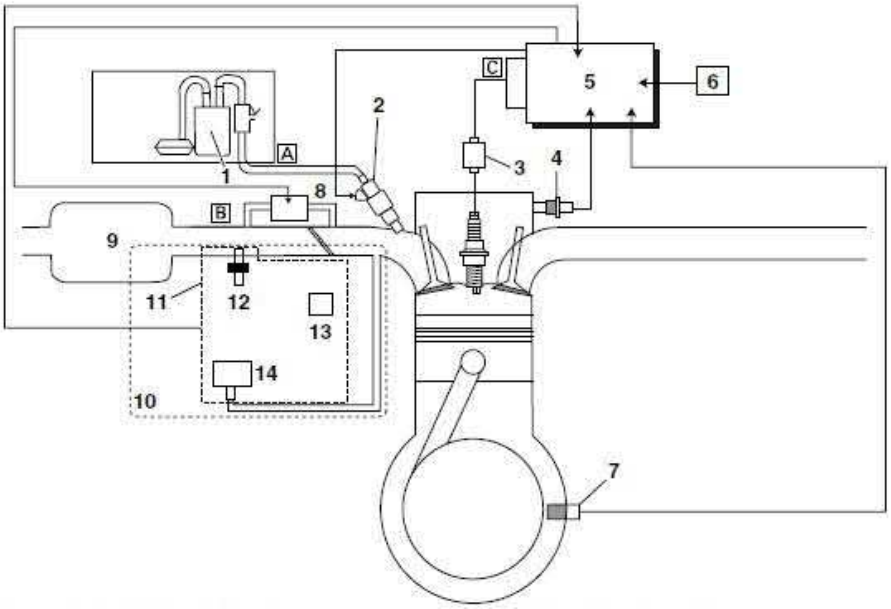


Gambar 2.3 Sistem bahan bakar injeksi

Sumber : Jama dan Wagino (2008 : 279)

2.2.5 Konstruksi Sistem EFI

Pada sistem EFI, terdapat beberapa komponen utama berupa ECU dan komponen pendukung seperti sensor yang berfungsi mendeteksi kondisi mesin dan kondisi pengendaraan. Selain itu sensor berfungsi memberikan sinyal kepada ECU dan aktuator sebagai perangkat yang menerima sinyal untuk melakukan kinerja sistem injeksi. Setiap jenis sepeda motor memiliki komponen sistem injeksi yang berbeda-beda. Menurut Jama dan Wagino (2008:277), semakin banyaknya sebuah komponen berupa sensor pada sistem injeksi maka akan semakin baik koreksi yang dibutuhkan dalam pengaturan sistem pengapian maupun penginjeksian bahan bakar agar dihasilkan kinerja yang optimal.



Gambar 2.4 Skema sistem FI Yamaha Vixion

Sumber : Yamaha Motor (2007:1-3)

Keterangan:

1. Pompa bahan bakar
2. Injektor
3. koil
4. *Coolant temperature sensor*
5. ECU *(Engine Control Unit)*
6. *Lean angel sensor*
7. *Crankshaft position sensor*
8. FID (fast idle solenoid)
9. Filter udara
10. *Throttle body*
11. *Unit throttle body sensor*
12. *Intake air temperature sensor*
13. *Throttle position sensor*
14. *Intake air temperature*

2.2.6 Sensor-sensor Sistem EFI

Sistem *electronic fuel injection* menggunakan berbagai sensor dalam mendeteksi kondisi mesin sesuai dengan kondisi pengendaraan (Hidayat, 2012:117). Sensor pada sistem EFI berfungsi untuk mendeteksi kondisi mesin melalui sinyal-sinyal yang dikontrol ECU untuk mengatur sistem bahan bakar dan sistem pengapian.

Terdapat sensor-sensor pendukung pada sistem EFI, antara lain:

2.2.6.1 IAT *(Intake Air Temperature)*

Sensor IAT berfungsi mendeteksi suhu udara dan memberi masukan ke ECU mengenai kondisi temperatur udara yang masuk melewati *throttle body* (Hidayat, 2012:118). Dari suhu udara yang masuk, ECU akan mengontrol jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menyesuaikan dengan temperatur udara.

2.2.6.2 TPS *(Throttle Position Sensor)*

Sensor posisi *throttle* terpasang di bagian *throttle body* dengan prinsip kerja merubah sudut pembukaan throttle menjadi sinyal tegangan ke ECU untuk menghentikan aliran bahan bakar dan menambah suplai bahan bakar (Hidayat, 2012:140). Selain itu juga dapat mendeteksi besarnya putaran *throttle* untuk mengatur waktu pengapian.

