

**PENGARUH PEMOGRAMAN ULANG ECU *PROGRAMMABLE* MOTOR
4 LANGKAH MODIFIKASI INJEKSI TERHADAP PERFORMA MESIN
DENGAN VARIASI *INJECTION TIMING*, *IGNITION TIMING* DAN JENIS
BAHAN BAKAR**

SKRIPSI

*“Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Otomotif Sebagai Salah
Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



OLEH:

MUHAMAMAD YUDA SUHAIMI

NIM/BP.18073017/2018

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF

DEPARTEMEN TEKNIK OTOMOTIF

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

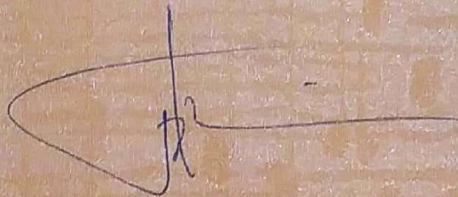
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH PEMOGRAMAN ULANG ECU *PROGRAMMABLE* MOTOR
4 LANGKAH MODIFIKASI INJEKSI TERHADAP PERFORMA MESIN
DENGAN VARIASI *INJECTION TIMING*, *IGNITION TIMING* DAN JENIS
BAHAN BAKAR

Nama : **Muhammiad Yuda Suhaimi**
NIM/BP : **18073017/2018**
Program Studi : **Pendidikan Teknik Otomotif**
Jurusan : **Teknik Otomotif**
Fakultas : **Teknik**

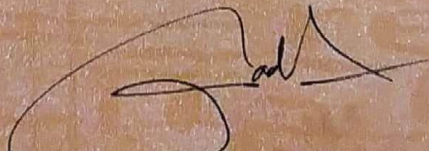
Padang, 9 Agustus 2022

Disetujui Oleh:



Wawan Purwanto, S.Pd, M.T, Ph.D
NIP. 19840915 201012 1 006

Mengetahui
Kepala Departemen



Prof. Dr. Wakhinuddin S.M.Pd
NIP. 1960031419850310

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Muhammad Yuda Suhaimi
NIM : 18073017

Dinyalakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Penguji
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang
Dengan judul

**Pengaruh Pemrograman Ulang Ecu *Programmable* Motor 4 Langkah
Modifikasi Injeksi Terhadap Performa Mesin Dengan Variasi *Injection*
Timing, Ignition Timing Dan Jenis Bahan Bakar**

Padang, 9 Agustus 2022

Tim Penguji

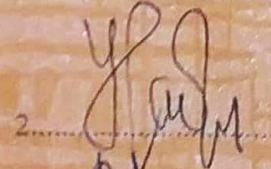
Nama

Tanda Tangan

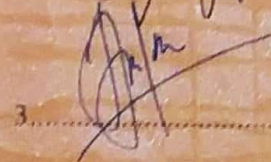
1. Ketua : Wawan Purwanto, S.Pd, M.T, Ph.D

1. 

2. Sekretaris : Prof. Dr. Hasan Maksum, M.T

2. 

3. Anggota : Ahmad Arif, S.Pd, M.T

3. 



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) FT: (0751) 7055644, 445118 Fax .7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id



Certified Management System
DIN EN ISO 9001:2000
Cert.No. 01.100 086042

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Muhammad Yuda Suhaimi**
NIM/TM : 18073017/2018
Program Studi : Pendidikan teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi saya dengan judul **“Pengaruh Pemograman Ulang Ecu *Programmable* Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi Terhadap Performa Mesin Dengan Variasi *Injection Timing*, *Ignition Timing* Dan Jenis Bahan Bakar”** Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 9 Agustus 2022

Saya yang menyatakan,



Muhammad Yuda Suhaimi
NIM. 18073048/2018

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, karena atas kehendak dan ridhanya saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Saya sadari skripsi ini tidak akan selesai tanpa do'a, dukungan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan kali ini saya ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

Ayahanda Bahruddin dan Ibunda Dasri, orang paling hebat di antara yang terhebat, yang sampai detik ini selalu mendo'akan dan memberikan dukungan luar biasa atas segala urusan saya hingga sampai titik menyandang gelar sarjana/strata satu (S1) ini. Gelar yang saya persembahkan untuk mereka berdua sebagai bukti bahwa mereka berhasil mendidik seorang putra walaupun dalam keterbatasan. Kepada Ayah, Ibu, Adik-adik, dan Keluarga yang selalu menjadi alasan saya untuk tetap semangat, terimakasih atas do'a dan motivasi tiada henti dari kalian.

Teman seperjuangan Jurusan Teknik Otomotif 2018, adinda, dan kakanda Jurusan Teknik Otomotif yang sama-sama berjuang dan selalu memberikan banyak bantuan dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.

Hormat Saya



Muhammad Yuda Suhaimi
18073017/2018

ABSTRAK

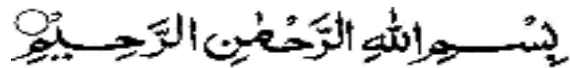
Muhammad Yuda Suhaimi 2022 “Pengaruh Pemograman Ulang Ecu *Programmable* Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi Terhadap Performa Mesin Dengan Variasi *Injection Timing*, *Ignition Timing* dan jenis bahan bakar” Skripsi. Padang. Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Penelitian ini membahas tentang pengaruh pemograman ulang *ecu programmable* motor 4 langkah modifikasi injeksi terhadap performa mesin dengan variasi *injection timing*, *ignition timing* dan variasi bahan bakar dengan melihat perbandingan torsi, daya dan emisi gas buang. Eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, penelitian ini dilakukan di teqleck Speedshop, pada perlakuan penggunaan variasi campuran bahan bakar pertalite dengan etanol didapatkan hasil emisi terbaik pada variasi campuran pertalite dengan etanol di dapatkan hasil emisi terbaik pada variasi campuran pertalite dengan etanol yaitu pada pertalite 80% dengan etanol 20%, dan campuran maksimal nya terdapat pada campuran pertalite 60% dengan etanol 40%, sedangkan pada perlakuan variasi bahan bakar pertamax dengan etanol didapatkan emisi terbaik pada campuran pertamax 40% dengan etanol 60% dan maksimalnya berada pada campuran pertamax 20% dengan etanol 80%.

Daya tertinggi yang di hasilkan terdapat saat variasi bahan bakar maximal dengan etanol 40 % saat pengujian *injection timing* dan *ignition timing* dengan tanpa perlakuan, terjadi saat Daya dengan torsi antara ECU *standard* dan ECU *programmable* etanol 40% *injection timing* 10⁰ dan *ignition timing* 2⁰ (pertalite) dimajukan sebesar 16.51% atau 0.89 Kw. Sedangkan pada variasi bahan bakar pertamax dengan etanol daya tertinggi terjadi pada saat *injection timing* 10⁰ dan *ignition timing* 2⁰ dimajukan yakni 17.15 % atau 0.94 Kw. kemudian hasil penelitian menggunakan ECU *Programmable* terhadap *injection timing* dan *ignition timing* dengan variasi bahan bakar pertalite dengan etanol pada sepeda motor 4 langkah terhadap torsi. Torsi tertinggi berada pada variasi bahan bakar pertalite 60% dengan etanol 40% injeksi 10⁰ dan *ignition timing* 2⁰ (pertalite) dimajukan yakni sebesar 12.04 % atau 1 N.m. Sedangkan untuk variasi pertamax etanol torsi tertinggi berada pada variasi bahan bakar pertamax 40% dan etanol 60% injeksi 10⁰ dan *ignition* 2⁰ (pertamax) dimajukan yakni sebesar 17.04% atau 1.41 N.m. Sedangkan daya pada variasi bahan bakar pertalite etanol terbaik lebih baik daripada pertamax etanol terbaik dengan perbandingan menurun sebesar 1,10 % yaitu 0,05 kw. Sedangkan torsi pada variasi bahan bakar pertalite etanol terbaik juga lebih baik daripada variasi pertamax etanol terbaik dengan perbandingan menurun sebesar 4,95% yakni 0.34 kw

Kata kunci : performa mesin, *injection timing*, *ignition timing*, ecu

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Pemograman ulang Ecu *Programmable* Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi Terhadap Performa Mesin Dengan jenis *Injection Timing, Ignition Timing* dan jenis Bahan Bakar**”

Dalam kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Yang paling utama dan terutama untuk kedua orang tua
2. Bapak Dr.Fahmi Rizal, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. (FT-UNP).
3. Bapak Prof. Dr. H. Wakhinuddin S, M.Pd selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Wawan Purwanto, S.Pd, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing sekaligus penasehat akademik
5. Bapak/Ibu Dosen departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Seluruh keluarga terutama yang telah memberikan semangat, dorongan dan motivasi kepada penulis baik secara materil maupun non materil dalam penulisan skripsi ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Otomotif yang telah memberi motivasi dan membantu

8. Terakhir buat seseorang yang masih menjadi rahasia ilahi, yang sedang saya perjuangkan ataupun yang belum sempat berjumpa, terimakasih untukmu yang telah menjadi penyemangatku dalam penyusunan skripsi ini, di relug hati percaya lah bahwa hanya ada satu nama yang selalu ku selipkan dalam benih benih doaku, semoga kenyakinan dan takdir ini terwujud, insya allah jodohnya kita bertemu atas ridho dan izin Allah SWT.

Kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, penulis ucapkan banyak terimakasih, semoga bantuan, bimbingan dan petunjuk yang bapak/ibu, saudara/i berikan menjadi amal ibadah dan mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan dikarenakan keterbatasan dan kemampuan penulis, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini untuk selanjutnya.

Wassalamu 'alaikum warah matullahi wabarakatu.

Padang, 20 juli 2022

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
A. Latar belakang masalah	1
B. Identifikasi masalah	5
C. Batasan masalah	5
D. Rumusan masalah	6
E. Tujuan penelitian	6
F. Manfaat penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. KAJIAN TEORI	8
1. Sistem Bahan bakar Injeksi	8
2. bahan bakar	10
3. Kontruksi Dasar Sistem EFI.....	12
4. cara kerja sistem injeksi	19
5. Pembakaran	20
6. Injection timing.....	22
7. pengapian /penyalan	22
8. ecu programmable	24
9. daya	25
10. Torsi	26
11. Dynamometer.....	27
B. Penelitian yang relavan	28
C. Kerangka Berfikir.....	30
D. Pertanyaan penelitian	32
BAB III METODE PENELITIAN	
A. METODE PENELITIAN	33
B. Definisi operasional variabel.....	36
C. Objek penelitian	38
D. Instrument Penelitian.....	39

E. Tempat dan waktu penelitian	40
F. Jenis dan sumber data	41
G. Prosedur penelitian	42
H. Teknik dan alat pengumpulan data	44
I. Analisis data	45
BAB IV HASIL PENELITIAN PEMBAHASAN.....	48
A. Hasil Penelitian	48
B. pembahasan	74
BAB V KESIMPULAN.....	83
A. Kesimpulan	83
B. Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA.....	115
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel

1. Perbandingan AFR dengan kondisi mesin	9
2. Pola Penelitian.....	33
3. Spesifikasi Yamaha vega zr	36
4. Spesifikasi dynamometer	37
5. Hasil pengujian daya dan torsi cdi karburator.....	43
6. Hasil pengujian daya dan torsi ecu standart	44
7. Hasil pengujian daya dan torsi ecu juken	45
8. Hasil uji Emisi Gas Buang Karburator.....	47
9. Hasil uji Emisi Gas Buang ECU Standard	48
10. Hasil uji Emisi Gas Buang variasi bahan bakar pertalite dan etanol	50
11. Hasil uji Emisi Gas Buang variasi bahan bakar pertalite dan etanol	51
12. Hasil pengujian daya motor 4 langkah pertalite dan etanol (terbaik)	53
13. Hasil pengujian daya motor 4 langkah pertamax dan etanol (terbaik).....	54
14. Hasil pengujian daya motor Sistem Karburator dan Sistem EFI	72
15. Hasil pengujian Torsi Sistem Karburator dan Sistem EFI	72
16. Hasil pengujian daya sistem ECU standar dan <i>Programmable</i>	72
17. Hasil pengujian Torsi sistem ECU standar dan <i>Programmable</i>	73
18. Hasil pengujian daya Bahan bakar Pertalite Terbaik Etanol 20% dan Pertamax. Terbaik Etanol 60%	73
19. Hasil pengujian Torsi Etanol 20% dan Pertamax Terbaik Etanol 60%	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar

