

**PENGARUH PENGGUNAAN ALAT PENGUAT TEGANGAN OUTPUT  
SENSOR MAP TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI  
GAS BUANG PADA KENDARAN 4 LANGKAH**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program strata satu  
pada program studi Pendidikan Teknik Otomotif  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



**ZUMMAYROH  
NIM/BP.15073052/2015**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI**

Judul : Pengaruh Penggunaan Alat Penguat Tegangan  
Output Sensor MAP Terhadap Konsumsi Bahan  
Bakar dan Emisi Gas Buang pada Kendaraan  
pada Kendaraan 4 Langkah  
Nama : Zummyroh  
NIM : 15073052/2015  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : Teknik

**Padang, November 2019**

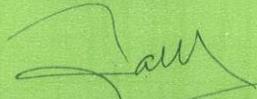
**Disetujui Oleh:**

**Pembimbing,  
Pembimbing**



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

**Ketua Jurusan**



**Prof. Dr. Wakhinuddin, S. M. Pd**  
NIP. 19600314 198503 1 003

**PENGESAHAN TIM PENGUJI**

**Nama : Zummayroh**

**NIM : 15073052/2015**

**Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan tim penguji  
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan Teknik Otomotif  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang  
Dengan Judul**

**Pengaruh Penggunaan Alat Penguat Tegangan Output Sensor MAP  
Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Kendaraan 4  
Langkah**

Padang, November 2019

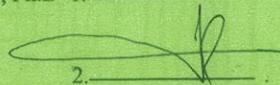
Tim Penguji

TandaTangan

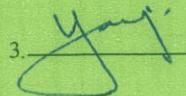
1. Ketua : Wawan Purwanto, S.Pd, M.T, Ph.D 1.



2. Sekretaris : Wagino, S.Pd, M.Pd. T. 2.



3. Anggota : M. Yasep Setiawan S. Pd, M.T 3.





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN  
TINGGI UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF  
Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171  
Telp. (0751)7055922, FT: (0751)705644, 445118, Fax.

### SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Zummayroh**  
NIM/TM : 15073052 / 2015  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi saya dengan judul "**Pengaruh Penggunaan Alat Penguat Tegangan Output Sensor MAP Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Kendaraan 4 Langkah**" 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 UNP maupun di masyarakat dan negara.

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

Padang, November 2019  
Saya yang menyatakan,



**Zummayroh**  
NIM. 15073052 / 2015

## ABSTRAK

**Zummayroh. 2019.** “Pengaruh Penggunaan Alat Penguat Tegangan Output Sensor MAP Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Kendaraan 4 Langkah.”

Penelitian ini membahas tentang pengaruh penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang nantinya akan dibandingkan dengan mesin standar tanpa penguat tegangan output sensor MAP. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengungkap pengaruh penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan 4 langkah. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan seberapa besar perubahan yang dihasilkan dari penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain *posttest only control design*. Desain ini digunakan karena penelitian ini terdapat dua kelompok yang dipilih bukan secara acak. Dari dua kelompok yang akan diberikan perlakuan ini akan dilihat seberapa jauh variable bebas akan ikut berpengaruh terhadap emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar mesin 4 langkah. Objek dari penelitian ini adalah mobil Toyota Avanza tahun 2010. Penelitian dilakukan dengan cara menguji emisi gas buang kendaraan dengan *for gas analyzer* dan konsumsi bahan bakar dengan *buret*. Data yang dikumpulkan merupakan data yang didapat langsung dari pembacaan alat *for gas analyzer* dan buret ketika masih menggunakan mesin standar dan alat penguat tegangan output sensor MAP. Pengujian ini dilakukan di *workshop* Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan pada pengujian konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang diperoleh ;1) Berdasarkan data yang didapat konsumsi bahan bakar selalu meningkat karena penambahan alat penguat tegangan output sensor MAP yang memanipulasi pembacaan sensor. ;2) Emisi gas buang HC dan CO juga terjadinya peningkatan dikarenakan campuran kaya yang tercipta oleh memanipulasi tegangan output yang dihasilkan sensor MAP, data pembacaan dari sensor yang dikirim oleh signal PIM tidaklah data sebenarnya, namun data yang sudah dimanipulasi.

**Kata kunci:** Mesin Standar, Alat Penguat Tegangan Output Sensor MAP, Emisi Gas Buang, Konsumsi Bahan Bakar, *Carbon Monoksida* (CO), *Hydrocarbon* (HC)

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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 PENGGUNAAN ALAT PENGUAT TEGANGAN OUTPUT SENSOR MAP TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG KENDARAAN 4 LANGKAH”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi S1 pada Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang (FT UNP).

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat masukan berupa arahan dan dorongan baik berupa materil maupun moril dari berbagai pihak.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Waskito, M.T, selaku Dekan FT UNP
2. Bapak Prof. Dr. Wakhinuddin S, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
3. Bapak Wawan Purwanto, S.Pd, M.T, Ph.D, selaku dosen pembimbing.
4. Bapak Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd, selaku dosen penasehat akademik.
5. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
6. Seluruh keluarga terutama kedua orang tua yang telah memberikan semangat, dorongan dan motivasi kepada penulis baik secara materil maupun nonmateril.
7. Rekan-rekan mahasiswa yang telah memberi motivasi dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Berkat adanya arahan dan dorongan dari bapak/ibu dan saudara berikan semoga menjadi amalan saleh yang akan dibalas oleh Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karna itu dengan segala hormat, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kemajuan dan kebaikan dimasa yang akan datang.