2.2.6.3 MAP sensor *(Manifold Absolute Pressure)*

Sensor MAP bekerja berdasarkan tekanan pada intake manifold dengan memberi masukan ke ECU, jika tekanan udara (O2) yang masuk lebih

padat maka membutuhkan bahan bakar lebih banyak. (Hidayat, 2012:118)

2.2.6.4 CKP *(Crankshaft Position Sensor)*

CKP terletak dibagian blok mesin samping poros engkol digunakan untuk mendeteksi letak posisi poros engkol. Sensor CKP memberi masukan ke ECU terhadap posisi dan kecepatan putaran mesin, semakin tinggi putaran mesin akan membutuhkan pembukaan injektor yang lebih cepat (Hidayat, 2012:118). Sensor ini berfungsi untuk menandakan saat penginjeksian berlangsung dan menentukan saat pengapian terjadi.

2.2.6.5 *Coolant Temperature Sensor*

Berfungsi untuk mendeteksi suhu mesin dan memberi masukan ke ECU kondisi suhu mesin (Hidayat, 2012:118). Suhu dari mesin digunakan untuk ECU mengkoreksi banyaknya semprotan bahan bakar sesuai kondisi mesin. Apabila temperatur mesin dalam kondisi rendah maka penguapan bahan bakar juga rendah sehingga diperlukan penambahan suplai bahan bakar (Hidayat, 2012:140).

2.2.7 ECU *(Electronic Control Unit)*

Electronic Control Unit atau istilah lainnya *Electronic Control Module* merupakan komponen sistem injeksi yang bertugas mengatur kerja dari aktuator berdasarkan masukan dari sensor-sensor. Menurut Renuraman dan Karthick (2015:40), kontrol mesin jenis unit kontrol elektronik berfungsi mengontrol berbagai aktuator pada sistem injeksi untuk memastikan kinerja mesin menjadi optimal dengan membaca nilai dari

banyak sensor pada mesin, menafsirkan data, dan menggunakan peta kinerja, dan menyesuaikan aktuator sesuai dari *output* sensor. Pada umumnya sensor dari sistem injeksi bekerja pada tegangan antara 0 – 5 volt selanjutnya ECU mengolah sinyal tersebut untuk menghitung dan menentukan waktu dan lamanya injektor menyemprotkan bahan bakar (Jama, 2008:283). Perkembangan sistem injeksi selain mengatur sistem bahan bakar dari injektor, ECU juga mengatur sistem pengapian dengan menentukan waktu pengapian sesuai dengan kondisi kerja mesin (Hidayat, 2012:110).

Electronic Control Unit (ECU) terdiri mikrokontroller yang bekerja dalam mengolah data input dari masing-masing sensor kemudian mengolahnya untuk disesuaikan dengan kebutuhan pada mesin. Tugas ECU dalam mengolah data sistem injeksi melalui sinyal-sinyal yang dideteksi oleh sensor-sensor, kemudian sinyal tersebut akan diproses oleh ECU dan diteruskan ke aktuator untuk melakukan kerja. ECU akan menerima informasi sinyal-sinyal tersebut untuk menentukan jumlah bahan bakar yang harus disemprotkan oleh injektor setiap kondisi mesin sehingga campuran bahan bakar yang diterima dapat mendekati campuran yang paling ideal (Suyanto,1989:222).

Gambar 2.5 Diagram Prinsip Kerja ECU

2.2.7.1 ECU Standar

ECU standar memiliki fungsi untuk mengatur kinerja aktuator melalui sinyal-sinyal yang diberikan oleh sensor pada sistem injeksi sesuai standarnya. Sistem ini dapat menghasilkan perbandingan bahan bakar dan udara lebih optimal dengan didukung oleh microprocessor berfungsi mengatur volume injeksi yang dideteksi oleh bermacam-macam sensor sehingga dapat menurunkan konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang (Yamaha Motor, 2011:1-2).

Gambar 2.6 ECU standar Yamaha Vixion

2.2.7.2 ECU Juken

ECU juken merupakan produk dari BRT (Bintang Racing Team) yang dilengkapi dengan dua buah mikro komputer yang dirancang untuk menyetting sistem injeksi (BRT, 2013:2). ECU ini memiliki 2 mode mapping yaitu mode akselerasi untuk power dan mode ekonomis digunakan untuk menghemat bahan bakar. ECU juken dirancang menggunakan remot yang berfungsi untuk mempermudah dalam menyetting pengaturan pada sistem injeksi. ECU Juken memiliki kemampuan dapat mengatur waktu pengapian, waktu penginjeksian,

durasi penginjeksian, memiliki limiter untuk mengatur batas putaran mesin, dan lain-lain (BRT, 2013:2).