1. Skema Bahan Bakar Pada EFI	13
2. Pompa bahan bakar assy sepeda motor	14
3. Konstruksi injektor	15
4. Sensor Engine coolant temperatur	17
5. Crankshaft position sensor	18
6. Skema sistem induksi udara	19
7. Grafik pembakaran sempurna bahan bakar dan udara	21
8. Ecu <i>programmable</i> juken BRT	25
9. Dynamometer	28
10. Kerangka berpikir.....	31
11. Skema Penelitian.....	41
12. Grafik pengujian emisi gas buang CO dan CO ₂	57
13. Grafik Emisi Gas Buang HC.....	58
14. Grafik Emisi Gas Buang CO dan CO ₂	59
15. Grafik Emisi Gas Buang HC.....	59
16. Grafik Emisi Gas Buang CO dan CO ₂	61
17. Grafik Emisi Gas Buang HC.....	61
18. Grafik daya karburator ,ECU standard dan ECU <i>programmable</i>	62
19. Grafik torsi karburator,ECU standard dan ECU <i>programmable</i>	63
20. Grafik hasil pengujian daya ECU std dengan variasi etanol.....	64
21. Grafik hasil pengujian torsi ECU std dengan variasi etanol	64

22. Hasil uji daya ecu std dan ecu <i>programmable</i> pertalite etanol 20%	66
23. Hasil uji torsi ecu std dan ecu <i>programmable</i> pertalite etanol 20%	66
24. Hasil daya ecu std dan ecu <i>programmable</i> pertalite etanol 40%	68
25. Hasil torsi ecu std dan ecu <i>programmable</i> pertalite etanol 40%.....	68
26. Hasil daya ecu std dan ecu <i>programmable</i> pertamax etanol 60%	70
27. Hasil torsi ecu std dan ecu <i>programmable</i> pertamax etanol 60%.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1 Pengujian Emisi gas buang	87
2 Pengujian Torsi Daya.....	88
3 Analisis presentase	92
4 Perhitungan standar deviasi dan uji statistik	104
5 Surat penelitian di Teqleck speed shop	114

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Saat ini dengan perkembangan teknologi di 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*. EFI merupakan salah satu sistem yang menggunakan digital pada sepeda motor. Sistem EFI ini adalah suatu sistem penyemprotan bahan bakar yang dalam kerjanya dikontrol oleh ECU (*Engine Control Unit*).

Pada saat sekarang ini, para produsen kendaraan bermotor bukan saja berlomba dalam mengeluarkan produk terbarunya, tetapi mereka juga berlomba dalam mengeluarkan *spare parts* serta komponen yang sudah dimodifikasi gunanya untuk meningkatkan performa dari kendaraan itu sendiri, sehingga para pengguna kendaraan merasa puas dan nyaman terhadap performa kendaraannya.

Penggunaan modifikasi pada ECU biasanya dilakukan khususnya untuk mesin-mesin yang penggunaan produknya sudah lewat (+5 tahun), atau adanya hal-hal lain seperti adanya keinginan si pemilik kendaraan untuk

meningkatkan performa lebih dari performa yang diberikan pabrik kendaraan itu sendiri atau karena kendaraan akan digunakan untuk kondisi dan situasi tertentu, misalnya pada saat balapan.

Modifikasi dari ECU digunakan untuk melengkapi dari kelemahan ECU standar pabrik yang tidak dapat digunakan untuk meningkatkan performa sepeda motor dikarenakan dibatasi oleh sistem pengaturan dari pabriknya yang tidak dapat diubah ubah pengaturannya. Maka untuk melengkapi kelemahan dari penggunaan ECU standar pabrik bisa dicarikan alternatif lainnya yaitu dengan menggunakan ECU *programmable* untuk peningkatan performa pada sepeda motor itu sendiri.

Ada beberapa cara agar mendapatkan pembakaran yang sempurna pada kendaraan sepeda motor diantaranya adalah mengontrol jumlah bahan bakar ke dalam mesin sehingga bahan bakar dapat diatur sesuai dengan kebutuhan mesin sepeda motor dan mengontrol proses pembakaran dengan *timing advance* pengapian yang tepat sehingga seluruh campuran bahan bakar dengan udara terbakar sempurna. ECU bekerja secara *digital logic* dengan sebuah *mikrocontroller* yang berfungsi mengolah data dengan proses membandingkan dan mengkalkulasi data untuk disesuaikan dengan kebutuhan mesin. Pengolahan data dari berbagai sensor-sensor yaitu *throttle position sensor* (TPS), *Engine Oil Temperature* (EOT), *Oxygen Sensor* (O2), *Crank Position Sensor* (CKP).

Berbagai cara yang dilakukan oleh pengguna kendaraan untuk meningkatkan performa yang dihasilkan oleh suatu kendaraan, diantaranya

adalah peningkatan volume silinder (*bore up*), mengubah sudut bukaan *camshaft*, hingga penggunaan *piggy back*. Namun dari beberapa perlakuan tersebut akan memberikan dampak yang buruk pada kondisi mesin dalam kurun waktu tertentu. Untuk itu diperlukan solusi untuk meningkatkan performa yang dihasilkan oleh kendaraan tanpa memberikan dampak buruk pada kendaraan dikemudian hari.

Mengingat jumlah kendaraan semakin meningkat maka emisi gas buang yang didalamnya mengandung zat berbahaya pada kendaraan bermotor semakin meningkat pula. Akibatnya maka gas HC (*Hydrocarbon*) dan *Oxides of nitrogen* menggumpal di udara sehingga menahan sinar matahari dan terjadilah reaksi *photochemical* dan akan membentuk substansi kimia serta oksigen lain terutama lapisan ozon yang merupakan oksidan paling kuat sifatnya mengakibatkan fenomena kabut. Hal ini akan menghalangi pandangan, iritasi mata dan menyebabkan kanker, secara umum dampak yang ditimbulkan oleh emisi gas buang terhadap kesehatan sangatlah banyak sekali seperti menyebabkan tenggorokan gatal-gatal, batuk, pemicu hipertensi dan lain lainnya (Bahrur Amin & Faisal Ismet, 2012: 157-158)

Kemudian hasil penelitian Mulfi Hazmi, dkk (2016) dengan judul studi analisa performa mesin sistem pembakaran EFI dan Kerburator pada mesin bensin, Dengan hasil penelitian untuk putaran mesin yang sama yaitu 3500 rpm daya yang dihasilkan mesin EFI sebesar 44,179 Kw, sedangkan pada mesin karburator daya yang dihasilkan 43,154 Kw dengan kenaikan sebesar 2,37% dengan kesimpulan daya yang dihasilkan dari mesin karburator lebih

kecil dibandingkan dengan mesin EFI.

Berbagai cara untuk meningkatkan daya dan torsi pada kendaraan adalah dengan melakukan modifikasi baik pada *engine*, sistem pemasukan udara (*Air Induction system*), sistem bahan bakar (*Fuel System*) hingga sistem pengapian untuk proses pembakaran. Untuk dapat melakukan hal tersebut, maka diperlukan sistem ECU yang dapat di program ulang (*programmable*), dengan melakukan perubahan pada *injection timing* dan *ignition timing* sehingga berbagai macam sistem yang ada pada kendaraan injeksi dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan. Salah satu jenis ECU yang dapat diprogram ulang yang sudah tersebar di pasar *aftermarket* adalah ECU *programmable*, dengan menggunakan ECU jenis ini dimungkinkan untuk melakukan pemrograman ulang pada sistem injeksi kendaraan.

Pada penelitian ini pemrograman ulang yang akan dilakukan peneliti yaitu pada sistem pengontrolan saat penginjeksian dan juga saat pengapiannya tujuan dari *pemrograman* pada sistem pengontrolan saat penginjeksian, yang mana diinjeksikan oleh injector yaitu untuk melihat bagaimana performa dari kendaraan itu sendiri. Maka untuk melakukan pengontrolan tersebut perlu dilakukan perubahan *Injector Timing* dan *ignition timing* menggunakan ECU *programmable*.

Dari latar belakang diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“pengaruh pemograman ulang ecu *programmable* motor 4 langkah modifikasi injeksi terhadap performa mesin dengan variasi *injection timing*, *ignition timing* dan jenis bahan bakar”**

Dengan harapan hasil dari penelitian ini menghasilkan suatu pembaharuan di dunia otomotif dan berguna bagi masyarakat .

B. Identifikasi masalah

Dengan adanya permasalahan di atas, dapat diidentifikasi masalah tersebut yaitu:

1. Pada sepeda motor 4 langkah yang awalnya menggunakan karburator sudah dimodifikasi ke injeksi menggunakan ecu standar bahwasanya tidak dapat diprogram kembali untuk meningkatkan performa sepeda motor karena dibatasi oleh sistem pengaturannya yang tidak dapat dilakukan pemograman ulang.
2. Sepeda motor 4 langkah yang di modifikasi menggunakan ECU *programmable* sangat berpengaruh terhadap tingginya polusi udara yang dihasilkan sepeda motor
3. Bagaimana pengaruh variasi bahan bakar terhadap performa mesin kendaraan
4. Bagaimana pengaruh saat penginjeksian bahan bakar (*Injection Timing*), saat pengapian (*ignition timing*) dan variasi bahan bakar terhadap emisi gas buang, torsi dan daya, dengan menggunakan (ECU) *programmable* .

C. Batasan Masalah

Agar lebih terarahnya penelitian ini, peneliti membatasi permasalahan yang akan ditelitinya yaitu sebagai berikut

1. Pengaruh Pada sepeda motor 4 langkah yang awalnya menggunakan karburator yang sudah dimodifikasi ke injeksi menggunakan ecu standar

dan tidak dapat diprogram kembali untuk meningkatkan performa sepeda motor karena dibatasi oleh sistem pengaturannya yang tidak dapat dilakukan pemrograman ulang.

2. Pengaruh pada saat penginjeksiaan bahan bakar (*injection timing*), *ignition timing* (waktu pengapian) dan variasi bahan bakar terhadap torsi, daya dan emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah dengan menggunakan ECU *programmable*

D. Rumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Pengaruh modifikasi motor 4 langkah injeksi ECU standar terhadap torsi, daya dan emisi gas buang pada sepeda motor motor 4 langkah dengan menggunakan ECU *programmable* .
2. Pengaruh pada saat penginjeksiaan bahan bakar (*injection timing*) dan *ignition timing* (waktu pengapian) terhadap performa mesin dengan variasi *injection timing*, *ignition timing* dan variasi bahan bakar

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk

1. Mengetahui pengaruh modifikasi sepeda motor 4 langkah karburator yang telah di modifikasi menjadi injeksi terhadap torsi ,daya dan emisi gas buang pada sepeda motor motor 4 langkah dengan menggunakan ECU *programmable*.
2. Mengetahui pengaruh pada saat penginjeksiaan bahan bakar *injection timing*, *ignition timing* dan variasi bahan bakar terhadap torsi dan daya

pada sepeda motor 4 langkah.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan mata kuliah skripsi dan juga sebagai syarat untuk mendapat gelar sarjana pada jurusan teknik otomotif fakultas teknik universitas negeri padang.
2. Memberitahukan kepada pembaca tentang bagaimana pengaruh mapping ecu *programmable* motor 4 langkah modifikasi injeksi terhadap performa mesin dengan variasi *injection timing*, *ignition timing* dan variasi bahan bakar.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Kajian Teori

1. Sistem Bahan Bakar Injeksi

Penyemprotan bahan bakar secara elektronik yang diatur oleh ECU adalah sebuah teknologi yang dikembangkan oleh para produsen kendaraan otomotif terutama pada sepeda motor dan juga mobil. Sistem bahan bakar EFI ini dirancang untuk meningkatkan *performance* dari kendaraan, menghemat bahan bakar, serta mengurangi emisi gas buang kendaraan. Sistem bahan bakar injeksi berasal dari pompa yang berada pada tangki bahan bakar, dimana pompa tersebut memompakan bahan bakar dengan tekanan tinggi ke injektor sehingga bahan bakar yang awalnya berbentuk cairan, pada saat keluar dari mulut injektor bentuk bahan bakar tersebut sudah berbentuk kabut dan di dalam ruang bakar sudah bercampur dengan udara Wahyu (2013:5)

Pada pompa bahan bakar harus dapat menyuplai bahan bakar bertekanan tinggi untuk dialirkan ke injector, sehingga penyemprotan bahan bakar yang keluar dari lubang injector sudah berbentuk kabut dan di dalam ruang bakar bahan bakar sudah bercampur dengan udara sehingga menghasilkan campuran yang sejenis (*homogen*) yang sesuai dengan kebutuhan mesin. Penyemprotan bahan bakar ini harus sesuai dengan keadaan mesin sehingga pada setiap terjadi perubahan kondisi kerja mesin

tersebut tetap pada kondisi terbaiknya (optimal) Sutiman (2005:14).

Menurut (Sutiman 2005:15) menyatakan di dalam ruang bakar perbandingan pencampuran udara dan bahan bakar yang terbaik yaitu 14,7:1 gr. Dimana 14,7 gr itu udara dan 1 gr itu bahan bakar, apabila kondisi ini tercapai dalam ruang bakar maka ini dinamakan perbandingan pencampuran yang ideal atau diistilahkan dengan *stoichiometric*. Apabila perbandingan campuran melebihi 14,7 gr maka itu disebut lagi dengan campuran miskin/kurus, apabila perbandingan campuran kurang dari 14,7 gr maka itu disebut lagi dengan campuran kaya/ gemuk.