***Wassalamu'alaikum warah matullahi wabarakatuh***

Padang, November 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian .....	4
F. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
A. Deskripsi Teori.....	6
1. Mesin 4 Langkah.....	6
2. Konsumsi Bahan Bakar.....	10
3. Reaksi Pembakaran .....	11
4. Emisi Gas Buang.....	11
5. Kandungan Emisi Gas Buang .....	12
6. Sensor MAP.....	14
7. Komponen Alat .....	19
8. Analisis Rangkaian Alat.....	31

B. Penelitian yang Relevan.....	32
C. Kerangka Berfikir .....	33
D. Pertanyaan Penelitian.....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
A. Desain Penelitian.....	35
B. Desain Operasional dan Variable Penelitian .....	35
1. Definisi Operasional.....	35
2. Variable Penelitian .....	36
C. Jenis dan Sumber Data.....	37
D. Objek Penelitian.....	37
E. Instrument Penelitian .....	38
F. Waktu dan Tempat Penelitian.....	39
G. Prosedur Penelitian .....	39
H. Teknik Pengambilan Data.....	43
I. Teknik Analisis Data.....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
A. Hasil Penelitian .....	45
1. Hasil Produk.....	45
2. Pengujian Produk Setelah Diproduksi.....	46
B. Deskripsi Data Penelitian Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang .....	48
1. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar .....	48
viii	
2. Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC dan CO .....	50
C. Pembahasan Hasil Pengujian.....	52
1. Analisa Persentase Kenaikan Konsumsi Bahan Bakar.....	53
a. Analisa Persentase Kenaikan Konsumsi Bahan Bakar	

Kenaikan Tegangan 0,3 Volt.....	53
b. Analisa Persentase Kenaikan Konsumsi Bahan Bakar	
Kenaikan Tegangan 0,5 Volt.....	54
c. Analisa Persentase Kenaikan Konsumsi Bahan Bakar	
Kenaikan Tegangan 0,7 Volt.....	55
2. Analisis Persentase Kenaikan Emisi Gas Buang HC dan CO .....	57
a. Analisa Persentase Kenaikan Emisi Gas Buang	
Kenaikan Tegangan 0,3 Volt.....	57
b. Analisa Persentase Kenaikan Emisi Gas Buang	
Kenaikan Tegangan 0,5 Volt.....	58
c. Analisa Persentase Kenaikan Emisi Gas Buang	
Kenaikan Tegangan 0,7 Volt.....	59
D. Keterbatasan Penelitian.....	61
BAB V PENUTUP .....	62
A. Kesimpulan .....	62
B. Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	64
LAMPIRAN.....	67

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Spesifikasi Ardiuno Uno.....	22
2. Pola Penelitian.....	35
3. Spesifikasi Dari Engine Stand.....	37
4. Spesifikasi For Gas Analyzer.....	39
5. Spesifikasi Themocouple .....	40
6. Spesifikasi Scan Tool.....	41
7. Tabel Pengumpulan Data Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang.....	43
8. Validasi Alat Penguat Tegangan 0,3 V.....	47
9. Validasi Alat Penguat Tegangan 0,5 V.....	47
10. Validasi Alat Penguat Tegangan 0,7 V.....	47
11. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Mesin Standar.....	48
12. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar dengan Penguat Tegangan 0,3 Volt.....	49
13. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar dengan Penguat Tegangan 0,5 Volt.....	49
14. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar dengan Penguat Tegangan 0,7 Volt.....	49
15. Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Mesin Standar.....	50
16. Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buamg dengan Penguat Tegangan 0,3 Volt.....	50
17. Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buamg dengan Penguat Tegangan 0,5 Volt.....	50
18. Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buamg dengan Penguat Tegangan 0,7 Volt.....	51
19. Analisis Konsumsi Bahan Bakar Peningkatan Tegangan 0,3 Volt.....	53

20. Analisis Konsumsi Bahan Bakar Peningkatan Tegangan 0,5 Volt .....	54
21. Analisis Konsumsi Bahan Bakar Peningkatan Tegangan 0,7 Volt .....	55
22. Analisis Emisi Gas Buang Peningkatan Tegangan 0,3 Volt .....	57
23. Analisis Emisi Gas Buang Peningkatan Tegangan 0,5 Volt .....	58
24. Analisis Emisi Gas Buang Peningkatan Tegangan 0,7 Volt .....	59

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Langkah Isap .....	6
2. Langkah Kompresi .....	8
3. Langkah Usaha .....	9
4. Langkah Buang .....	10
5. Sensor MAP Dan Rangkaian Kelistrikan Sensor .....	14
6. Konstruksi Sensor MAP Selama Bekerja.....	16
7. Karakteristik Sensor MAP .....	16
8. Board Arduino Uno .....	21
9. Rangkaian DAC Model R/2r .....	23
10. Rangkaian DAC .....	24
11. IC LM 358 .....	26
12. Rangkaian <i>Non-Inverting</i> .....	28
13. LCD Display 16 X 2.....	29
14. Desain Alat Penguat Tegangan Dengan <i>Microcontroller</i> Pada Sensor MAP.....	31
15. Kerangka Konseptual .....	34
16. <i>For Gas Analyzer</i> .....	39
17. <i>Thermocouple</i> .....	40
18. <i>Scan Tool</i> .....	41
19. Alat Penguat Tegangan Berbasis Mikrokontroler.....	45
20. Tampilan LCD Pada Alat Penguat Tegangan Output Sensor MAP .....	47
21. Grafik Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar .....	49
22. Grafik Emisi Gas Buang HC Terhadap Rpm .....	51
23. Grafik Emisi Gas Buang CO Terhadap Rpm .....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Surat Izin Penelitian .....	67
2. Foto Kegiatan Penelitian .....	68
3. Data Hasil Pengujian .....	69
4. Foto Alat.....	77

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Seiring meningkatnya perekonomian masyarakat maka tuntutan akan permintaan sarana transportasi juga akan meningkat. Hal ini dikarenakan sarana transportasi sangat membantu dalam menunjang keperluan sehari-hari, termasuk perekonomian masyarakat. Produsen otomotif juga berlomba-lomba dalam memenuhi permintaan tersebut, sehingga setiap tahunnya dilakukan pengembangan dibidang industri otomotif, agar dapat memenuhi permintaan pasar. Oleh karena itu telah dilakukan berbagai pengembangan-pengembangan di bidang emisi gas buang, agar emisi yang dilepaskan ke udara bebas lebih ramah lingkungan.

Produsen otomotif umumnya kendaraan roda empat telah banyak mengembangkan teknologi seperti memasarkan kendaraan yang telah memiliki teknologi pengontrol emisi gas buang diantaranya sistem pencampuran bahan bakar dengan sistem *electronic control unit* (ECU) sistem ini bertujuan untuk selain ramah lingkungan juga menghasilkan performa kendaraan yang lebih besar.

Performa dari suatu kendaran selalu menjadi tolak ukur dari konsumen untuk memilih kendaran tersebut. Salah satu item yang menjadi patokan untuk menilai performa kendaraan yang bagus adalah daya dan torsi kendaraan itu sendiri. Apabila suatu kendaraan dengan kapasitas mesin yang kecil namun

dapat menghasilkan daya dan torsi yang besar tentu akan sangat menarik perhatian dan minat konsumen.