Gambar 2.7 ECU Juken

Menurut BRT (2013:2) terdapat beberapa fitur keunggulan ECU Juken antara lain:

a. Dilengkapi dengan *remote programmer* yang dapat mengatur parameter koreksi *mapping* injeksi, kurva pengapian, batasan putaran mesin, waktu penyemprotan, dan kalibrasi TPS *(Throttle Position Sensor)*
b. Terdapat E-MAP *(Easy Map)* yaitu fitur mapping injeksi dengan teknik *offset* global dapat memudahkan untuk pengguna awam (pemula) dalam menyetting injeksi dengan cepat.

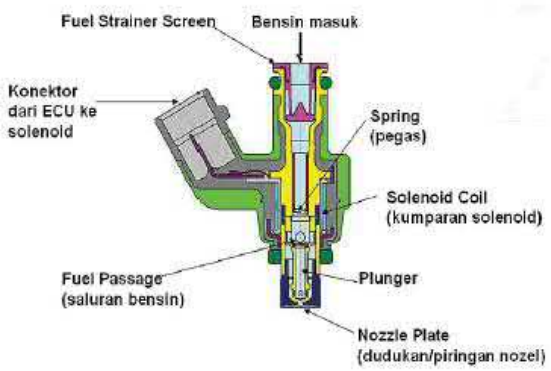
Kelemahan ECU Juken antara lain: kurangnya tenaga ahli dalam menyetting, harga komponen yang mahal, dan sensitif terhadap perangkat kelistrikan.

2.2.8 Injektor

Injektor merupakan aktuator yang terdapat pada sistem EFI yang berfungsi mengkabutkan bahan bakar menjadi partikel-partikel kecil. Menurut Wahyudi (2016:47) "Pada sistem EFI, injektor merupakan komponen utama pada mesin injeksi, yang berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar kesaluran *intake manifold* yang dilalui oleh udara sebelum masuk ke ruang bakar". Perbedaan sistem suplai bahan bakar dari sistem karburator dengan sistem injeksi yaitu dalam sistem karburator, untuk mendapatkan campuran udara dan bahan bakar yang tepat/sesuai harus dilakukan penyetelan secara manual pada sekrup udara. Sedangkan pada sistem injeksi, komponen injektor dalam proses penginjeksian sudah terprogram untuk mendapat perbandingan campuran udara dan bakar atau AFR *(Air fuel ratio)* yang tepat.

Proses injektor dalam mensuplai bahan bakar yaitu dengan bantuan *Electronic Contol Unit*. ECU menentukan dengan tepat berapa banyak bahan bakar yang perlu diinjeksikan oleh injektor melalui sinyal tegangan dengan memonitor sensor pada mesin. Menurut Sugiarto (2018:94) prinsip kerja injektor adalah saat tegangan sinyal dari ECU menyebabkan arus mengalir pada kumparan solenoid yang mengakibatkan plunger tertarik dan membuka katup untuk menginjeksikan bahan bakar. "Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kerja injektor antara lain tekanan bahan bakar, durasi injeksi, tegangan pasokan injektor, dan kecepatan mesin serta waktu mati injeksi" (Kumar, 2012:1981). Penyemprotan bahan bakar dilakukan

berdasarkan pengaturan pada waktu penginjeksian, titik saat injektor menyemprotkan bahan bakar dan durasi penginjeksian atau lamanya injektor mensuplai bahan bakar sesuai dengan kondisi pada saat mesin bekerja.

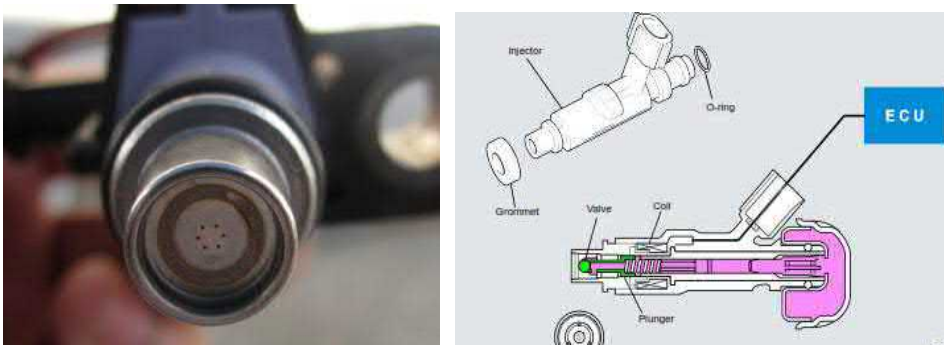


Gambar 2.8 Konstruksi Injektor

Sumber : Jama dan Wagino (2008 : 281)

2.2.8.1 Injektor standar

Injektor standar memiliki fungsi mengkabutkan bahan bakar dengan durasi yang tepat dan sesuai dengan timing penginjeksian yang telah diatur oleh ECU. Injektor standar Yamaha Vixion memiliki 6 lubang dengan kapasitas suplai penyemprotan injektor standar sebesar 135 cc/min (Gridoto.com, 2011).