Tabel 1. Perbandingan AFR dengan kondisi mesin (Sutiman 2005:15)

No	Kondisi kerja mesin	AFR
1	Start temperatur dingin	2-3:1
2	Start temperatur panas	7-8:1
3	Saat idling	8-10:1
4	Kecepatan rendah	10-12:1
5	Akselerasi	2-3:1
6	Putaran maks	12-13:1
7	Putaran sedang	15-17:1
8	Tenaga optimal	12-13:1
9	Emisi rendah	15:1
10	Bahan bakar ekonomis	16-17:1

Sesuai dengan tabel di atas bahwasanya campuran antara udara dan campuran bahan bakar berbeda-beda pada setiap kondisi kerja mesin.

Dapat dilihat bahwanya perbandingan campuran pada saat idling sangat berbeda sekali dengan campuran bahan bakar pada saat akselerasi, begitu juga pada perbandingan campuran pada saat *start* temperature dingin juga berbeda dengan *start* temperature panas.

Dilihat dari Pemikiran para ahli diatas dapat disimpulkan kembali yaitu defenisi EFI adalah sebuah sistem yang mengatur bagaimana cara untuk mencapai pembakaran yang sempurna sehingga dapat meningkatkan performa mesin, menghemat bahan bakar, mengurangi polusi gas buang.

2. Bahan bakar

Menurut jalius ,dkk (2008 : 46) bahan bakar mesin yaitu persenyawaan hidro-karbon yang diolah dari minyak bumi. untuk mesin bensin dipakai bensin dan untuk mesin diesel disebut minyak diesel.

a. Pertalite

Pertalite adalah bahan bakar minyak dari pertamina dengan RON 90. Pertalite dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak. pertalite memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan premium. Selain itu, RON 90 membuat pembakaran pada mesin kendaraan dengan teknologi terkini lebih baik dibandingkan dengan premium yang memiliki RON 88. Sehingga sesuai digunakan untuk kendaraan roda dua, hingga kendaraan *multi purpose vehicle* ukuran menengah.

b. Pertamax

Dikutip dalam jurnal yang di publish oleh maridjo, dkk(2019)

bahan bakar yaitu material yang dapat di ubah menjadi energi . bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan jika di oksidasi atau dibakar.

Dalam penelitian kali ini peneliti menggunakan bahan bakar pertamax dikarenakan bahan bakar pertamax mempunyai nilai oktan yang tinggi yaitu 92, lebih tinggi dibandingkan dengan pertalite yang hanya memiliki nilai oktan 90.

c. Ethanol

Dikutip dari jurnal yang di publish oleh sri utami (2007 : 100-10) salah satu bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bensin yaitu ethanol. Ethanol memiliki angka oktan yang lebih tinggi daripada bensin yaitu *research octane* 108 motor octane 92, ethanol memiliki panas penguapan (*heat of vaporization*) yang tinggi, ini berarti ketika menguap ethanol akan diserap dari silinder sehingga dikhawatirkan temperatur puncak akan rendah, padahal untuk terjadinya pembakaran yang efisien, temperatur mesin tidak boleh selalu rendah.

d. Campuran ethanol dengan bensin

Pemakaian ethanol murni secara langsung pada mesin bensin akan sulit untuk terbakar, sehingga dengan ethanol murni mesin akan sulit untuk starting.maka dari itu dengan pencampuran ethanol dengan bensin akan mempermudah starting pada temperatur rendah, mencampur ethanol dengan bensin akan menghasilkan gasohol. Keuntungan dari pencampuran ini yaitu bahwa ethanol cenderung akan menaikkan

bilangan oktan dan mengurangi emisi CO₂.

Menurut penelitian B2TP BPPT gasohol dengan porsi bioethanol hingga 20% bisa langsung digunakan pada mesin otomotif tanpa menimbulkan masalah teknis dan sangat ramah lingkungan, selama ini pabrikan mobil *ford* telah mengembangkan mobil berbahan bakar ethanol mulai dari E20 sampai E85, E20 berarti 20% ethanol dan 80 % bensin.

3. Kontruksi Dasar Sistem EFI

Secara umum sistem bahan bakar EFI sendiri terbagi atas 2 kontruksi dasar. Yang mana kontruksi dasar tersebut dibagi sesuai dengan pembacaan udara yang masuk ke dalam intake dan dibaca oleh sensor-sensor. Kontruksi yang pertama dinamakan dengan *L jetronik* yaitu penginjeksian bahan bakar berdasarkan banyaknya udara yang masuk ke dalam ruang bakar dimana tipe *L jetronik* ini disensor oleh *Air Flow Meter*. Kontruksi yang kedua dinamakan *D jetronik* yaitu penginjeksian bahan bakar berdasarkan tekanan udara yang masuk ke dalam ruang bakar dimana tipe *D jetronik* ini disensori oleh sensor *Manifold Absolute Pressure* (Solikin 2005:5).

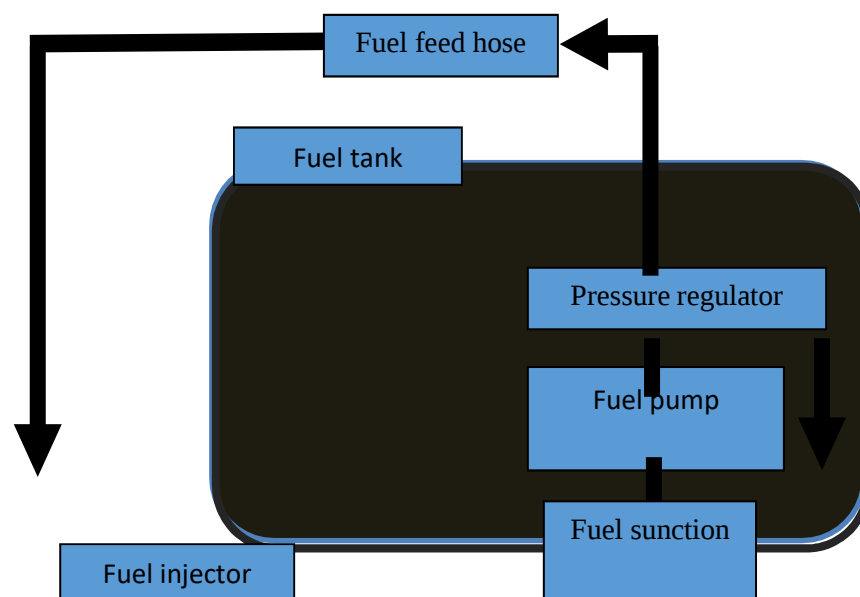
Disetiap produksinya kendaraan EFI ini selalu berkembang dari waktu ke waktu dengan ditambahkan teknologi – teknologi yang semakin membuat kesehatan, keselamatan dan kenyamanan bagi pengendara semakin dikedepankan. Dengan semakin lengkapnya sensor – sensor, actuator – actuator maka sistem EFI ini akan dapat mengatur perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang disemprotkan akan semakin optimal

sehingga kenyamanan pengendara dalam berkendara juga terpenuhi.

Pada konstruksi dari sistem EFI ini terbagi atas 3 sistem, yaitu sistem bahan bakar, sistem pemasukan udara, sistem untuk *control electronic*.

a. Sistem Bahan Bakar

Sistem yang pertama dibahas yaitu sistem bahan bakar, dimana sistem bahan bakar ini adalah sebuah sistem yang digunakan untuk menampung bahan bakar, membuat bahan bakar bertekanan tinggi untuk dialirkan ke injector.



Gambar 1. Skema Bahan Bakar Pada EFI
Sumber: (Solikin 2005:5)

Berikut merupakan komponen – komponen dari bahan bakar diatas adalah saringan bahan bakar, pompa bahan bakar, regulator tekanan, tangki bahan bakar dan injector, kemudian komponen – komponen tersebut memiliki fungsi sebagai berikut:

- 1) *Fuel tank* sebaga tempat untuk menyimpan cadangan bahan bakar sementara
- 2) *fuel pump* memiliki fungsi untuk mengisap bahan bakar dari penampung cadangan dan memompakan menuju injector dengan bahan bakar bertekanan tinggi. Dan mengatur banyaknya minyak yang disalurkan ke dalam injector harus sesuai dengan kebutuhan mesin.
- 3) *Fuel suction system* difungsikan sebagai alat penyaring kotoran dan air yang ikut terbawa masuk pada saat melakukan pengisian bahan bakar.



Gambar 2. Pompa Bahan Bakar Assy Sepeda Motor.
Sumber : *bikers motor*

- 4) *Fuel feed hose* difungsikan sebagai pemindah/ pengalir bahan bakar yang berada di tangki cadangan menuju ke injector.
- 5) Injektor memiliki fungsi sebagai alat untuk penyemprotan bahan bakar dengan cara mengabutkan bahan bakark yang bertekanan tinggi yang diciptakan oleh pressure regulator untuk disemprotkan ke ruang bakar. injektor yang digunakan peneliti dalam penelitian kali ini yaitu menggunakan injektor jupiter Z1



Gambar 3. Kontruksi Injektor jupiter Z1
Sumber : Gridoto.com

b. Sistem Kontrol Elektronik

Sistem control elektronik merupakan salah satu bagian dari sistem bahan bakar injeksi (EFI) dimana sistem ini terdiri dari sensor – sensor, actuator-actuator yang berfungsi untuk menghasilkan perubahan pada keluaran daya dan torsi dengan mengatur sistem pengapian, sistem penginjeksian, sistem bahan bakar, yang sesuai dengan keperluan mesin sehingga memungkinkan untuk dapat memperhemat bahan bakar, mengurangi emisi gas buang pada kendaraan (Sutiman 2005:24).

Pada sistem control elektronik ini ada beberapa sensor yang difungsikan untuk mengetahui kondisi kerja mesin, diantaranya *Throttle Position Sensor* (TPS), *Engine Oil Temperature* (EOT) TPS (*Throttle Position sensor*), CKP (*Crank shaft Position*). Pada kendaraan yang telah memakai sistem EFI, maka dari tahun ke tahun akan ada perubahan dari sensor – sensor yang digunakan, seperti pada yamaha vega zr ini yang telah dimodifikasi yang tidak menggunakan sensor MAP (*Manifold Absolute Pressure*), sedangkan pada keluaran motor lain seperti supra X 125 menggunakan sensor MAP.

Pada sepeda EFI ada pengontrol elektroniknya yang berfungsi sebagai pengatur dari kerjanya sensor – sensor dan actuator – actuator yang ada pada kendaraan, pengontrol Elektronik tersebut dinamakan dengan ECU yang dianggap sebagai otak bekerjanya semua sistem pada sebuah EFI.

Selain terdapat ECU pada kendaraan EFI juga ada sebuah socket yang berfungsi untuk membaca indikasi kerusakan pada kendaraan EFI, socket tersebut dinamakan dengan DLC (*Data Link Connector*) Berikut ini adalah beberapa komponen sistem control elektronik dan juga penjelasannya yaitu :

1) ECU (*Electronic Control Unit*)

ECU adalah sebuah papan elektronik yang dilengkapi dengan komponen – komponen elektronik yang sudah diprogram secara otomatis sehingga dapat difungsikan sebagai penerima, memerintah dari masukan dan keluaran dari sensor dan juga actuator pada kendaraan EFI. ECU mengatur semua sistem yang ada pada kendaraan EFI, mulai dari sistem pendingin, pelumas mesin, putaran mesin, bukaan katup *throttle*, sistem penginjeksian, sistem bahan bakar, sistem pengaturan katup, sistem pengapian. ECU inilah yang nanti akan menerima sebuah signal dari sensor – sensor apa yang dibutuhkan oleh sebuah mesin, lalu memerintahkan actuator untuk memenuhi kebutuhan mesin (Sutiman 2005:25).

2) *Engine Oil Temperature* (EOT)

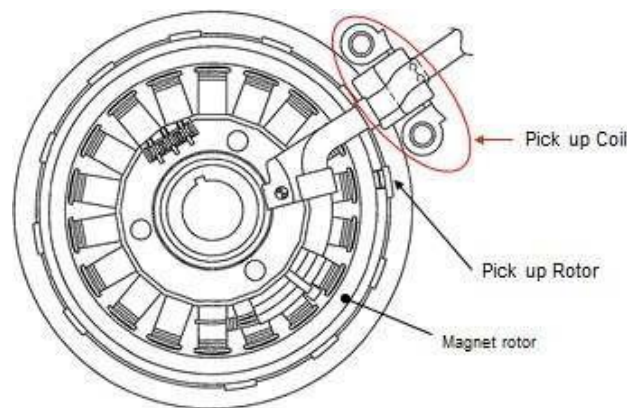
EOT berfungsi sebagai pendeteksi perubahan suhu oli mesin. Letak sensor ini terdapat pada *sector engine*, biasanya berada di sekitar kepala silinder (*Head cylinder*) atau pada dinding silinder. Eot bertugas memantau suhu mesin melalui oli, kemudian hasil pembacaannya akan disampaikan ke ECU, dimana campuran bahan bakar saat kondisi dingin mesin masih dingin sangat berbeda sekali ketika kondisi mesin sudah panas. Eot termasuk jenis thermistor yang mana Eot memiliki hambatan yang sangat terpengaruh pada suhu.