Seiring berjalannya waktu dan usia pemakaian tentu saja performa yang tadinya bagus lama kelamaan akan menurun walaupun dalam jangka waktu yang lama. Untuk mengatasi hal ini banyak cara yang dapat dilakukan, selain memperbesar kapasitas mesin juga dapat dilakukan dengan cara meningkatkan data penting yang diterima oleh ECU, salah satu data penting tersebut adalah data output menuju ECU yang dialirkan oleh sensor *manifold absolute pressure* (MAP) yang bertujuan untuk memberikan suplai bahan bakar yang berlebih, sehingga daya yang dihasilkan lebih besar. Dari penelitian sebelumnya dapat meningkatkan performa kendaraan dengan metode penguat tegangan data output dari sensor MAP yang mana penggunaan alat penguat tegangan data output sensor MAP ini mampu meningkatkan daya sebesar 85,87% pada peningkatan putaran sebesar 0,5 volt dari tegangan output sensor MAP (Baharudin, 2018).

Ketika data output ini diinfokan ke ECU dengan nilai yang melebihi nilai sebenarnya maka akan berpengaruh terhadap jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke ruang bakar. Kelebihan dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ini tentu juga memiliki pengaruh terhadap kandungan emisi gas buang dari kendaraan tersebut.

Sebelumnya peneliti juga telah melakukan survey ke bengkel-bengkel modifikasi mobil di kota Padang, yang mana survey ini bertujuan untuk mengetahui apakah sudah ada bengkel-bengkel modifikasi di kota Padang ini

menggunakan alat penguat tegangan output sensor MAP. Peneliti juga menanyakan beberapa pertanyaan yang berkaitan dengan sensor MAP. Hasil survey yang telah peneliti lakukan yang mana belum adanya bengkel-bengkel modifikasi tersebut membuat alat pengat tegangan output sensor MAP tersebut, biasanya bengkel-bengkel tersebut menggunakan chip untuk menaikkan tegangan sebuah mobil, supaya menghasilkan tenaga yang lebih besar. Lebih rincinnya dapat dilihat pada lampiran survey yang telah penulis lakukan.

Maka dari penelitian sebelumnya dan survey yang telah dilakukan, penulis tertarik untuk melakukan penelitian lanjutan berupa evaluasi terhadap emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar dari kendaraan yang menggunakan alat penguat tegangan output sensor MAP.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat diidentifikasi masalah-masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Belum adanya penelitian tentang alat penguat tegangan output sensor MAP ini terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan Toyota Avanza.
2. Belum terimplikasikan alat penguat tegangan output sensor MAP pada dunia otomotif, padahal alat ini mampu meningkatkan daya dan torsi.
3. Usia pemakaian kendaraan dapat menentukan kualitas komponennya, sehingga berpengaruh pada daya, torsi, emisi gas buang, dan konsumsi bahan bakar. namun masih sedikit yang melakukan penelitian secara korelatif.

### **C. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini lebih terarah, maka penulis membatasi permasalahan yang akan diteliti pada “Pengaruh penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan 4 langkah.”.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah diatas, maka penulis dapat merumuskan permasalahan pada:

1. Bagaimana pengaruh dari penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan.
2. Seberapa besar persentase dari pengaruh penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan.

### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengungkap pengaruh penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan empat langkah.
2. Mengungkapkan seberapa besar perubahan yang dihasilkan dari penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan.

## **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti, salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana pendidikan di jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bagi pembaca, sebagai penambah wawasan mengenai pengaruh penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan 4 langkah.

## **BAB II LANDASAN TEORI**

### **A. Deskripsi Teori**

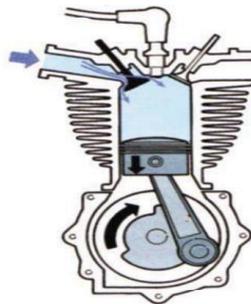
#### **1. Motor 4 Langkah**

Menurut Hasan Maksun, dkk (2012:36) ”motor 4 langkah adalah empat kali piston turun naik atau dua kali putaran poros engkol menghasilkan satu kali langkah usaha”. Keempat langkah tersebut adalah langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang.

##### **a. Langkah Hisap**

Menurut Hasan Maksun, dkk (2012:36) “ langkah hisap adalah piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju ketitik mati bawah (TMB) serta diiringi dengan katup isap terbuka dan katup buang tertutup, udara yang mengalir dari saringan udara melalui *intake manifold* menuju ke dalam ruang bakar”.

Selain itu, Jaluis Jama, dkk (2008:67) menyatakan “piston bergerak dari TMA ke TMB, katup isap terbuka dan katup buang menutup. Campuran udara dan bahan bakar masuk melalui katup isap.



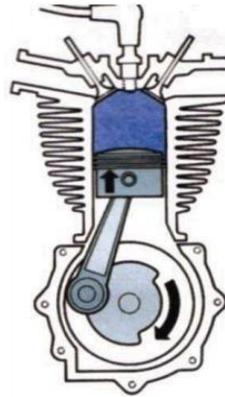
Gambar 1. Langkah Isap  
Sumber : jalius jama dan wagino (2008-70)

**b. Langkah Kompresi**

Menurut Daryanto (2008:7) “ dalam gerak ini campuran udara bensin yang di dalam silinder dimampatkan oleh torak yang bergerak ke atas dari TMB ke TMA, kedua katup hisap dan katup buang akan menutup selama gerakan tekanan dan suhu campuran udara bensin jadi naik, bila tekanan stekanan campuran udara bensin ini ditambah lagi, tekanan serta ledakan yang lebih besar lagi dari tenaga yang kuat ini akan mendorong torak ke bawah, sekarang torak sudah melakukan dua gerakan atau satu putaran dan poros engkol berputar satu putaran.

Menurut Marsudi (2008:8) pada langkah kompresi terjadi proses kerja yaitu :

1. Torak bergerak dari TMB ke TMA.
2. Poros engkol bergerak setengah putaran (180).
3. Katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup.
4. Campuran udara dan bensin yang ada dalam silinder dikompresi sehingga tekanan dan temperatur gas meningkat.
5. Beberapa saat sebelum torak mencapai TMA, busi memercikkan bunga api listrik sehingga gas yang telah mencapai temperatur dan tekanan yang tinggi itu akan terbakar sehingga tekanannya naik menjadi kira-kira tiga kali lipat.