Gambar 2.9 Injektor standar

Sumber : Sugiarto (2018:94)

Menurut Wikipedia (2018), terdapat beberapa keunggulan dan kekurangan pada injeksi sepeda motor antara lain:

Kelebihan injektor standar, antara lain: perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang lebih tepat dibandingkan karburator, hemat bahan bakar, daya lebih besar, dan emisi gas buang yang rendah.

Kekurangan injektor standar: akselerasi kurang responsif, sensitif terhadap benturan, sensitif pada bahan bakar, dan sensitif pada kelistrikan.

2.2.8.2 Injektor Racing

Cara kerja injektor racing sama dengan injektor standar yaitu mengkabutkan bahan bakar menjadi partikel sesuai dengan waktu dan durasi penginjeksian yang terkontrol oleh ECU. Injektor racing yang digunakan memiliki jumlah 10 lubang dengan kapasitas suplai penyemprotan sebesar 148 cc/min. Suplai yang dihasilkan injektor racing lebih tinggi dan didukung dengan diameter lubang yang kecil menyebabkan pengkabutan bahan bakar menjadi lebih lembut. Putaran mesin yang semakin tinggi juga berpengaruh terhadap kinerja dan volume injektor after market yang dapat menghasilkan volume penyemprotan yang lebih stabil (Riyadi, 2015:38).

Gambar 2.10 Injektor racing

Menurut Budiman (2013), Injektor racing memiliki beberapa kelebihan, antara lain: *flow rate* atau suplai bahan bakar lebih banyak setiap menitnya dibandingkan injektor standar, lubang pengkabutan lebih banyak, tekanan lebih besar, pengkabutan lebih halus karena diameter lubang kecil dan banyak. Sedangkan kekurangan injektor racing adalah harga injektor lebih mahal dibanding injektor standar, sensitif terhadap kelistrikan, sensitif bahan bakar, dan lebih boros bahan bakar.

2.2.9 Waktu pengapian *(ignition timing)*

Sistem pengapian memiliki peran yang sangat penting dalam memaksimalkan proses pembakaran. Terjadinya proses pembakaran yang sempurna apabila percikan bunga api dapat membakar habis campuran bahan bakar dan udara dengan tekanan yang optimal saat akhir langkah kompresi disebut sebagai waktu pengapian. Saat pengapian untuk mencapai pembakaran tanpa pukulan dan menghasilkan daya maksimal dengan mengatur jumlah derajat yang lebih awal pada putaran mesin yang tinggi (Arends dan Berenschot, 1980:70). Spesifikasi waktu pengapian untuk

motor standar pada putaran rendah (1.000-3.000 rpm) percikan bunga api terjadi pada 8°-15° sebelum TMA, pada putaran menengah sampai tinggi (4.000 ke atas) percikan bunga api terjadi pada 25°-30° sebelum TMA (Hidayat, 2012:148).

Untuk dapat mengontrol saat pengapian pada sepeda motor dengan sistem EFI yang tepat sesuai dengan putaran mesin diperlukan suatu alat untuk mengubah dan mengatur maju dan mundurnya waktu pengapian. Untuk mencapai kondisi tersebut, maka dibutuhkan ECU yang dapat diprogram untuk menyesuaikan waktu pengapian (Hartono, 2017:82).

Pada sistem EFI, mengganti komponen ECU standar dengan ECU aftermarket memiliki mode pengapian yang tepat serta dapat membantu pengaturan ulang waktu pengapian agar sesuai dengan putaran mesin rendah, sedang, maupun tinggi sampai daya yang dicapai dapat mengalami peningkatan dibandingkan dengan standarnya. Waktu pengapian didapat berdasarkan masukan dari sensor putaran mesin, sensor CKP *(crankshaft position sensor),* dan posisi *throttle* gas untuk mengatur saat pengapian dari berbagai kondisi mesin (Sugiarto, 2018:94).