Gambar 4 .Sensor EOT (*Engine Coolant Temperatur*)

3) CKP (*Crankshaft Position Sensor*)

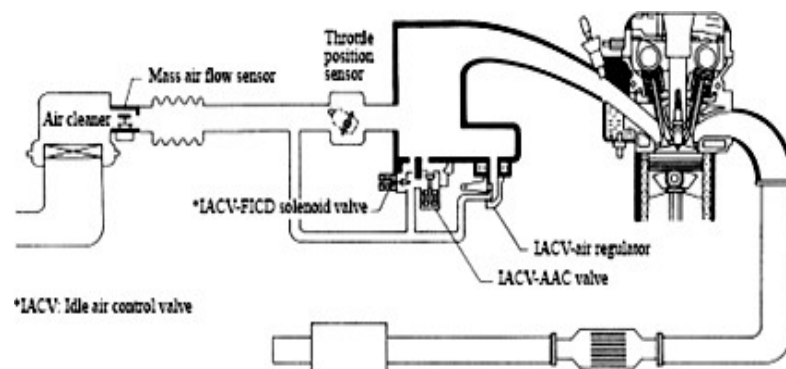
CKP merupakan sebuah sensor pada kendaraan EFI yang terletak pada dinding silinder tepat berada di pulley crankshaft. CKP berfungsi sebagai sensor untuk mengetahui posisi dari poros engkol, sehingga sensor CKP dapat mengirimkan sinyal ke ECU sehingga ECU dapat menerima sinyal dari CKP sehingga ECU dapat memerintahkan actuator kapan penyemprotan bahan bakar akan dilakukan.



Gambar 5. CKP (*Crank shaft Position sensor*).
Sumber : Sutiman 2005:24

4) Sistem Induksi Udara

Sistem induksi udara merupakan sebuah sistem yang ada kendaraan EFI, menurut (wahyu hidayat 2012 : 135) dimana sistem ini berfungsi untuk mengetahui mengatur dan mengetahui berapa udara yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga pada saat pembakaran didapatkan campuran yang homogen .adapun perbandingan campuran yang ideal yaitu 14,7 : 1. Komponen yang termasuk kedalam sistem induksi udara yaitu seperti *air cleaner*, *intake manifold* dan *throttle body*, melalui komponen inilah sistem induksi udara dimulai untuk menyalurkan udara sehingga sampai ke dalam ruang bakar sesuai dengan perbandingan campuran yang dibutuhkan oleh mesin.



Gambar 6. Skema Sistem Induksi udara
Sumber :wahyu hidayat 2012 : 135

Sistem induksi ini bermula dari penyaringan dari debu dan kotoran yang disensor oleh *sensor air flow* selanjutnya ke *throttle body* dan berakhir di dalam ruang bakar.

Cara kerja dari sisem induksi udara ini adalah dengan penerimaan signal oleh ECU dari berbagai sensor – sensor, seperti *sensor throttle body*, sensor air pendingin, sensor *camshaft* dan sensor lainnya sehingga ECU dapat mengkalkulasikan berapa udara yang akan masuk ke dalam ruang bakar

4. Cara Kerja Sistem Injeksi

Cara kerja dari sistem injeksi adalah untuk melakukan pengontrolan aliran bahan bakar secara elektronik yang dikontrol oleh ECU sehingga dapat masuk ke dalam ruang bakar dengan bentuk kabut dikarenakan tekanan yang tinggi serta volume dan kebutuhan mesin (Al Fikri, 2019).

Ketika kunci kontak ON, maka pompa bahan bakar langsung bekerja untuk menyuplai bahan bakar yang akan dibutuhkan oleh injector masuk menuju ruang bakar dalam berbentuk kabut, setelah mesin

dihidupkan maka seluruh sensor pada kendaraan memberikan signal – signal ke ECU seperti sensor throttle position sensor, intake air temperature, dan engine oil temperature sehingga ECU memprogramnya dan mengolah dari signal – signal yang dikirimkan oleh sensor–sensor, lalu sensor tersebut memerintahkan actuator untuk menambah atau mengurangi suplai udara dan bahan bakar sesuai kebutuhan mesin.

5. Pembakaran

Pembakaran merupakan suatu reaksi yang terjadi antara pembakaran campuran bahan bakar dan udara melalui percikan bung api/ panas (kompresi) di dalam ruang bakar. menurut (Bahrul dan Faisal 2016: 46) menyebutkan bahwa pada proses pembakaran ada beberapa kemungkinan yang akan terjadi pada saat pembakaran, penjelasannya sebagai berikut:

a. Pembakaran Normal

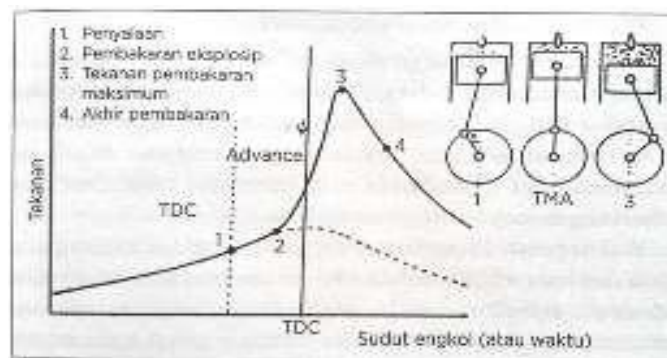
Pada pembakaran normal dapat diartikan sebagai pembakaran yang dapat membakar seluruh campuran udara dan bahan bahan bakar secara normal sesuai yang dibutuhkan oleh kendaraan, sehingga hasil dari pembaaran tersebut menjadi *KarbonDioksida* dan Air.

Menurut Gupta (2009 : 159) menyatakan “ pembakaran disebut normal apabila penyebaran nyala api berlanjut ke ujung dari ruang bakar tanpa perubahan secara mendadak atau secara teratur bentuk dan kecepatan rambatnya”

Di bawah ini akan diuraikan bagaimana reaksi dari pembakaran sempurna:



Pembakaran normal pada motor bensin dapat ditunjukkan pada grafik ini.



Gambar 7. Grafik pembakaran sempurna bahan bakar dan udara
(sumber: Bahrul Amin, Faisal Ismet 2016:47)

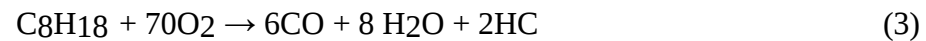
b. Pembakaran tidak normal (tidak stoikiometri)

Toyota step 2 (1972:2) mengemukakan bahwa *knocking* yaitu suatu proses pembakaran dari campuran bahan bakardengan udara tanpa menggunakan percikan bunga api busi, melainkan terbakar dengan sendirinya yang disebabkan oleh naiknya tekanan dan temperatur yang tinggi serta sumber panas lainnya.

Pembakaran tidak normal terjadi apabila bahan bakar tersebut tidak ikut terbakar atau tidak terbakar bersamaan pada saat dan keadaan yang dibutuhkan kendaraan saat proses pembakaran terjadi. Selain itu, pembakaran tidak normal adalah pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar yang mana campuran udara dan bahan bakar tidak dapat terbakar seluruhnya sehingga hasil dari pembakaran menjadi tidak sempurna dan menyebabkan timbulnya detonasi (*knocking*) dan juga

dapat menimbulkan polusi udara seperti *Karbon Monoksida*, *Hidrokarbon*, dan Air.

Di bawah ini akan diuraikan bagaimana reaksi dari pembakaran tidak normal tersebut:



Dalam pembakaran tidak normal ini dapat menimbulkan detonasi (*knocking*)

6. *Injection Timing*

Injektor bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetis, yang biasanya dikendalikan oleh ECU melalui rangkaian massa. *Injection timing* adalah kapan saatnya injector menyembrotkan bahan bakar ke dalam silinder *port intake*. Yang mana pada *injector timing* ini mendapat signal dari sensor – sensor lalu mengirim signal tersebut kepada ECU. Jika saat injeksi lebih awal (menjauhi TMA) maka campuran bahan bakar yang masuk yang terbakar menjadi lebih rendah sehingga waktu tunda lebih panjang, sedangkan jika saat injeksi dimundurkan (mendekati TMA), maka campuran bahan bakar yang terbakar menjadi lebih tinggi sehingga *ignition delay* lebih pendek, Wahyudi (2009:12). Pada saat penginjeksian melebihi 12⁰ titik mati atas (TMA) itu dapat mengurangi dari performa mesin. Sebaiknya pengaturan saat penginjeksian yang baik itu 11⁰ titik mati atas (TMA) untuk menghasilkan daya dan torsi yang lebih baik (Gunawan Susanto 2009).

7. *ignition timing*

Menurut wardan (1989: 266) “ sistem penyalaan adalah salah satu

sistem yang ada di dalam motor yang menjamin agar motor dapat bekerja, sistem penyalaan ini berfungsi untuk menimbulkan api untuk membakar campuran bahan bakar yang sudah di kompresikan di dalam silinder “ jadi pengapian ini harus mampu membakar campuran bahan bakar dengan udara yang ada di dalam silinder.

Menurut Bahrul dan Faisal (2016: 77) sistem pengapian merupakan salah satu sistem untuk membakar campuran bahan bakar yang terkompresi di ruang bakar dengan memercikan bunga api yang dilakukan oleh busi.

Berdasarkan penjelasan para ahli diatas ,dapat disimpulkan bahwa sistem pengapian sangat penting untuk membakar campuran bahan bakar dan udara yang terkompresi untuk menghasilkan tenaga.

a. Busi

Menurut wardan (1989 : 282) “Busi berguna untuk menghasilkan bunga api dengan menggunakan tegangan tinggi yang dihasilkan oleh koil. krmudisn nungs spi ini dipergunakan sebagai untuk memulai pembakaran campuran bahan bakar dengan udara yang sudah dikompresikan di dalam silinder“ jadi busi merupakan salah satu komponen utama yang penting dalam sistem pengapian pada motor bensin yang berfungsi untuk menghasilkan percikan bunga api sebagai proses aawal dari pembakarn campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan kedalam ruang bakar untuk menghasilkan tenaga.

b. Pengaruh perubahan timing pengapian terhadap performa mesin

Anonim, (2013:34) waktu pengapian dapat di definisikan

sebagai waktu atau saat dimana busi mulai memantikan api di ruang bakar, terkait dengan posisi piston pada waktu langkah kompresi, untuk memperoleh output daya yang maksimal dari mesin, maka timing pengapian harus berada pada waktu yang tepat yaitu kurang dari beberapa derajat sebelum melewati TMA sehingga di peroleh tekanan optimal dari hasil pembakaran. *Timing* pengapian juga harus di sesuaikan dengan perubahan putaran mesin, dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pembakaran di dalam silinder selalu sama namun waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus selalu bervariasi disetiap perubahan putaran mesin dikarenakan perbedaan putaran dan beban mesin

8. ECU Programmable

Karena kelemahan dari ECU standar pabrikan yang tidak dapat dilakukan penyetingan, maka produsen *Bintang Racing Team* (BRT) menjawab kelemahan dari ECU standar pabrikan yang tidak dapat dilakukan penyetingan. Dimana ECU tersebut dapat dilakukan penyetingan dengan menggunakan remote atau juga bisa dilakukan penyetingan melalui laptop. Beberapa sistem yang dapat dilakukan penyetingan melalui ECU BRT ini yaitu sistem pengapian, sistem penginjeksian dan lamanya injector dalam melakukan pengkabutan bahan bakar.



Gambar 8. ECU *programmable* Juken BRT
(Sumber : otomotifnet.gridoto.com)

9. Emisi gas buang

Emisi gas buang yakni sisa hasil pembakaran di dalam ruang bakar yang tidak terbakar sempurna (Amin & Ismet, 2016:143). Kandungan yang ada dalam emisi gas buang motor bensin ada 2 jenis yakni gas berbahaya (NO_x , HC serta CO) dan yang tidak berbahaya (N_2 , CO_2 dan H_2O) (Syahrul Huda, dkk, 2021:71). Bensin merupakan bahan bakar yang tidak terbakar yang bersenyawa hidrokarbon, nilai HC yang terbaca adalah sisa bahan bakar yang tidak terbakar sempurna yang keluar bersama emisi gas buang. Hasil pembakaran yang sempurna maka menghasilkan reaksi CO_2 , dan H_2O saja (Syahrul Huda, dkk, 2021:71).