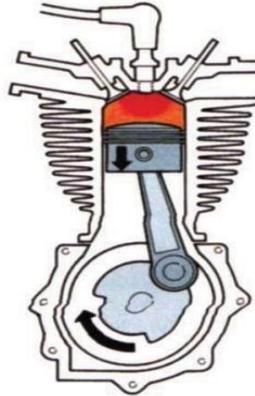
Gambar 2. Langkah Kompresi  
 Sumber : jalius jama dan wagino (2008-71)

### c. Langkah Usaha

Menurut Daryanto (2008:7) “dalam gerak kerja ini campuran udara bensin yang dihisap telah dibakar dan menyebabkan terbakar dan menghasilkan tenaga yang mendorong torak ke bawah meneruskan tenaga penggerak yang nyata, selama gerak ini katup hisap dan katupbuang masih tertutup, torak telah melakukan tiga langkah dan poros engkol berputar satu setengah putaran.

Menurut Bahrul Amin (2013:113) proses yang terjadi pada langkah usaha adalah :

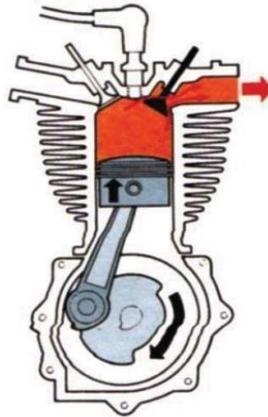
1. Saat ini kedua katup masih dalam keadaan tertutup.
2. Gas terbakar dengan tekanan yang tinggi akan mengembang kemudian menekan piston turun kebawah dari TMA ke TMB.
3. Tenaga ini disalurkan melalui batang penggerak, selanjutnya oleh poros engkol di ubah menjadi gerak berputar.



Gambar 3. Langkah Usaha  
 Sumber : jalius jama dan wagino (2008-72)

#### d. Langkah Buang

Menurut Jalius Jama dan Wagino (2008:72) menjelaskan “ sebelum piston bergerak ke bawah ke TMB, klep pengeluaran terbuka dan gas sisa pembakaran akan keluar. Sewaktu piston naik dari TMB, piston mendorong gas sisa pembakaran yang masih tertinggal keluar melalui katup buang dan saluran buang ke atmosfer”. Sedangkan menurut Erzedin Alwi ( 2014:34) “ sewaktu piston mulai naik dari TMB, piston akan mendorong gas sisa pembakaran yang masih tertinggal keluar melalui katup buang”. Langkah buang merupakan langkah terakhir dari siklus pembakaran yang mana proses ini membuang sisa pembakaran melalui gerakan piston dari TMB ke TMA dan diiringi dengan pembukaan katup buang, akibatnya gas sisa pembakaran akan terdorong ke luar silinder menuju saluran pembuangan yaitu knalpot.



Gambar 4. Langkah Buang  
Sumber : jalius jama dan wagino (2008-73)

Dari pendapat para ahli diatas dapat penulis simpulkan bahwa langkah isap merupakan proses masuknya udara dan bahan bakar menuju ruang bakar. Langkah kompresi yaitu proses penyempitan ruang bakar yang diakibatkan dari naiknya piston dari TMB ke TMA. Langkah usaha merupakan hasil dari ledakan di dalam ruang bakar yang terjadi karna campuran bahan bakar dan udara yang diberi letupan bunga api oleh busi. Langkah buang merupakan pergerakan piston ke TMA dan terbukanya katup buang sehingga gas sisa pembakaran akan terdorong keluar ruang bakar melalui *exhaust manifold*.

## 2. Komsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar adalah banyaknya bahan bakar yang dipakai selama proses pembakaran berlangsung. Dalam. Secara umum, faktor yang mempegaruhi konsumsi bahan bakar adalah kecepatan. Pada kecepatan yang semakin meningkat maka pemakaian bensin makin tidak menguntungkan (Utomo Ramelan, 2015). Konsumsi bahan bakar yang

dibutuhkan tiap jam, digunakan rumus :

$$B = \frac{V}{P} \times T \quad (1)$$

Keterangan :

$B$  = konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan (kg/jam)

$V$  = volume buret ( $\text{cm}^3$ )

$P$  = massa jenis bahan bakar pada temperatur kerja ( $\text{kg/m}^3$ )

$T$  = waktu untuk pemakaian bahan bakar (s)

### 3. Reaksi Pembakaran

Bahrul Amin (2013:61) menyatakan, “ reaksi pembakaran adalah reaksi kimia yang berlangsung cepat dimana unsur-unsur bahan bakar berkombinasi dengan oksigen ( $\text{O}_2$ ) yang ada di udara, sehingga menghasilkan panas.

Pembakaran adalah suatu runutan reaksi kimia antara suatu bahan bakar dan suatu oksidan, disertai dengan produksi panas yang kadang disertai cahaya dalam bentuk pendar atau api.

Berikut ini akan dipaparkan reaksi kimia yang terjadi saat proses pembakaran, baik untuk pembakaran sempurna maupun tidak sempurna.

Dalam suatu pembakaran lengkap, suatu senyawa bereaksi dengan zat pengoksidasi, dan produknya adalah senyawa dari tiap elemen dalam bahan bakar dengan zat pengoksidasi.

### 4. Emisi Gas Buang

Menurut Siswantoro dan dkk (2012) “emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan.

Gas buang kendaraan yang dimaksudkan adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan.

Dari pendapat ahli di atas dapat penulis simpulkan bahwa emisi gas buang merupakan gas yang dihasilkan dari sisa-sisa pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang terjadi di dalam ruang bakar.

## 5. Kandungan Emisi Gas Buang

### a. *Hydrocarbon* (HC)

Bahrul Amin (2013:186) menjelaskan, “uap bensin yang mengalami oksidasi mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna sehingga bensin yang tidak terbakar ini akan keluar dari ruang bakar dalam bentuk HC”.

Menurut Awal Syahrani (2006) sumber HC dapat dibagi menjadi dua bagian, sebagai berikut :

- 1) Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah.
- 2) Bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang

Dari penjelasan di atas dapat kita ketahui bahwa *hydrocarbon* dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna, yakni bahan bakar yang belum terbakar akan terdorong keluar pada langkah buang. Biasanya banyak terjadi pada mesin yang sudah tidak bagus lagi *system* pembakarannya.

**b. Karbon monoksida (CO)**

Menurut Bahrul Amin (2013:185) “ gas CO dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna diakibatkan dari kekurangan oksigen pada pembakaran (campuran gemuk)”.