2.2.10 Durasi penginjeksian

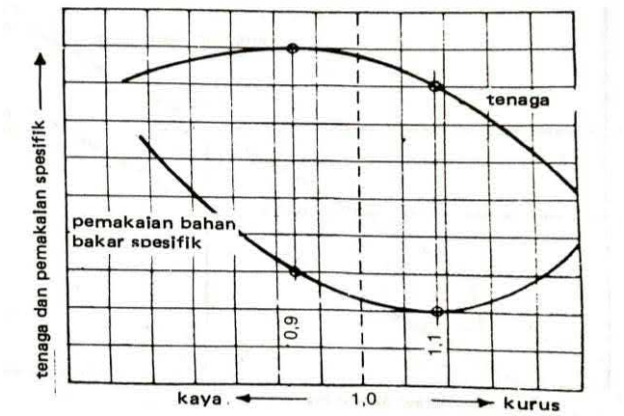
Durasi penginjeksian adalah rentang waktu saat injektor menginjeksikan bahan bakar sesuai dengan pengaturan pada ECU dengan membandingkan kebutuhan mesin. Menurut Jama dan Wagino (2008:289) Seiring dengan naiknya putaran mesin, maka lamanya penyemprotan akan semakin bertambah karena bahan bakar yang dibutuhkan semakin banyak.

Lamanya durasi penginjeksian sangat menentukan jumlah bahan bakar dan proses pembakaran di ruang bakar sehingga dapat mempengaruhi performa yang dihasilkan oleh mesin (Arif, et al. 2017:70).

Dengan menggunakan ECU *aftermarket*, durasi injeksi dapat disetting dan disesuaikan pada kondisi mesin saat bekerja. Durasi injeksi dikontrol ECU berdasarkan sinyal-sinyal yang diperoleh dari sensor (TPS) *throttle position sensor,* (CKP) *crankshaft position sensor, intake air pressure sensor,* (IAT) *intake air temperature* sensor, *lean angle* sensor *dan coolant temperature* sensor (Yamaha Motor, 2007:1-3).

2.2.11 Perbandingan bahan bakar – udara

Perbandingan campuran bahan bakar dan udara memiliki pengaruh terhadap kecepatan pembakaran. Menurut Arends dan Berenschot (1980:111) untuk mencapai daya yang maksimum diperlukan kecepatan pembakaran yang dapat dicapai dengan memperkaya campuran bahan bakar. Perbandingan campuran pada frekuensi putar normal dapat ditinjau dari beberapa sudut. Bila dititikberatkan pada putaran ekonomis motor, pada pemakaian bahan bahan spesifik terendah maka ditambahkan 10% udara dari jumlah teoritis, sedangkan saat diperlukan daya maksimum maka diperlukan udara sebanyak 10% dibawah jumlah teoritis (Arends dan Berenschot, 1980:163).



Gambar 2.11 perbandingan campuran bahan bakar dan udara dengan tenaga yang dihasilkan

2.2.12 Parameter performa mesin

Dalam meningkatkan performa mesin sebuah kendaraan perlu memperhatikan beberapa aspek yang digunakan sebagai acuan untuk mengoptimalkan kinerja suatu mesin. Menurut Suyanto (1989:31-37) terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi performa mesin, antara lain: diameter silinder dan langkah torak, volume silinder, perbandingan kompresi, dan efisiensi volumetric atau perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang dapat dihisap ke dalam silinder.

Peran ECU dan injektor dalam meningkatkan performa mesin adalah mengatur volume injeksi bahan bakar pada putaran rendah, menengah, dan tinggi dengan bantuan injektor dalam mengkabutkan bahan bakar agar campuran udara dan bahan bakar menjadi homogen dan pengaturan waktu pengapian yang tepat untuk mengoptimalkan saat proses pembakaran. Menurut Suyanto (1989:248) dengan adanya sejumlah bahan bakar dan

udara didalam silinder yang kemudian dinyalakan dengan nyala api busi, maka temperatur ruang bakar akan naik dan mengakibatkan naiknya tekanan pembakaran.

Pada penelitian ini parameter dalam performa mesin yang akan diteliti meliputi torsi dan daya mesin.

1. Torsi

Torsi merupakan ukuran kemampuan suatu mesin untuk melakukan kerja. "Perumusan dari torsi adalah jika suatu benda berputar dan memiliki besar gaya sentrifugal (F), benda berputar pada porosnya dengan jari-jari (b)" (Raharjo dan Karnowo, 2008:98). Besarnya torsi sebuah mesin dipengaruhi oleh beberapa fakor, antara lain panjang langkah piston dan rasio gigi. Semakin panjang langkah piston maka akan menghasilkan torsi yang semakin besar. Tenaga mesin diubah melalui rasio gigi yang besar sehingga momen yang dihasilkan meningkat.