10. Daya

Hasan Maksum (2012:15) menyatakan “bahwa pada motor, daya merupakan perkalian antara momen putar (M_p) dengan putaran mesin (n)”.

Jenis daya pada mesin:

- a. *Brake power* adalah daya yang diberikan oleh poros engkol
- b. *Drawber power* adalah daya pada drawber dan tersedia untuk menarik beban.
- c. *Friction power* adalah daya yang digunakan untuk mengatasi

gesekan-gesekan pada motor.

- d. *Indicated power* adalah daya yang timbul dalam ruangan pembakaran dan diterima oleh piston.

Dari hasil pengujian yang dilakukan oleh Trisianto (2016:8-9) bahwa 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. Dari uraian beberapa pendapat diatas dapat dinyatakan bahwasanya daya merupakan hasil dari proses konversi energi, dengan kata lain daya dapat diartikan sebagai kemampuan suatu motor bakar dalam melakukan kerjanya. Satuan daya yaitu *Horse Power*. Pada sepeda motor alat yang digunakan untuk mengukur daya yaitu *dynamometer*, rumus untuk menghitung daya yaitu dengan menggunakan rumus:

$$P = 2.p.n.T \text{ (hp)} \quad (4)$$

Dimana :

P = daya poros (hp)

T = torsi (N.m)

N = putaran mesin (rpm)

10. Torsi

Menurut (Raharjo dan Karnowo, 2008:98) Torsi merupakan nilai kemampuan suatu mesin dalam melakukan kerja, jadi bisa kita artikan

bahwasannya torsi merupakan energi yang ada pada suatu motor.

Torsi adalah sebuah turunan pada dunia otomotif yang mana torsi didefinisikan sebagai nilai untuk menghitung berapa kekuatan yang dihasilkan dari benda yang berputar terhadap porosnya.

Gaya tekan putar pada bagian yang berputar disebut torsi, sepeda motor digerakkan oleh torsi dari *crankshaft* (Jalius & Wagino 2008:23). Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja. Satuan torsi biasanya dinyatakan dalam N.m (*Newton meter*). Rumus untuk menghitung torsi adalah sebagai berikut:

$$T = F.r \quad (5)$$

Dimana :

T = Torsi (N.m)

F = Gaya (N)

r = Jarak benda kepusat rotasi (m)

Pengaruh dari Torsi yaitu sebuah benda bisa berputar terhadap porosnya, sehingga benda itu dapat berhenti jika terjadi gaya yang berlawanan dengan nilai yang sama besar.

Dari beberapa pernyataan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa torsi merupakan kekuatan atau energi yang ditimbulkan dari benda yang berputar terhadap porosnya.

11. Dynamometer

Dynamometer merupakan sebuah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian daya dan torsi pada sepeda motor. Dimana

dynamometer tersebut dilengkapi dengan sebuah *roller* layaknya jalanan sehingga pada saat melakukan pengujian kendaraan itu terasa seperti mengendarai kendaraan di jalanan, dan juga *dynamometer* ini sudah canggih karena untuk pembacaan dari hasil uji daya dan torsi sudah bisa dilihat langsung melalui layar monitor computer, pada *roller* juga bisa ditambah beban dari putaran *roller* yaitu dengan menambah berat dari piringan (inersia) di *roller dynamometer* (Jackson 2010:20)



Gambar 9. *Dynamometer*

B. Penelitian Yang Relevan

Penelitian relavan yaitu penelitian yang sudah pernah dibuat dan dianggap cukup relavan terhadap judul dan topik yang akan di teliti dan berguna sebagai pedoman .

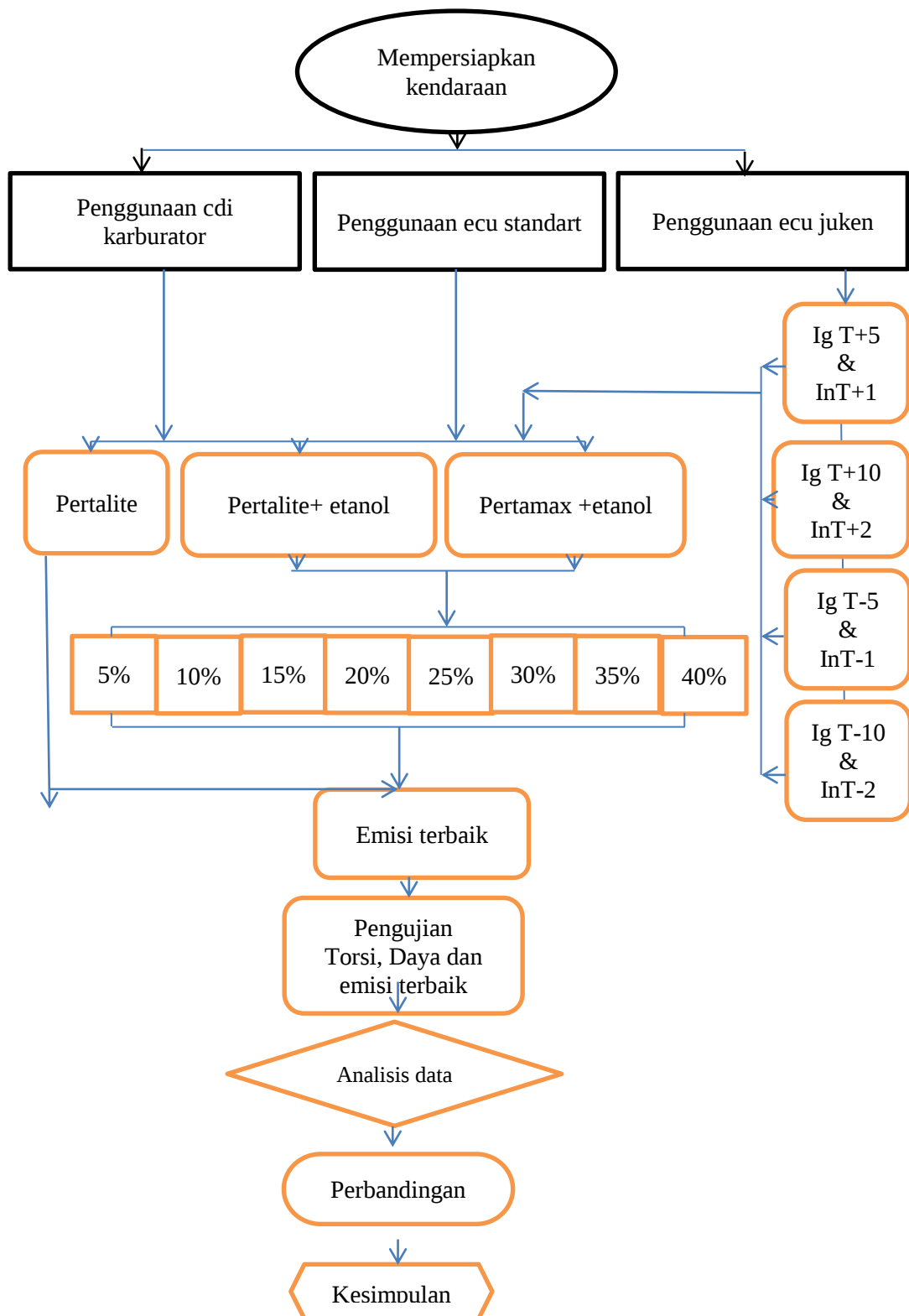
1. Jamaludin gamal (2020) melakukan penelitian dengan judul pengaruh saat penginjeksian bahan bakar (*injection timing*) terhadap torsi, daya dan emisi gas buang pada sepeda motor beat FI dengan hasil penelitiannya dari perubahan durasi injeksi dan timing pengapian menggunakan ECU *Pogammable* juken 5 BRT berpengaruh sekali

terhadap daya dan torsi. Untuk daya maksimal :dari 5,68 KW pada RPM 7310 naik menjadi 5,76 Kw pada saat penginjeksian dimundurkan 5^0 Peningkatan Torsi maksimal : dari 7,83 N.m pada 6746 RPM sebesar 7,90 N.m pada saat penginjeksian dimundurkan 10^0 dari standarnya.

2. Rizky Kurniawan (2019) melakukan penelitian dengan judul pengaruh variasi waktu pengapian terhadap daya dan torsi mesin 4 langkah dengan hasil penelitiannya dari perubahan timing pengapian menggunakan ECU Programmable juken 5. Dari penelitiannya dapat diketahui bahwa :
 - a. peningkatan daya maksimal dihasilkan pada derajat saat pengapian yang dimajukan 2^0 dari standarnya
 - b. peningkatan torsi maksimal dihasilkan pada derajat saat pengapian yang dimundurkan 2^0 dari standarnya
3. Chahyo Handoko (2017) melakukan penelitian dengan judul pengaruh perubahan durasi injeksi dan timing pengapian terhadap performa mesin honda vario 125 menggunakan ECU *programmable juken 2* yamaha Vixion pada mobil *Hybrid* H15 Garuda UNY dengan hasil penelitiannya dari perubahan durasi injeksi dan timing pengapian menggunakan ECU *Pogrammable juken 5* yamaha vixion old 2011 berpengaruh sekali terhadap daya dan torsi naik sebesar 5,08Nm, dari standar 9,67 Nm menjadi 14,56.

C. Kerangka Berfikir

Kerangka konseptual pada dasarnya untuk menunjukkan hubungan antara variabel yang akan diteliti. Di penelitian ini kerangka konseptual berfungsi untuk memberikan gambaran secara lebih jelas mengenai pengaruh penggunaan Variasi *programmable* ECU juken 5 terhadap daya, torsi pada sepeda motor vega zr. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan perlakuan yang berbeda pada variasi durasi saat penginjeksian dan pengapian yang diberikan berupa memprogram ECU Juken 5 BRT.



Gambar 10. Kerangka berpikir

D. Pertanyaan Penelitian

Sesuai dengan teori teori serta kerangka berfikir di atas dan setelah dilakukan modifikasi yamaha vega zr yang awal nya menggunakan ECU standar yamaha vixion old 2011 kemudian dimodifikasi dengan menggunakan ecu juken 5 BRT .maka dapat diajukan pertanyaan penelitian, sebagai berikut :

1. Seberapa besar perubahan Daya dan Torsi dengan melakukan pengujian saat penginjeksian bahan bakar (*injection timing*) dan *ignition timing* dengan menggunakan ECU *programmable* pada sepeda motor 4 langkah?
2. seberapa besar pengaruh modifikasi motor 4 langkah injeksi ECU standar terhadap torsi, daya dan emisi gas buang dengan variasi *injection timing*, *ignition timing* dan jenis bahan bakar pada sepeda motor motor 4 langkah dengan menggunakan (ECU)?
3. Seberapa besar perubahan Daya, Torsi dan emisi gas buang dengan melakukan pengujian terhadap variasi bahan bakar?

BAB V

KEIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini yakni dengan judul Pengaruh Pemograman ulang ECU Programmable Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi Terhadap Torsi dan Daya Dengan Variasi *Injection Timing* , *Ignition Timing* dan jenis bahan bakar maka dapat disimpulkan dengan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Bahwa kandungan CO pada emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah yang dimodifikasi menjadi sistem EFI dengan bahan bakar pertalite menurun 39.13% yaitu sebesar 0.63% dan setelah dilakukan uji T disimpulkan menurun tidak signifikan.
2. Kandungan CO₂ pada emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah yang dimodifikasi menjadi EFI dengan bahan bakar pertalite meningkat sebesar 68.99% yakni sebesar 2.67% dan dapat disimpulkan meningkat signifikan.
3. Sedangkan daya pada sepeda motor 4 langkah yang sudah di modifikasi sistem EFI menurun sebesar 4.33% yaitu 0,23 kw, dan setelah di uji T daya pada sistem efi menurun dengan signifikan.
4. Kemudian pada torsi sepeda motor 4 langkah yang sudah dimodifikasi menjadi EFI menurun sebesar 6.95% yaitu sebesar 0.57 kw, sehingga disimpulkan daya pada sistem EFI menurun dengan signifikan
5. Kandungan CO pada emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah EFI dengan bahan bakar variasi pertelite dengan etanol di dapatkan emisi

terbaik yaitu pada variasi bahan bakar pertalite 80% dengan etanol 20% yakni sebesar Co sebesar 1,21%.