Menurut Jama & Wagino (2008:5) “gas sisa pembakaran yang keluar dari knalpot (silincer) mengandung karbon monoksida (CO). Pembakaran yang sempurna menyisakan gas karbon monoksida yang tidak berwarna, namun tetap berbahaya.

CO merupakan gas berbahaya yang tidak seharusnya lepas ke udara luar dan menyatu diudara bebas dalam jumlah yang banyak, oleh karna itu harus dilakukan penyetelan yang tepat pada campuran bahan bakar dan udara sehingga tidak terjadi kekurangan oksigen saat terjadinya pembakaran.

**c. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)**

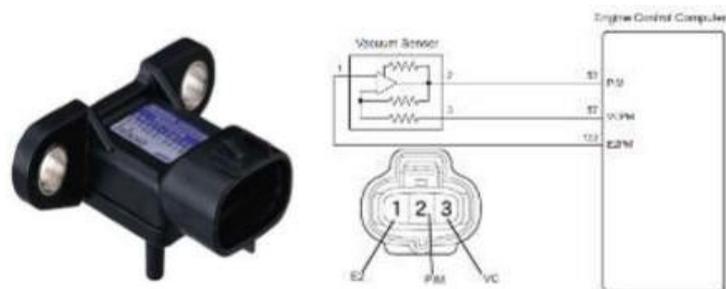
Bahrul Amin (2013:187) menjelaskan “NO<sub>x</sub> terjadi kerana reaksi molekul nitrogen dan oksigen pada temperatur yang tinggi (1800 °C)”

Dari penjelasan ini dapat kita ketahui bahwa NO<sub>x</sub> akan terlihat ketika temperature kerja mesin sudah tinggi atau pada RPM yang tinggi, sehingga menimbulkan reaksi pada molekul oksigen dan nitrogen.

## 6. Sensor MAP

### a. Cara kerja sensor MAP

Sensor MAP (*Manifold Absolute Pressure*) adalah suatu alat atau komponen yang ada pada kendaraan injeksi yang digunakan untuk mendeteksi jumlah udara yang masuk ke *intake chamber* melalui perubahan kevacuman yang terjadi pada *intake chamber*. Perubahan tingkat kevacuman yang ada pada *intake chamber* akan ikut merubah nilai tahanan yang ada pada sensor MAP, sehingga nilai keluaran dari sensor MAP juga akan ikut berubah sesuai dengan perubahan tingkat kevacuman pada *intake chamber*. Nilai keluaran dari sensor MAP ini seterusnya akan dikirim ke ECU sebagai landasan bagi ECU dalam menentukan jumlah bahan bakar yang harus di injeksikan oleh *injektor*.



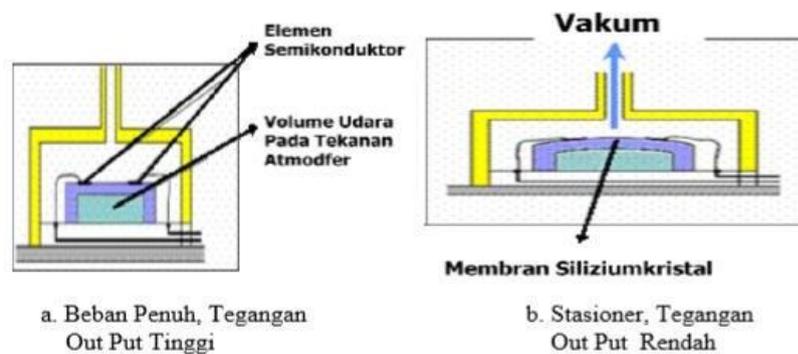
Gambar 5. Sensor MAP dan rangkaian kelistrikan sensor  
( Sumber : Buku Manual Engine K3-VE)

Menurut Sidik Argana (2014) menyatakan “MAP sensor (*sensor tekanan manifold*) menggunakan kevacuman didalam *vacum chamber* .kevacuman di dalam *vacum chamber* ini mendeteksi vakum yang sempurna dan tidak terpengaruh oleh perubahan tekanan atmosfer yang terjadi karena perubahan ketinggian. Sensor tekanan *vacum* ini

membandingkan tekanan intake manifold dengan vakum ini, dan mengeluarkan sinyal PIM (*pressure Intake Manifold*) yang tidak terpengaruh oleh perubahan tekanan. Hal ini memungkinkan ECU (*Engine Control Unit*) dapat menjaga perbandingan udara dan bahan bakar pada tingkat yang optimal meskipun pada tempat yang tinggi. *Silicon chip* yang digabung dengan vacuum chamber di pasang didalam unit sensor. Satu sisi chip dihadapkan dengan tekanan intake manifold dan sisi lainnya berhubungan dengan vacuum chamber. Perubahan tekanan intake manifold menyebabkan bentuk *silicon chip* berubah dan nilai tahanan chip akan berubah sesuai dengan tingkat perubahannya. Fluktuasi ini dalam nilai tahanan dirubah menjadi sinyal tegangan oleh IC yang ada didalam sensor dan sinyal ini selanjutnya dikirim dari terminal PIM ke Engine ECU sebagai sinyal tekanan *intake manifold*. Terminal VC *Engine* mensuplai tegangan konstan 5V sebagai sumber daya untuk IC.

Dari keterangan di atas maka dapat diketahui bahwa sensor MAP bekerja berdasarkan tingkat kevacuman didalam *intake chamber*. Tingkat kevacuman yang terus berubah akan mempengaruhi bentuk dari *silicon chip* yang terpasang pada sensor MAP. Perubahan bentuk dari *silicon chip* tersebut juga akan mempengaruhi nilai tahanan dari *silicon chip* sehingga ikut berubah, nilai tahanan yang berubah ini akan dirubah menjadi sinyal tegangan oleh IC yang ada pada sensor dan selanjutnya nilai tegangan tersebut akan dikirim ke ECU sebagai

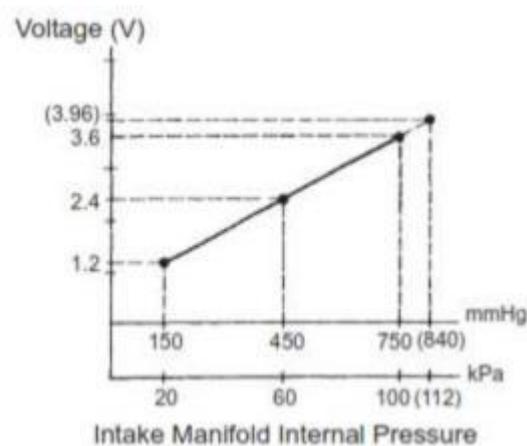
landasan bagi ECU dalam menentukan jumlah bahan bakar yang harus diinjeksikan oleh injektor berdasarkan jumlah udara yang masuk ke *intake chamber*.