Rumus menghitung torsi, yaitu:

$T = Fxb$ (N.m)

dengan T = Torsi benda berputar (N.m)

F = adalah gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

b = adalah jarak benda ke pusat rotasi (m)

(Raharjo dan Karnowo, 2008:98)

2. Daya

"Daya motor adalah besarnya kerja motor selama waktu tertentu" (Arends dan Berenschot, 1980:18). Menurut Raharjo dan Karnowo (2008:99), "pada motor bakar, daya mesin dihasilkan dari proses pembakaran di dalam silinder yang disebut dengan daya indikator". Besarnya daya suatu mesin dipengaruhi oleh kecepatan mesin dan besarnya momen/torsi. Untuk mengetahui daya mesin, harus diketahui terlebih dahulu besarnya torsi pada sepeda motor. Pengukuran torsi mesin dilakukan dengan menggunakan dynamometer.

Rumus menghitung daya:

$$P = \frac{2\pi.n.T}{6000} \text{ (kW)}$$

Dimana:

P = daya (kW)

n = putaran mesin (rpm)

T = torsi (Nm)

(Heywood, 1988:46)

2.2.13 Dinamometer

Dinamometer merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui performa yang dihasilkan oleh mesin. Tujuan dari pengetesan dengan alat dinamometer yaitu untuk mendapatkan nilai torsi (Nm) dan daya (hp) yang dihasilkan oleh mesin pada rpm tertentu. "Prinsip kerja alat dinamometer yaitu dengan memberi beban yang berlawanan terhadap arah putaran

sampai putaran mendekati nol (0) rpm, beban ini nilainya sama dengan torsi poros" (Raharjo dan Karnowo, 2008:98).

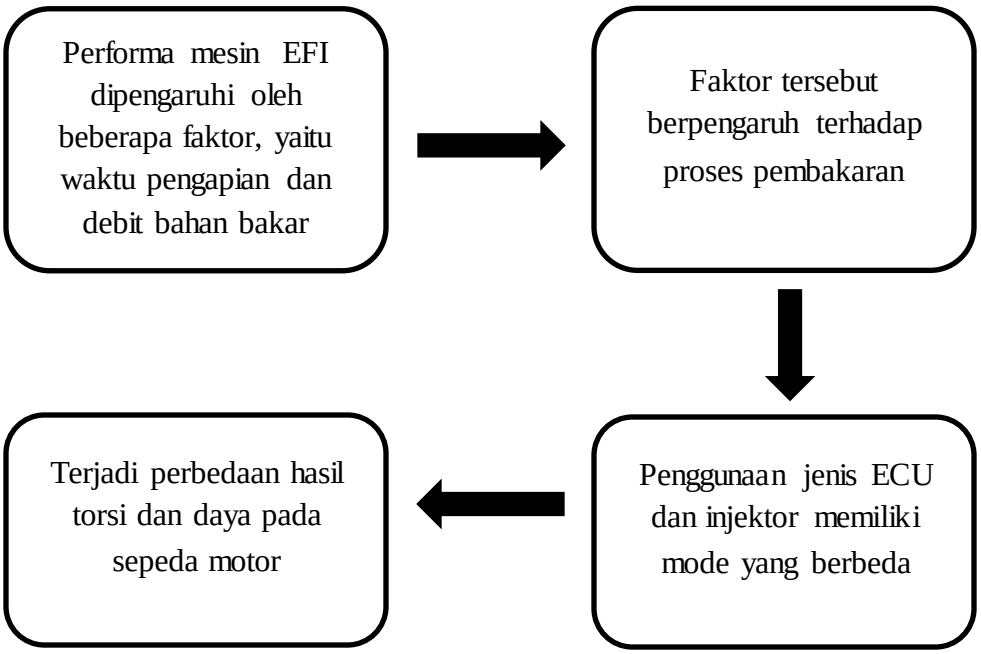
Tipe alat dinamometer yang digunakan adalah *Chassis Dynamometer*. Pengujian dilakukan dalam keadaan mesin dan chassis terpasang lengkap. Pada alat ini dilengkapi dengan roller yang berfungsi untuk meneruskan putaran dari roda belakang dan terdapat penahan roda depan berfungsi menahan roda agar tidak bergerak, serta monitor komputer yang berfungsi untuk menampilkan data hasil pengujian torsi pada sebuah mesin.

2.3 Kerangka Pikir Penelitian

Pada pengujian torsi dan daya sepeda motor Yamaha Vixion dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu perbedaan jenis ECU *(Electronic control unit)* dan perbedaan jenis injektor. Jenis ECU yang digunakan berupa ECU standar dan ECU Juken sedangkan injektor yang digunakan adalah injektor standar dan injektor racing. Perbedaan tipe ECU dan injektor yang digunakan dapat mempengaruhi torsi dan daya sepeda motor.