6. Kandungan CO₂ pada emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah EFI dengan bahan bakar variasi pertalite dengan etanol di dapatkan emisi terbaik yaitu pada variasi bahan bakar pertalite 80% dengan etanol 20% yakni sebesar sebesar 3,26%, dan HC sebesar 76 (ppm). Sedangkan campuran etanol maksimal terdapat pada variasi bahan bakar pertalite 60 % dengan etanol 40 % namun pada kondisi ini mesin sudah mengalami panas berlebihan pada motor 4 langkah.
7. Kandungan CO pada emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah modifikasi EFI dengan bahan bakar variasi pertamax dengan etanol di dapatkan emisi terbaik yaitu pada variasi bahan bakar pertamax 40% dengan etanol 60% yakni sebesar CO sebesar 0,07%, CO₂ sebesar 5,6%, dan HC sebesar 100 (ppm)
8. Kandungan CO₂ pada emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah EFI dengan bahan bakar variasi pertamax dengan etanol di dapatkan emisi terbaik yaitu pada variasi bahan bakar pertamax 40% dengan etanol 60% yakni sebesar 5,6%, dan Hc sebesar 100 (ppm). Sedangkan campuran etanol maksimal terdapat pada variasi bahan bakar pertamax 20 % dengan etanol 80 % namun pada kondisi ini mesin sudah mengalami panas berlebihan dan motor sudah tidak stabil hidupnya pada motor 4 langkah.

9. Sedangkan daya pada variasi bahan bakar pertalite etanol terbaik lebih baik daripada pertamax etanol terbaik dengan perbandingan menurun sebesar 1,10 % yaitu 0,05 kw.
10. Sedangkan torsi pada variasi bahan bakar pertalite etanol terbaik juga lebih baik daripada variasi pertamax etanol terbaik dengan perbandingan menurun sebesar 4,95% yakni 0.34 kw
11. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan ECU Programmable terhadap *injection timing* dan *ignition timing* dengan variasi bahan bakar pertalite dengan etanol pada sepeda motor 4 langkah terhadap daya. Daya tertinggi yang di hasilkan saat variasi bahan bakar maksimal dengan etanol 40 % saat pengujian *injection timing* dan *ignition timing* dengan tanpa perlakuan, terjadi saat Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU programable etanol 40% *injection timing* 10⁰ dan *ignition timing* 2⁰ (pertalite) dimajukan sebesar 16.51% atau 0.89 Kw. Sedangkan pada variasi bahan bakar pertamax dengan etanol daya tertinggi terjadi pada saat *injection timing* 10⁰ dan *ignition timing* 2⁰ dimajukan yakni 17.15 % atau 0.94 Kw.
12. kemudian hasil penelitian menggunakan ECU *Programmable* terhadap *injection timing* dan *ignition timing* dengan variasi bahan bakar pertalite dengan etanol pada sepeda motor 4 langkah terhadap torsi. Torsi tertinggi berada pada variasi bahan bakar pertalite 60% dengan etanol 40% injeksi 10⁰ dan *ignition timing* 2⁰ (pertalite) dimajukan yakni sebesar 12.04 % atau 1 N.m. Sedangkan untuk variasi pertamax etanol torsi tertinggi berada

pada variasi bahan bakar pertamax 40% dan etanol 60% injeksi 10^0 dan ignition 2^0 (pertamax) dimajukan yakni sebesar 17.04% atau 1.41 N.m.

B. Saran

1. Bagi pembaca agar bisa menentukan bahwa sistem pada sepeda motor 4 langkah maka kandungan emisi gas buang yang dihasilkan akan lebih bersih dibandingkan pada sistem konvensional dan torsi dan daya pada sistem efi pada sepeda motor 4 langkah akan lebih meningkat baik.
2. Bagi peneliti selanjutnya agar dikembangkan lagi rancangan sistem EFI ini agar daya dan torsi nya meningkat.
3. Peneliti hanya membahas tentang Pengaruh pemrograman ulang ECU programmable Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi Terhadap Torsi dan Daya Dengan Variasi *Injection Timing* dan *Ignition Timing* dan menganalisa output hasil emisi gas buang, daya, torsi yang dihasilkan anatar sistem karburator, ECU standard dan ECU *programmable*.

Lampiran 1. Emisi Gas Buang

A. Pengujian karburator



B. Pengujian EFI



Lampiran 2. Torsi dan Daya

A. Pengujian karburator



B. Pengujian EFI



C. Pengujian ECU Programmable



D. proses Melakukan pengambilan data ECU standar daya dan torsi menggunakan dynamometer



E. Pemasangan ECU Programmable Juken 5 BRT pada sepeda motor



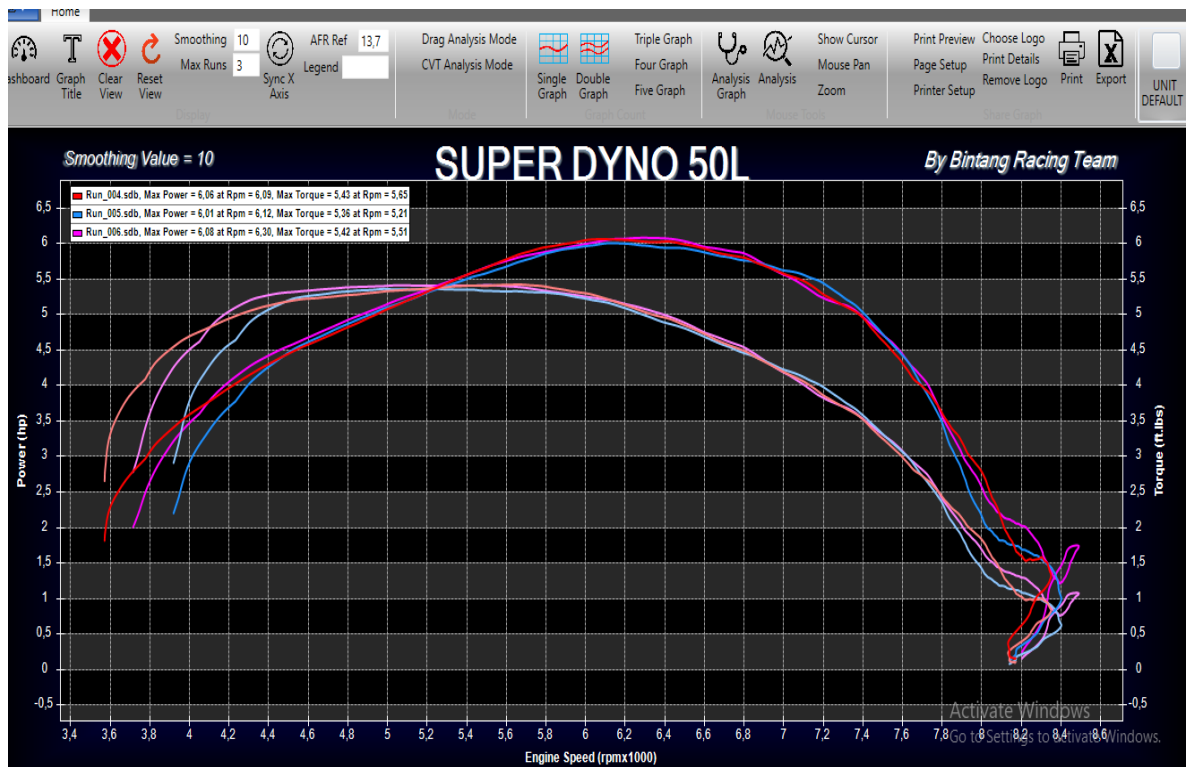
F. Memberikan perlakuan (dimajukan 5⁰, 10⁰, dimundurkan 5⁰, 10⁰)



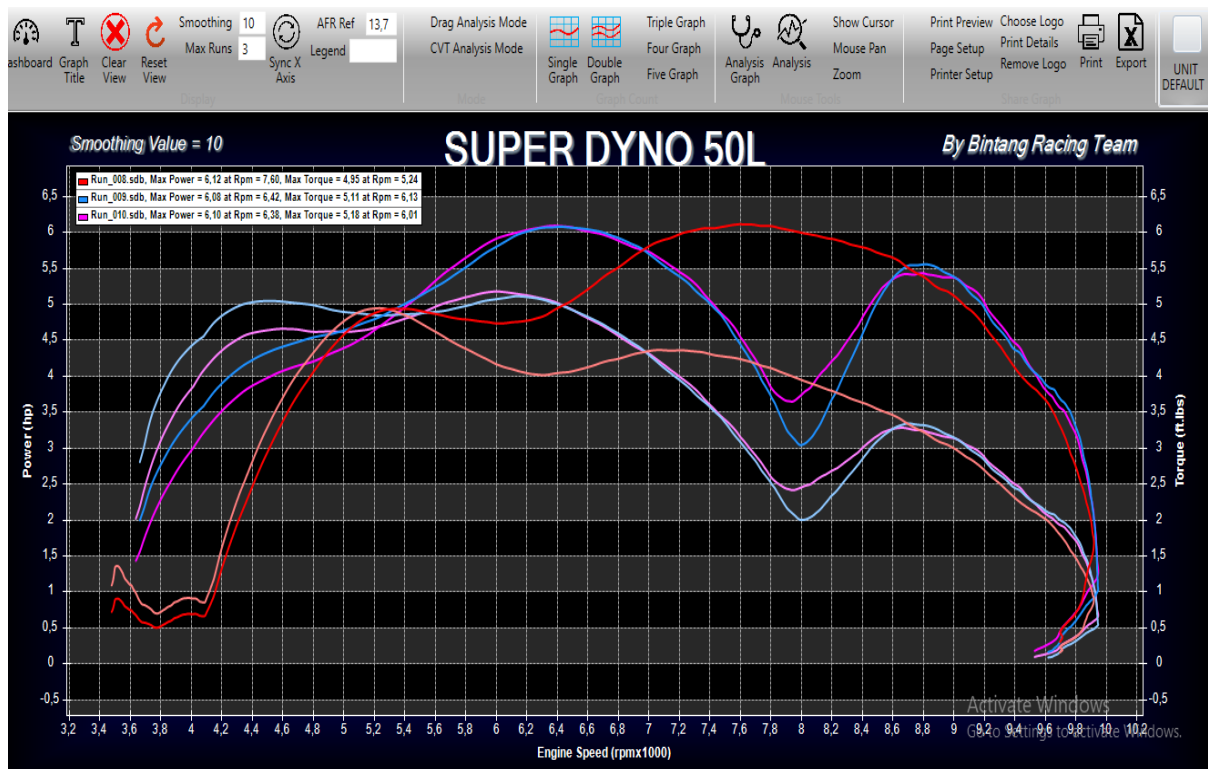
G. Melakukan pengambilan data ECU juken daya dan torsi menggunakanDynamometer



Gambar grafik pengujian ecu standar Pertalite 60 % etanol 40% (maksimal)



gambar grafik pengujian ecu standar Pertamina 40 % etanol 60% (terbaik)



Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU juken (PERTALITE)

ECU	Daya	Torsi
Standard	5.54	8.2
Juken	5.20	8.18
Selisih	0.34	0.02

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.34 / 5.20 \times 100\% \\
 &= 6,53 \%
 \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.02 / 8.18 \times 100\% \\
 &= 0,24 \%
 \end{aligned}$$

Daya dengan torsi antara pertalite etanol terbaik 20% etanol dengan terbaik pertamax 60% etanol

	Daya	Torsi
Etanol 20% pertalite	4.59	7.20
Etanol 60% pertamax	4.54	6.86
Selisih	0.05	0.34

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.05 / 4.54 \times 100\% \\
 &= 1,10 \%
 \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.34 / 6.86 \times 100\% \\
 &= 4,95 \%
 \end{aligned}$$

Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU programable (etanol 20%) injeksi 5 derajat dan ignition 1 derajat (pertalite) DIMAJUKAN

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.59	7.20
Programable	5.22	8.22
Selisih	0.63	1.02

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.63 / 5.22 \times 100\% \\
 &= 12.06 \%
 \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 1.02 / 8.22 \times 100\% \\
 &= 12.40 \%
 \end{aligned}$$

Daya dengan torsi injeksi 10 derajat dan pengapian 2 derajat (DIMAJUKAN)

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.59	7.20
Programable	5.37	8.25
Selisih	0.78	1.05

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.78 / 5.37 \times 100 \% \\
 &= 14.52 \%
 \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned} P &= \frac{n - N}{n} \times 100\% \\ &= \frac{1.05}{8.25} \times 100\% \\ &= 12.72\% \end{aligned}$$

Daya dengan torsi injeksi 5 derajat dan ignition 1 derajat (DIMUNDURKAN)

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.59	7.20
Programable	5.40	8.24
Selisih	0.81	1.04

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned} P &= \frac{n - N}{n} \times 100\% \\ &= \frac{0.81}{5.40} \times 100\% \\ &= 15\% \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned} P &= \frac{n - N}{n} \times 100\% \\ &= \frac{1.04}{8.24} \times 100\% \\ &= 12.62\% \end{aligned}$$

Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU programable etanol 20% injeksi 10 derajat dan ignition 2 derajat (pertalite) DIMUNDURKAN

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.59	7.20
Programable	5.3	8.08
Selisih	0.71	0.88

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned} P &= \frac{n - N}{n} \times 100\% \\ &= \frac{0.71}{5.3} \times 100\% \\ &= 13.39\% \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned} P &= \frac{n - N}{n} \times 100\% \\ &= \frac{0.88}{8.08} \times 100\% \\ &= 10.89\% \end{aligned}$$

Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU programable etanol 40% injeksi 5 derajat dan ignition 1 derajat (pertalite) DIMAJUKAN

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.50	7.3
Programable	5.27	8.23
Selisih	0.77	0.93

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 0.77 / 5.27 \times 100\% \\ &= 14.61\% \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 0.93 / 8.23 \times 100\% \\ &= 11.30\% \end{aligned}$$

Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU programable etanol 40% injeksi 10 derajat dan ignition 2 derajat (pertalite) DIMAJUKAN

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.50	7.3
Programable	5.39	8.30
Selisih	0.89	1

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 0.89 / 5.39 \times 100\% \\ &= 16.51\% \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 1 / 8.30 \times 100\% \\ &= 12.04\% \end{aligned}$$

Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU programable (pertamax 40% dan etanol 60%) injeksi 5 derajat dan ignition 1 derajat (DIMAJUKAN)

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.54	6.86
Programable	4.87	7.10
Selisih	0.33	0.24

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 0.33 / 4.87 \times 100\% \\ &= 6.77\% \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 0.24 / 7.10 \times 100\% \\ &= 3.38\% \end{aligned}$$

Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU programable etanol 60% injeksi

10 derajat dan ignition 2 derajat (pertamax) DIMAJUKAN

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.54	6.86
Programable	5.48	8.27
Selisih	0.94	1.41

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.94 / 5.48 \times 100\% \\
 &= 17.15\%
 \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 1.41 / 8.27 \times 100\% \\
 &= 17.04 \%
 \end{aligned}$$

Daya dengan torsi antara ECU standard dan ECU programable etanol 60% injeksi 5 derajat dan ignition 1 derajat (pertamax) DIMUNDURKAN

ECU	Daya	Torsi
Standard	4.54	6.86
Programable	5.46	8.25
Selisih	0.92	1.39

Analisa dengan persentase daya

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.92 / 5.46 \times 100\% \\
 &= 16.84\%
 \end{aligned}$$

Analisa dengan persentase torsi

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 1.39 / 8.25 \times 100\% \\
 &= 16.84\%
 \end{aligned}$$

Kadar emis gas buang antara karburator dengan ECU standar (PERTALITE)

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Karburator	Idle	2.43	1.2	458.33
ECU Standard	Idle	1.63	3.86	92.67
Selisih	Idle	0.8	2.66	365.66

Analisis persentase perbedaan kadar CO antara Karburator dengan ECU Standard

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.8 / 1.63 \times 100\% \\
 &= 49.07\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara karburator dengan ECU standard

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 2.66 / 3.86 \times 100\% \\
 &= 68.91\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara karburator dengan ECU standard

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 365.66 / 92.67 \times 100\% \\
 &= 394.58\%
 \end{aligned}$$

Kadar emis gas buang antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 5%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Pertalite Murni	Idle	1.61	3.86	92.67
Pertalite Etanol 5%	Idle	1.64	3.86	119
Selisih	Idle	0.03	0	26.33

Analisis persentase perbedaan CO antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 5%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.03 / 1.64 \times 100\% \\
 &= 1.82\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 5%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0 / 3.86 \times 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 5%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 26.33 / 119 \times 100\% \\
 &= 22.12\%
 \end{aligned}$$

Kadar emis gas buang antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 10%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Pertalite Murni	Idle	1.61	3.86	92.67
Pertalite Etanol 10%	Idle	1.61	3.5	97.33
Selisih	Idle	0	0.36	4.66

Analisis persentase perbedaan CO antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 10%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0 / 1.61 \times 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 10%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.36 / 3.5 \times 100\% \\
 &= 10,28\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 10%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 4.66 / 97.33 \times 100\% \\
 &= 4.78\%
 \end{aligned}$$

Kadar emisik gas buang antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 15%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Pertalite Murni	Idle	1.61	3.86	92.67
Pertalite Etanol 15%	Idle	1.83	3.53	106.67
Selisih	Idle	0.22	0.33	14

Analisis persentase perbedaan CO antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 15%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.22 / 1.83 \times 100\% \\
 &= 12.02\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 15%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.33 / 3.53 \times 100\% \\
 &= 5,96\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 15%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 14 / 106.67 \times 100\% \\
 &= 13.12\%
 \end{aligned}$$

Kadar emis gas buang antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 20%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Peralite Murni	Idle	1.61	3.86	92.67
Peralite Etanol 20%	Idle	1.21	3.26	76
Selisih	Idle	0.4	0.6	16.67

Analisis persentase perbedaan CO antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 20%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.4 / 1.21 \times 100\% \\
 &= 33,05\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 20%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.6 / 3.26 \times 100\% \\
 &= 18,40\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 20%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 16.67 / 76 \times 100\% \\
 &= 21,93\%
 \end{aligned}$$

Kadar emis gas buang antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 25%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Peralite sMurni	Idle	1.61	3.86	92.67
Peralite Etanol 25%	Idle	2.11	5.16	112
Selisih	Idle	0.5	1.3	19.33

Analisis persentase perbedaan CO antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 25%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.5 / 2.11 \times 100\% \\
 &= 23.69\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 25%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 1.3 / 5.16 \times 100\% \\
 &= 25.19\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 25%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 19.33 / 112 \times 100\% \\
 &= 17.25\%
 \end{aligned}$$

Kadar emis gas buang antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 30%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Peralite Murni	Idle	1.61	3.86	92.67
Peralite Etanol 30%	Idle	1.47	6.13	116.33
Selisih	Idle	0.14	2.27	23.66

Analisis persentase perbedaan CO antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 30%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.14 / 1.47 \times 100\% \\
 &= 9.52\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 30%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 2.27 / 6.13 \times 100\% \\
 &= 37.03\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 30%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 23.66 / 116.33 \times 100\% \\
 &= 20.33\%
 \end{aligned}$$

Kadar emis gas buang antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 35%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Peralite Murni	Idle	1.61	3.86	92.67
Peralite Etanol 35%	Idle	1.27	6.07	100.33
Selisih	Idle	0.34	2.21	7.33

Analisis persentase perbedaan CO antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 35%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.34 / 1.27 \times 100\% \\
 &= 26.77\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 35%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 2.21 / 6.07 \times 100\% \\
 &= 36.40\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Peralite Murni dan Peralite Etanol 35%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 7.33 / 100.33 \times 100\% \\
 &= 7.30\%
 \end{aligned}$$

Kadar emisiss gas buang antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 40%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Pertalite Murni	Idle	1.61	3.86	92.67
Pertalite Etanol 40%	Idle	1.23	6.02	115.10
Selisih	Idle	0.38	2.16	22.43

Analisis persentase perbedaan CO antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 40%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.38 / 1.23 \times 100\% \\
 &= 30,89\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 40%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 2.16 / 6.02 \times 100\% \\
 &= 35.88\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 40%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 22.43 / 115.10 \times 100\% \\
 &= 19.48\%
 \end{aligned}$$

Kadar emisiss gas buang antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 50%

Sistem	Analisi Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Pertalite Murni	Idle	3.15	5.00	316
Pertalite Etanol 50%	Idle	2.49	6.06	337.67
Selisih	Idle	1.66	1.06	21.67

Analisis persentase perbedaan CO antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 50%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 1.66 / 2.49 \times 100\% \\
 &= 66,66 \%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 50%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 1.06 / 6.06 \times 100\% \\
 &= 17.49\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Pertalite Murni dan Pertalite Etanol 50%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 21.67 / 337.67 \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 6.41\%$$

Kadar emisii gas buang antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 60%

Sistem	Analisis Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Pertalite Murni	Idle	3.15	5.0	316
Pertalite Etanol 60%	Idle	0.07	5.6	100
Selisih	Idle	3.08	0.6	216

Analisis persentase perbedaan CO antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 60%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 3.08 / 0.07 \times 100\% \\
 &= 4.400 \%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 60%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 0.6 / 5.6 \times 100\% \\
 &= 10.71\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 60%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 216 / 100 \times 100\% \\
 &= 216 \%
 \end{aligned}$$

Kadar emisii gas buang antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 70%

Sistem	Analisis Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Pertalite Murni	Idle	3.15	5.0	316
Pertalite Etanol 70%	Idle	0.11	6.2	88
Selisih	Idle	3.04	1.2	228

Analisis persentase perbedaan CO antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 70%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 3.04 / 0.11 \times 100\% \\
 &= 2.763,63 \%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 70%

$$\begin{aligned}
 P &= n - N / n \times 100\% \\
 &= 1.2 / 6.2 \times 100\% \\
 &= 19.35\%
 \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 70%

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 228 / 88 \times 100\% \\ &= 259,09\% \end{aligned}$$

Kadar emisi gas buang antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 80%

Sistem	Analisis Emisi Gas Buang			
	Putaran Mesin	Rata-rata		
		CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)
Pertalite Murni	Idle	3.15	5.0	316
Pertalite Etanol 80%	Idle	2.45	5.4	232
Selisih	Idle	0.7	0.4	84

Analisis persentase perbedaan CO antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 80%

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 0.7 / 2.45 \times 100\% \\ &= 28,57\% \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan CO₂ antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 80%

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 0.4 / 5.4 \times 100\% \\ &= 7.40\% \end{aligned}$$

Analisis persentase perbedaan HC antara Pertamina Murni dan Pertamina Etanol 80%

$$\begin{aligned} P &= n - N / n \times 100\% \\ &= 84 / 232 \times 100\% \\ &= 36,20\% \end{aligned}$$

Lampiran 4. Perhitungan standar Deviasi

Perhitungan Standard Deviasi

$$Sx = \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1}$$

Keterangan : Sx = Standard Deviasi
 x_1 = Nilai Data
 x = Rata-rata
 n = Jumlah Data

Data Daya dan Torsi pada bahan bakar pertalite

Pengujian	Karburator		ECU Standard		ECU Juken	
	Daya	Torsi	Daya	Torsi	Daya	Torsi
1	5.54	8.85	5.32	8.20	5.19	8.26
2	5.54	8.68	5.35	8.18	5.20	8.19
3	5.54	8.77	5.27	8.22	5.23	8.11
Jumlah	16.62	26.30	15.94	24.60	15.62	24.56
Rata-rata	5.54	8.76	5.31	8.20	5.20	8.18
Standard Deviasi	0	0,085	0,040	0,020	0.0005	0.061

a. Standard Deviasi Daya Karburator

$$\begin{aligned}
 Sx &= \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{(5.54 - 5.54)^2 + (5.54 - 5.54)^2 + (5.54 - 5.54)^2}}{3 - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{0 + 0 + 0}}{2} \\
 &= \frac{\sqrt{0}}{2} \\
 &= \sqrt{0} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

b. Standard Deviasi Daya ECU Standard

$$\begin{aligned}
 Sx &= \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{(5.32 - 5.31)^2 + (5.35 - 5.31)^2 + (5.27 - 5.31)^2}}{3 - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{0.0001 + 0.0016 + 0.016}}{2} \\
 &= \frac{\sqrt{0.0033}}{2} \\
 &= \sqrt{0.00165}
 \end{aligned}$$

$$= 0.040$$

c. Standard Deviasi Daya ECU Juken

$$\begin{aligned}
 Sx &= \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{(5.19-5.20)^2 + (5.20 - 5.20)^2 + (5.23 - 5.20)^2}}{3-1} \\
 &= \frac{\sqrt{0.0001+0+0.0009}}{2} \\
 &= \frac{\sqrt{0.001}}{2} \\
 &= \sqrt{0.0005} \\
 &= 0.0005
 \end{aligned}$$

d. Standard Deviasi Torsi Karburator

$$\begin{aligned}
 Sx &= \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{(8.85-8.76)^2 + (8.68-8.76)^2 + (8.77-8.76)^2}}{3-1} \\
 &= \frac{\sqrt{0.0081+0.0064+0.0001}}{2} \\
 &= \frac{\sqrt{0.0145}}{2} \\
 &= \sqrt{0.00725} \\
 &= 0.0851469318
 \end{aligned}$$

e. Standard Deviasi Torsi ECU Standard

$$\begin{aligned}
 Sx &= \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{(8.20-8.20)^2 + (8.18-8.20)^2 + (8.22-8.20)^2}}{3-1} \\
 &= \frac{\sqrt{0+0.0004+0.0004}}{2} \\
 &= \frac{\sqrt{0.0008}}{2} \\
 &= \sqrt{0.0004} \\
 &= 0.02
 \end{aligned}$$

f. Standard Deviasi Torsi ECU Juken

$$\begin{aligned}
 Sx &= \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{(8.26-8.18)^2 + (8.19-8.18)^2 + (8.11-8.18)^2}}{3-1} \\
 &= \frac{\sqrt{0.08+0.01+0.07}}{2} \\
 &= \frac{\sqrt{0.16}}{2} \\
 &= \sqrt{0.08}
 \end{aligned}$$

$$= 0.061$$

Lampiran Data Uji Statistik (Uji T)