Gambar 6. konstruksi sensor MAP selama bekerja.  
(Sumber : Sidik Argana 2014)

### b. Karakteristik dari sensor MAP

Nilai keluaran dari sensor MAP akan berubah sesuai dengan tingkat kevacuman yang ada di *intake chamber*, berikut ini adalah bentuk karakteristik dari perubahan tegangan output dari sensor MAP sesuai dengan tingkat tekanan udara yang ada di *intake chamber*.



Gambar 7. karakteristik sensor MAP  
( Sumber : Buku Manual Engine K3-VE)

Dari grafik karakteristik sensor di atas dapat diketahui bahwa,

semakin besar tekanan udara di *intake chamber* maka nilai output dari sensor akan semakin besar. Dari perubahan nilai output sensor MAP ini ECU akan mengkalkulasikan atau menghitung jumlah bahan bakar yang akan di injeksikan oleh injektor dengan cara jalan mengatur lebar pulsa atau panjang frekwensi sinyal ke injektor sehingga kerja dari injektor dapat diatur.

### c. Pengaruh MAP Terhadap Daya dan Emisi Gas Buang

Menurut Agus Baharuddin (2018) ” berdasarkan data dan hasil penelitian yang telah dilakukan pada kendaraan Toyota Avanza 1,3 G, terdapat peningkatan daya yang dihasilkan oleh kendaraan dengan penggunaan alat penguat tegangan output pada sensor MAP. Daya tertinggi yang dihasilkan oleh kendaraan tanpa menggunakan alat penguat tegangan yaitu 44,17 Kw, pada putaran 6.524 rpm. Sedangkan daya teringgi yang dihasilkan oleh kendaraan dengan menggunakan alat penguat tegangan output pada sensor MAP yaitu terjadi pada peningkatan tegangan sebesar 0,5 V dengan daya sebesar 82,1 Kw pada putaran 6.206 rpm. Dari data tersebut terjadi peningkatan daya sebesar 37,93 Kw atau sebesar 85,87 %.

Menurut Toto Sugiato (2013) “ dari hasil pengujian kerja sensor MAP, pada putaran idle (750 rpm) kevakuman yang terjadi pada saluran masuk sebesar 29 Kpa, dan akan mengalami penurunan menjadi 26,33 Kpa pada saat putaran mesin dinaikkan pada putaran 1200 rpm. Kevakuman akan semakin berkurang jika putaran terus dinaikkan

menjadi 3000 rpm, kevakuman yang terjadi menjadi 25,33 Kpa. Namun demikian kevakuman akan bertambah jika putaran mesin dinaikkan menjadi 4000 rpm dan 5000 rpm. Dengan demikian kerja sensor MAP sangat dipengaruhi oleh besarnya kevakuman yang terjadi pada saluran masuk dan perubahan besarnya pembukaan katup throttle.

Besarnya perubahan kevakuman yang terjadi pada saluran masuk akan dideteksi oleh sensor MAP, dimana melalui terminal PIM dijadikan acuan untuk mengatur besarnya jumlah bahan bakar yang akan disemprotkan oleh injektor dan saat pengapian pada busi.

Dari hasil pengujian kerja sensor MAP, dapat diketahui kadar CO akan semakin mengecil seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Sedangkan kadar HC juga semakin mengecil seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Pada putaran rendah kadar HC tinggi di mungkin proses pembakaran dalam ruang bakar terjadi tidak sempurna. Kesempurnaan pembakaran akan menghasilkan kadar HC yang semakin kecil. Pembakaran yang baik sebaiknya menghasilkan kadar CO<sub>2</sub> lebih besar. Hal tersebut dikarenakan proses pembakaran dalam ruang bakar yang hasilkan H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> kadar ini dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan untuk berfotosintesis. Sedangkan mesin yang menghasilkan pembakaran lebih baik akan menghasilkan timbul air pada lubang knalpotnya.

## 7. Komponen Alat

### a. *Microcontroller*

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur input/output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

### b. *Microcontroller Arduino Uno*

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memudahkan pengguna elektronik dalam

berbagai bidang. *Hardware* dalam arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan *software* dan bahasa sendiri.

Arduino merupakan rangkaian elektronik yang bersifat *open source*, serta memiliki perangkat keras dan lunak yang mudah untuk digunakan. Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis aktuator lainnya. Arduino mempunyai banyak jenis, diantaranya Arduino Uno, Arduino Mega 2560, Arduino Fio, dan lainnya. ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)).

Arduino uno adalah papan mikrokontroler berdasarkan Atmega328. Ini memiliki 20 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 dapat digunakan sebagai input analog), resonator 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, pemrograman sistem in-circuit (ICSP) header, dan tombol reset. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, cukup sambungkan ke komputer (atau adaptor daya yang sesuai) dengan kabel USB atau daya dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai (Feri Djuandi, 2011).

Menurut Abdul Kadir (2013:16), Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega 328. Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks.



Gambar 8. Board arduino uno  
(Sumber : <http://www.arduino.cc>)

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibandingkan *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogramkan mikrokontroler di dalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler yang lainnya masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. *Port* USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi serial.

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin *input analog* dan 14 pin digital *input/output*. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai *output digital* jika diperlukan *output digital* tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin *analog* menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam *board* kita bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin *analog* menjadi output digital, pin *analog* yang pada keterangan *board* 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. Dengan kata

lain pin *analog* 0-5 berfungsi juga sebagai pin *output digital* 14-16.