ECU standar dan ECU Juken memiliki mode yang berbeda dalam mengatur kinerja mesin injeksi. Penggunaan ECU *aftermarket* dapat melakukan pengaturan durasi penginjeksian sehingga dapat mengatur suplai bahan bakar yang diinjeksikan dan proses pembakaran menjadi lebih sempurna karena didukung waktu pengapian yang telah terprogram dengan tepat berdasarkan putaran mesin. Dengan merubah mode tersebut, kinerja yang dihasilkan pada sepeda motor injeksi menjadi lebih optimal. Perbedaan

injektor terletak pada jumlah lubang dan debit lebih besar sehingga suplai bahan bakar bertambah serta pengkabutan yang dihasilkan menjadi semakin lembut. Hasil pengkabutan pada injektor semakin lembut maka campuran bahan bakar dan udara menjadi lebih homogen. Hal ini akan berpengaruh terhadap proses pembakaran dan performa mesin menjadi meningkat.



Tabel 2.1 Kerangka Pikir

2.4 Hipotesis

1. Ada pengaruh dari penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap torsi pada sepeda motor Yamaha Vixion.
2. Ada pengaruh dari penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap daya pada sepeda motor Yamaha Vixion.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian pada sepeda motor Yamaha Vixion dengan menggunakan ECU standar injektor standar, ECU standar injektor racing, ECU Juken injektor standar, dan ECU Juken injektor racing telah dilakukan dan telah mendapatkan hasil sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat pengaruh dari penggunaan jenis ECU dan injektor yang berbeda terhadap torsi yang dihasilkan sepeda motor. Pengaruh pada peningkatan torsi disebabkan oleh gaya yang mendorong torak dari proses pembakaran akan menghasilkan momen yang besar sehingga semakin besar tekanan hasil pembakaran maka akan semakin besar momen yang dihasilkan poros engkol. Hasil torsi tertinggi pada sepeda motor Yamaha Vixion diperoleh pada saat pengujian menggunakan ECU Juken injektor racing dengan menghasilkan rata-rata torsi sebesar 14.31 Nm pada putaran 7500 rpm. Dengan menggunakan ECU Juken injektor racing, torsi yang dihasilkan dapat meningkat sebesar 7% dibandingkan dengan menggunakan ECU standar injektor standar.
2. Terdapat pengaruh dari penggunaan jenis ECU dan injektor yang berbeda terhadap daya sepeda motor. Pengaruh peningkatan daya disebabkan oleh besarnya torsi yang dihasilkan serta putaran mesin yang semakin meningkat maka daya motor juga akan meningkat karena daya

merupakan perkalian torsi dengan putaran poros. Daya tertinggi pada sepeda motor Yamaha Vixion diperoleh pada saat pengujian dengan ECU Juken injektor racing sebesar 11.22 kW pada putaran mesin 7500 rpm. Dengan menggunakan ECU Juken injektor racing, daya yang dihasilkan dapat meningkat sebesar 8% dibandingkan dengan menggunakan ECU standar injektor standar.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan oleh penulis terhadap hasil penelitian yang dilakukan tentang pengaruh penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap torsi dan daya adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan ECU Juken dan injektor racing memiliki pengaruh yang baik dalam meningkatkan performa mesin sepeda motor. Untuk dapat memaksimalkan performa yang lebih signifikan diperlukan pengaturan ulang secara manual pada durasi injeksi dan waktu pengapian di program ECU Juken pada setiap rentang rpm agar proses pembakaran menjadi maksimal dan performa yang dihasilkan dapat meningkat.
2. Jika mengganti perangkat injeksi seperti ECU dan injektor sebaiknya setting dilakukan diatas mesin dyno yang dilengkapi dengan sensor AFR agar perbandingan campuran bahan bakar dan udara lebih presisi.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan ECU standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang sepeda motor.

DAFTAR PUSTAKA

Arends dan Berenschot. 1980. *Motor Bensin*. Jakarta: Erlangga

Arif, A., N. Hidayat, dan M. Y. Setiawan. 2017. Pengaruh Pengaturan Waktu Injeksi dan Durasi Injeksi Terhadap Brake *Mean Effective Pressure* dan *Thermal Efficiency* Pada Mesin Diesel *Dual Fuel. Jurnal Invotek* Vol. 17, No. 2

Budiman, L. 2013. Sedikit Mengenal Injeksi Injektor dan Warna-warna Injektor Kendaraan. https://jurigkamera.wordpress.com/2013/11/16/sedikit-mengenal-injeksi-injektor-dan-warna-warna-injektor-kendaraan/ (diakses 14 April 2019)

BRT. 2013. Buku Panduan ECU Juken I-MAX *Progammable Fuel Injection*. PT. Trimentari Niaga (TMN).

Chaudhari, S. M., dan M. H. Salvi. 2015. Smart Electronic Fuel Injection System Using Magnetic Fuel Vaporizer. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IMJET)* Volume 6, Issue 11.