Uji T menggunakan rumus :

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\frac{\sqrt{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}}{nx + ny - 2} \cdot \left(\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}\right)}$$

Keterangan :
 t = Harga t untuk sampel yang berbeda
 $\bar{x}$ = Rata-rata sampel ke 1
 $\bar{y}$ = Rata-rata sampel ke 2
 s_x^2 = Standard deviasi sampel ke 1
 s_y^2 = Standard deviasi sampel ke 2
 nx dan ny = Jumlah sampel

Pengujian	Karburator		ECU Standard		ECU Juken	
	Daya	Torsi	Daya	Torsi	Daya	Torsi
1	5.54	8.85	5.32	8.20	5.19	8.26
2	5.54	8.68	5.35	8.18	5.20	8.19
3	5.54	8.77	5.27	8.22	5.23	8.11
Jumlah	16.62	26.30	15.94	24.60	15.62	24.56
Rata-rata	5.54	8.76	5.31	8.20	5.20	8.18
Uji T						

Pengujian Daya ECU Standard dan ECU Juken (PERTALITE)

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\frac{\sqrt{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}}{nx + ny - 2} \cdot \left(\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}\right)}$$

$$t = \frac{5.31 - 5.20}{\frac{\sqrt{(3-1)0,040415^2 + (3-1)0,016997^2}}{3 + 3 - 2} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}$$

$$t = \frac{0,11}{\frac{\sqrt{(2)0,00163 + (2)0,00028}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0,11}{\frac{\sqrt{0,05715 + 0,02403}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0,11}{\sqrt{0,081192} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0,11}{0,232713581}$$

$$t = 4,064004064$$

Pengujian Daya Karburator dan ECU Standard (PERTALITE)

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\frac{\sqrt{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}}{nx + ny - 2} \cdot (\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny})}$$

$$t = \frac{5.54 - 5.31}{\frac{\sqrt{(3-1)0^2 + (3-1)0.04041^2}}{3 + 3 - 2} \cdot (\frac{1}{3} + \frac{1}{3})}$$

$$t = \frac{0.23}{\frac{\sqrt{(2)0 + (2)0.0016329681}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.23}{\frac{\sqrt{0 + 0.0032659362}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.23}{\sqrt{0.0081648405} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.23}{0.233365571}$$

$$t = 9,85578117$$

Pengujian Torsi Karburator dan ECU Standard (PERTALITE)

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\frac{\sqrt{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}}{nx + ny - 2} \cdot \left(\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}\right)}$$

$$t = \frac{8.77 - 8.2}{\frac{\sqrt{(3-1)0.0851469318^2 + (3-1)0.020^2}}{3 + 3 - 2} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}$$

$$t = \frac{0.57}{\frac{\sqrt{(2)0.00724999999 + (2)0.0004}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.57}{\frac{\sqrt{0.0145 + 0.0008}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.57}{\frac{\sqrt{0.0612}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.57}{0.050510}$$

$$t = 11,2848941$$

Pengujian Torsi ECU Standard dan ECU Juken (PERTALITE)

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\frac{\sqrt{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}}{nx + ny - 2} \cdot \left(\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}\right)}$$

$$t = \frac{8.20 - 8.18}{\frac{\sqrt{(3-1)0.02^2 + (3-1)0,06^2}}{3 + 3 - 2} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}$$

$$t = \frac{3.16}{\frac{\sqrt{(2)0.0004 + (2)0,0036}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{3.16}{\frac{\sqrt{0.0008 + 0.0072}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.02}{\frac{\sqrt{0.002}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.02}{0.03652396}$$

$$t = 0.297317658$$

Perhitungan Standard Deviasi

$$Sx = \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1}$$

Keterangan : Sx = Standard Deviasi
 x_1 = Nilai Data
 x = Rata-rata
 n = Jumlah Data

Data Daya dan Torsi pada putaran idle

Pengujian	Pertalite Terbaik Etanol 20%		Pertamax Terbaik Etanol 60%	
	Daya	Torsi	Daya	Torsi
1	4,6	7,47	4,56	6,69
2	4,69	7,45	4,53	6,91
3	4,5	6,7	4,55	7
Jumlah	13,79	21,62	13,64	20,6
Rata-rata	4,59	7,2	4,54	6,86
Standard Deviasi	0,0950438	0,4389	0,01528	0,15948

a. Standard Deviasi Daya Pertalite Terbaik Etanol 20%

$$\begin{aligned}
 Sx &= \frac{\sqrt{\sum(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{(4.6 - 4.59)^2 + (4.69 - 4.59)^2 + (4.5 - 4.59)^2}}{3 - 1} \\
 &= \frac{\sqrt{0.0001 + 0.01 + 0.0081}}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\sqrt{0.0182}}{2} \\
&= \sqrt{0.0091} \\
&= 0,0950438
\end{aligned}$$

b. Standard Deviasi Daya Pertamina Terbaik Etanol 60%

$$\begin{aligned}
Sx &= \frac{\sqrt{\Sigma(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
&= \frac{\sqrt{(4.56-4.54)^2 + (4.53-4.54)^2 + (4.55-4.54)^2}}{3-1} \\
&= \frac{\sqrt{0.0004+0.0001+0.0001}}{2} \\
&= \frac{\sqrt{0.0006}}{2} \\
&= \sqrt{0.0003} \\
&= 0,01528
\end{aligned}$$

c. Standard Deviasi Torsi Peralite Terbaik Etanol 20%

$$\begin{aligned}
Sx &= \frac{\sqrt{\Sigma(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
&= \frac{\sqrt{(7.47-7.2)^2 + (7.45-7.2)^2 + (6.7-7.2)^2}}{3-1} \\
&= \frac{\sqrt{0.0729+0.0625+0.25}}{2} \\
&= \frac{\sqrt{0.3854}}{2} \\
&= \sqrt{0.1927} \\
&= 0.4389
\end{aligned}$$

d. Standard Deviasi Torsi Pertamina Terbaik Etanol 60%

$$\begin{aligned}
Sx &= \frac{\sqrt{\Sigma(x_1 - x)^2}}{n - 1} \\
&= \frac{\sqrt{(6.69-6,86)^2 + (6.91-6,86)^2 + (7-6,86)^2}}{3-1} \\
&= \frac{\sqrt{0.0289+0.0025+0.0196}}{2} \\
&= \frac{\sqrt{0.051}}{2} \\
&= \sqrt{0.0255} \\
&= 0.159687
\end{aligned}$$

Perhitungan Uji Statistik (Uji T)

Uji T menggunakan rumus :

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\frac{\sqrt{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}}{nx + ny - 2} \cdot \left(\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}\right)}$$

Keterangan :
 t = Harga t untuk sampel yang berbeda
 $\bar{x}$ = Rata-rata sampel ke 1
 $\bar{y}$ = Rata-rata sampel ke 2
 s_x^2 = Standard deviasi sampel ke 1
 s_y^2 = Standard deviasi sampel ke 2
 nx dan ny = Jumlah sampel

Pengujian	Pertalite Terbaik Etanol 20%		Pertamax Terbaik Etanol 60%	
	Daya	Torsi	Daya	Torsi
1	4.60	7.47	4.56	6.69
2	4.69	7.45	4.53	6.91
3	4.50	6.70	4.55	7.00
Jumlah	13.79	21.62	13.64	20.6
Rata-rata	4.59	7.20	4.54	6.86
Uji T	0,89964		1,261087	

Pengujian Daya Pertalite Terbaik Etanol 20% dengan Pertamax Terbaik Etanol 60% Pada ECU Standard Motor 4 Langkah

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\frac{\sqrt{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}}{nx + ny - 2} \cdot \left(\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}\right)}$$

$$t = \frac{4.59 - 4.54}{\frac{\sqrt{(3-1)0.09504^2 + (3-1)0.01528^2}}{3 + 3 - 2} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}$$

$$t = \frac{0.05}{\frac{\sqrt{(2)0.0156 + (2)0.0007}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.05}{\frac{\sqrt{0.0312 + 0.0014}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.05}{\frac{\sqrt{0.0815}}{0.667}}$$

$$t = \frac{0.05}{0.073}$$

$$t = 0,89964$$

Pengujian Torsi Pertalite Terbaik Etanol 20% dengan Pertamina Terbaik Etanol 60% Pada ECU Standard 4 Langkah

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\frac{\sqrt{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}}{nx + ny - 2} \cdot (\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny})}$$

$$t = \frac{7.2 - 6.86}{\frac{\sqrt{(3-1)0.4389^2 + (3-1)0.15948^2}}{3 + 3 - 2} \cdot (\frac{1}{3} + \frac{1}{3})}$$

$$t = \frac{0.34}{\frac{\sqrt{(2)0.325 + (2)0.117}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.34}{\frac{\sqrt{0.64 + 0.234}}{4} \cdot (0.667)}$$

$$t = \frac{0.34}{\frac{\sqrt{0.2185}}{0.667}}$$

$$t = \frac{0.34}{0.381}$$

$$t = 1,261087$$

Lampiran 5. Surat penelitian di Teqleck Speed Shop

Print

http://akama.ft.unp.ac.id/operator/permohonan_cetak_ulang/7853


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25132
Telp. (0751) 7055644, 445118 Fax (0751) 7055644, 7055628
website : www.ft.unp.ac.id e-mail : info@ft.unp.ac.id

Nomor : 0748/UN35.2.1/LT/2022

07 April 2022

Hal : Izin Melakukan Penelitian

Yth. Pimpinan Teqleck speed shop
di
Padang

Dengan hormat,

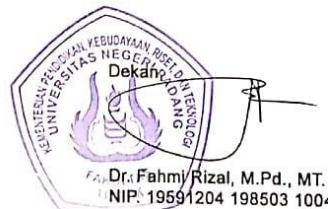
Sehubungan dengan penulisan Skripsi/Tugas Akhir mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang tersebut di bawah ini :

No	Nama	BP/NIM	Prodi	Jenjang Program
1	Muhammad Yuda Suhaimi	2018 / 18073017	Pendidikan Teknik Otomotif	S1

kami mohon bantuan Saudara memberi izin kepada mahasiswa tersebut di atas, untuk melakukan Penelitian di Teqleck speed shop mulai tanggal 08 April 2022 s/d 15 April 2022.

Judul : *'Pengaruh Mapping Ecu Racing Brt Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi Terhadap Torsi Dan Daya Dengan Variasi Injection Timing Dan Ignition Timing'*
Skripsi/Tugas :
Akhir

Demikian kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama Saudara diucapkan terima kasih.



DAFTAR PUSTAKA

- Hasan Maksum, dkk, 2012. *Teknologi Motor Bakar*. Padang: UNP Press
- Jama, Jalius & Wagino. (2007). *Teknologi Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Solikin, 2005. *Sistem Injeksi Bahan Bakar Motor Bensin*. Yogyakarta: Kampong Ilmu.
- Sugiyono, 2012. *Metode Penelitian Admininstrasi dilengkapi dengan Metode R&D Bandung*: Alfabeta.
- Sutiman, 2005. *Modul Sistem Kontrol Elektronik. Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif UNY*
- Widoyoko, Eko Putro, 2016. *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta. Pustaka Pelajar.
- Wahyu, D.H.2013. *Sistem Bahan Bakar Pada Motor*. Yogyakarta: Javalitera.
- Selamat, W dan Alimin 2010. Jurnal. *Sistem Kontrol Durasi Injeksi Bahan Bakar Pada Mesin 4 Langkah Dengan Menggunakan Logika Fuzzy*. Prosiding, SENTA 2016 Vol (8). PP. 19-22.
- Suharsimi Arikunto. (2010). *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Al Fikri, M. M. (2019). *Analisa Sistem Kerja Electrical Fuel Injection (EFI) pada Motor Honda CBR 150*. Majamecha, 1(1), 36–47.
- Muhammad Aulia Afwan, Winarno Dwi Rahardjo.(2020) *PENGARUH PENGGUNAAN ECU STANDAR DAN ECU JUKEN DENGAN VARIASI INJEKTOR TERHADAP TORSI DAN DAYA SEPEDA MOTOR YAMAHA V-IXION*.jurnal pendidikan teknik otomotif ,universitas negeri semarang ,26-30 [Automotive Science and Education Journal \(unnes.ac.id\)](https://unnes.ac.id)
- 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