Sifat *open source* arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan *board* ini, karena dengan sifat *open source* komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran. Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan *syntax* bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno

No	Type	Spesifikasi
1.	Mikrocontroller	Atmega328P
2.	Operating Voltage	5V
3.	Input Voltage (recommended)	7-12
4.	Input Voltage (limit)	6-20V
5.	Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
6.	PWM Digital I/O Pins	6
7.	Analog Input Pins	6
8.	DC Current per I/O Pin	20 mA
9.	DC Current for 3,3V Pin	50 Ma
10.	Flash Memory	32 KB (Atmega328P) of which 0,5 KB used by bootloader
11.	SRAM	2 KB (Atmega328P)
12.	EEPROM	1 KB (Atmega328P)
13.	Clock Speed	16 MHz
14.	LED BUILTIN	13
15.	Length	68.6 mm
16.	Width	53.4 mm
17.	Weight	25

(sumber : [www. Arduino.cc](http://www.Arduino.cc))

### c. Rangkaian DAC (*Digital Analag Converter*)

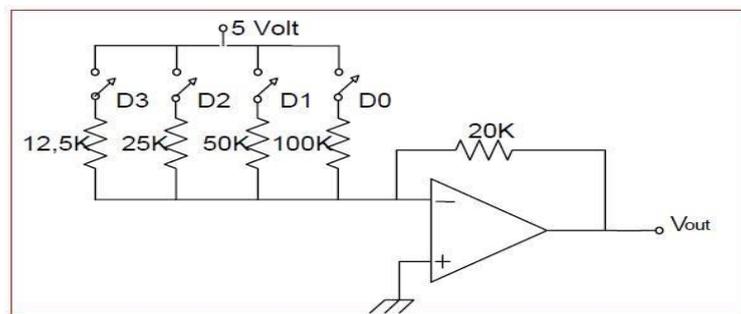
#### 1) DAC model R/2

Rangkaian DAC ini dikenal juga sebagai DAC *binary-weighted*,

adalah sebuah variasi dari penjumlahan *inverse* dari rangkaian op-amp. Output tegangan keluaran merupakan jumlah dari seluruh input tegangan yang diinversi.

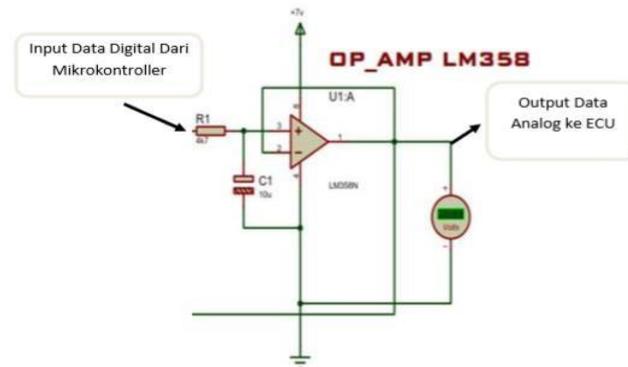
## 2) DAC model R/2R

Metode ini bekerja dengan memainkan besar arus, besar tegangan output adalah nilai resistor R dikalikan dengan total arus yang melewatinya.



Gambar 9 . rangkaian DAC model R/2R

Dalam penelitian ini, rangkaian DAC digunakan untuk mengubah data digital (*biner*) yang dihasilkan oleh mikrokontroler menjadi data analog (tegangan) yang nantinya akan digunakan sebagai tegangan keluar yang akan dikirim ke ECU kendaraan. Di bawah ini merupakan bentuk rangkaian DAC yang digunakan peneliti dalam mengubah data digital ke analog.



Gambar 10. rangkaian DAC

Rangkaian DAC di atas menggunakan beberapa komponen elektronik untuk dapat mendukung kerja dari rangkaian DAC agar bisa berfungsi, diantaranya yakni sebagai berikut.

a) Resistor

Resistor adalah sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai tahanan dalam suatu rangkaian elektronika. Menurut Putra dan Irma (2013:1) “sifat resistor adalah menghambat aliran arus listrik, dalam konteks ini menghambat bukanlah memutus sehingga bahan yang dapat melakukannya adalah bahan semi-konduktor dengan jumlah tertentu”.

Dapat diambil kesimpulan bahwa resistor merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi sebagai hambatan dan membatasi arus listrik yang mengalir didalam suatu rangkaian elektronik.

b) Capacitor

Menurut putra dan irma (2013:26) “ *Capasitor* adalah suatu alat yang dapat menyimpan enrgi didalam medan listrik, dengan

cara mengumpulkan ketidak seimbangan internal dari muatan listrik”. Kapsitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C” adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik didalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidak seimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faradayn(1791-1867). Satuan kapasitor disebut farad (F). Satu Farad =  $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$  yang artinya luas permukaan kepingan tersebut.

Jadi dapat disimpulkan bahwa kapasitor adalah suatu komponen elektronika yang terbuat dari dua plat logam yang terpisah oleh isolator dimana fungsinya adalah untuk menyimpan energy didalam medan listrik.

c) Dioda

Menurut putra dan irma (2013:76) “ Dioda merupakan komponen semi konduktor yang berfungsi mengalirkan arus listrik dalam satu arah. Material penyusun diode umumnya terbuat dari silikon, germanium dan selenium”.

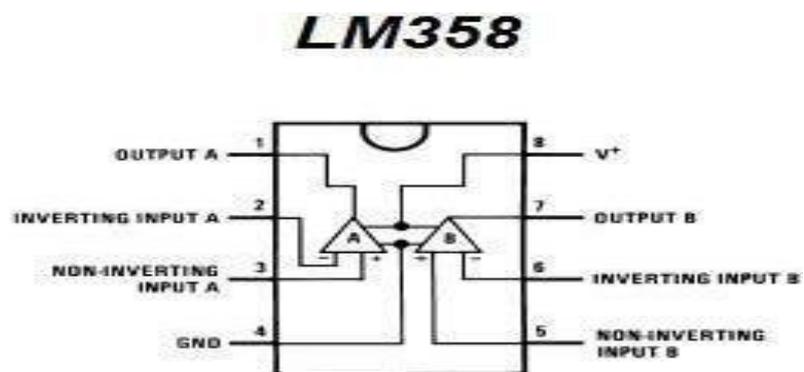
d) IC (intergrited Circuit)

Menurut putra dan irma (2013:120) “IC (*Intergrated cicuit*) adalah suatu komponen elektronika yang dibuat dari bahan semi konduktor, dimana IC merupakan gabungan dari beberapa komponen seperti resistor, kapasitor, dioda dan transistor yang

telah terintegrasi menjadi sebuah rangkaian berbentuk chip kecil, IC digunakan untuk beberapa keperluan pembuatan peralatan elektronik agar mudah dirangkai menjadi peralatan yang berukuran relative lebih kecil”.