Fahmi F. dan M. N. Yuniarto. 2013. Perancangan dan Unjuk Kerja Engine Control Unit (ECU) Iquteche Pada Motor Yamaha Vixion. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1, No. 1, (1-6).

Gridoto.com. 2011. Yamaha V-Ixion Bore Up 200 cc Buat Turing. https://otomotifnet.gridoto.com/read/231068578/yamaha-v-ixion-bore-up-200-cc-buat-turing#!%2F. (Diakses 29 Juli 2019)

Hartono, D., M. Paloboran, B. Sudarmanta. 2017. Studi Eksperimental Pengaruh Mapping Waktu Pengapian dan Mapping Durasi Injeksi Serta Rasio Kompresi Terhadap Performansi dan Emisi Gas Buang Engine Cb150r Berbahan Bakar E50. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*. Vol. 12 No. 2.

Heywood, J. B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Singapore: McGraw-Hill

Hidayat, W. 2012. *Motor Bensin Modern*. Cetakan Pertama. Jakarta: Rineka Cipta.

Jama, J. dan Wagino. 2008. *Teknik Sepeda Motor*. Jilid 2. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Kumar V. Vinoth. 2012. Real Time Fuel Injection In SI Engine Using Electronic Instrumentation. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*. Vol. 4 No. 5.

Kunjam, R. K., P. K. Sen, dan G. Sahu. 2015. A Study on Advance Electronic Fuel Injection System. *International Journal of scientific research and management (USRM)* Volume 3 Issue 10 Pages 3608-3613.

Mastanaiah, M. 2013. Performance of Electronic Fuel Injection System Using Compressor and Controller. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies (IJAERS)* Vol.2 Issue 3 Pages 57-59.

Raharjo, W. D. dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Cetakan Pertama. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.

Rahman, R. M., D. Widjanarko, dan M. B. R. Wijaya. 2018. Perbedaan Unjuk Kerja Mesin Menggunakan Electronic Control Unit Tipe Racing dan Tipe Standar Pada Sepeda Motor Automatic. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*. Vol. 3 No. 2 Hal. 138-143.

Ramdani S. 2015. Analisis Pengaruh Variasi CDI Terhadap Performa dan Konsumsi Bahan Bakar Honda Vario 110cc. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. Vol 04 No. 3

Renuraman, J. dan Karthick, M. 2015. Experimental Evaluation of Electronic Port Fuel Injection System in Four Stroke 125cc SI Engine. *International Journal For Trends in Engineering & Technology*. Volume 5 Issue 2.

Riyadi, S., A. Suyatno, dan N. Fuhaid. 2015. Uji Kerja Injektor Terhadap Putaran dan Jenis Semprotan Menggunakan Alat Uji Injektor. *Jurnal Widya Teknika* Vol. 23 No. 1.

Setyo, M. dan L. Utoro. 2017. Re-mapping Engine Control Unit (ECU) Untuk Menaikkan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor. *Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK Jurnal)* Volume 11 No. 2.

Soenarto, N., dan S. Furuhama. 1995. *Motor Serba Guna*. Edisi Revisi. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

SportDevices. 2009. *User's Manual SportDyno V3.4*. http://www.sportdevices.com/download/manuals/sportdyno34-eng.pdf.

Sugiarto, T., D. S. Putra, W. Purwanto, dan Wagino. 2018. Analisis Perubahan Output Sensor Terhadap Kerja Aktuator pada Sistem EFI (*Electronic Fuel Injection*). *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi* Volume 18 No. 2.

Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D).* Cetakan ke-25. Bandung: Alfabeta.

Sujono, A., B. Santoso, dan D. Aris H. 2014. Pengaruh Variasi Main-jet Karburator Pada Kinerja Motor Bakar Bio-etanol. *Jurnal Mekanika* Volume 2 Nomor 2.

Supraptono. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumas*. Buku Ajar. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Suyanto, W. 1989. *Teori Motor Bensin*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi

Tristanto, V. Paryono, dan Sumarli. 2016. Pengaruh Penggunaan Injektor Vixion dan ECU Racing Pada Sepeda Motor Yamaha Mio J Terhadap Daya Motor. *Jurnal Teknik Mesin, Tahun 24, No.2.*

Wahyudi, N. 2016. Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Perubahan Sudut Injektor pada *System EFI* Terhadap Performa Motor 4 Langkah. *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE) Vol.1 No.1*

Wikipedia. 2018. Injeksi Bahan Bakar. https://id.m.wikipedia.org/wiki/Injeksi_bahan_bakar (diakses tanggal 26 Maret 2018)

Yamaha Motor. 2007. *Servis Manual Yamaha Vixion.* Edisi Pertama. PT Yamaha Indonesia Motor Manufacturing.