Dari pernyataan di atas dapat diketahui IC merupakan komponen elektronik yang terdiri dari gabungan dari beberapa komponen seperti : resistor, kapasitor, diode, dan transistor yang saling terhubung dan menjadi relative lebih kecil.

a) IC LM 358



Gambar 11. IC LM 358

Penguat operasional adalah suatu rangkaian elektronika yang dalam bentuk rangkaian terpadu (IC). Perangkat ini sering di gunakan sebagai penguat sinyal, baik yang *linier* maupun *non linier* terutama dalam sistem pengaturan dan pengendalian, instrumentasi, komputasi analog. Keuntungan dari pemakaian penguat operasional ini adalah karakteristiknya yang mendekati ideal sehingga dalam merancang rangkaian yang menggunakan penguat ini lebih mudah dan juga kerana

penguat ini bekerja pada tingkatan yang cukup dekat dengan karakteristik kerjanya.

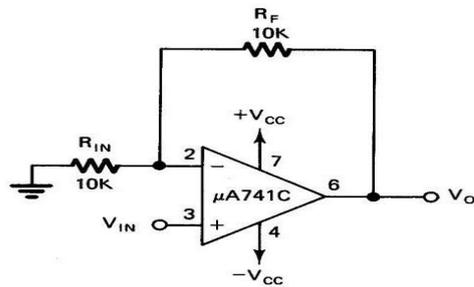
Karakteristik utama sebuah penguat operasional yang ideal adalah :

- 1) Impedansi masukan yang tak terhingga
- 2) Impedansi pengeluaran sama dengan nol
- 3) Penguat *loop* terbuka tak terhingga

LM 358 merupakan rangkaian terintegrasi yang memiliki dua penguat operasional. Terdiri dari 4 masukan, memiliki faktor penguatan yang besar dan frekuensi internal berubah-ubah, yang man didesain secara spesifik untuk beroperasi dari sebuah *power supply* melalui sebuah range tegangan. IC ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- 1) Frekuensi internal yang dapat diubah untuk penguatannya.
- 2) Penguatan tegangan yang besar (100Db).
- 3) Memiliki besar range tegangan antara 3V-32V
- 4) Arus bias input rendah (20Na)
- 5) Arus offset *input* rendah (2Na)
- 6) Tegangan *offset input* rendah (2mV)
- 7) Tegangan *output* besar, berkisar 0 sampai (Vcc-1,5V)

b) IC sebagai penguat tegangan (*non-inverting*)



Gambar 12. Rangkaian *non-inverting*

Menurut Islahudin (2016:27) menyatakan “penguat operasional *non-inverting* termasuk dalam sistem analog *linear*, yaitu sistem yang menghasilkan tegangan keluaran sebanding dengan tegangan masukan yang diberikan. Penguat operasional *non-inverting* adalah penguat yang sinyalnya masukannya diberikan pada input *non-inverting* dan menghasilkan *output* dengan sudut *fase* sama dengan sudut *fase* tegangan *input*”.

Sutikno (2009) menyatakan “rangkaian *non-inverting* adalah alat yang berbasis *microcomputer* digunakan pada kendaraan dengan teknologi injeksi dimana kendaraan tersebut sudah dikontrol dengan sebuah unit komputer yang disebut ECU (*Elektronik Control Unit*) / ECM (*Engine Control Modul*)”. Sebenarnya rangkaian *non-inverting amplifier* adalah alat tambahan dan biasanya di buat oleh pemasar-pemasar *aftermarket* yang bertujuan untuk memanipulasi data, sehingga diharapkan dengan pemakaian rangkaian *non-inverting amplifier* si pengguna mampu membuat data yang baru di luar

data yang ada dari pabrikan asli pembuat mobil/motor tersebut, sehingga data yang baru tersebut bisa sesuai dengan yang diinginkan si pemakai, bertujuan untuk menambah power atau sebaliknya.

Dari pendapat beberapa ahli di atas dapat disimpulkan bahwa *non-inverting* adalah sebuah alat yang berbasis mikrokomputer yang digunakan pada sepeda motor atau mobil dengan teknologi injeksi. *Non-inverting* digunakan untuk memanipulasi data, sehingga dengan menggunakan *non-inverting* akan didapatkan data yang baru yang sesuai dengan yang diinginkan dengan tujuan untuk menambah atau mengurangi tenaga mesin. Rangkaian *non-inverting* memberikan tegangan output dengan sudut fase yang sama dengan sudut fase tegangan input artinya tegangan keluaran akan sebanding dengan tegangan masukan yang diberikan. Sehingga data yang akan diterima oleh ECU dapat dimanipulasi dengan rangkaian *non-inverting*.

#### d. LCD Display 16 x 2



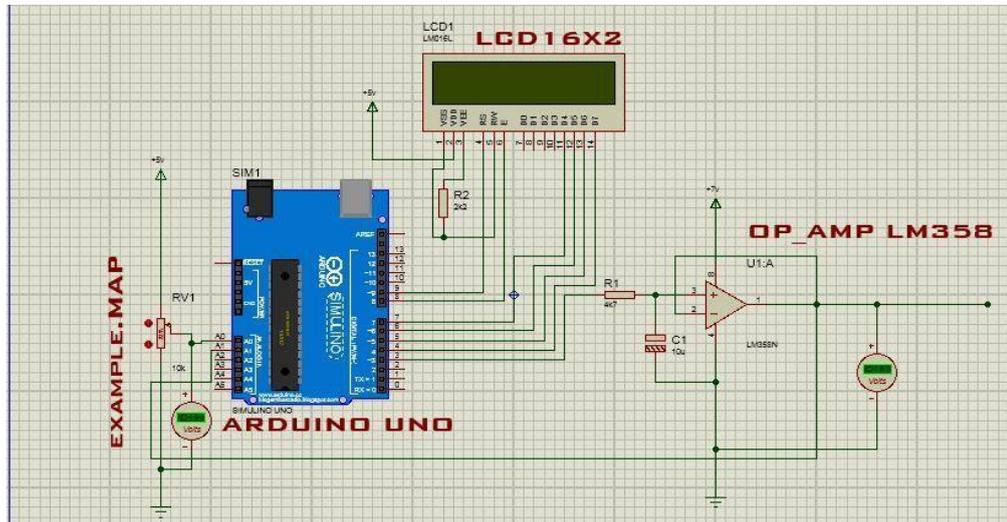
Gambar 13 . LCD Display 16 x 2

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang

berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu jenis display elektronikyng dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terdapat front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (liquid cristal display) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda daro segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

## 8. Analisis Rangkaian Alat



Gambar 14. Desain alat penguat tegangan dengan *microcontroller* pada sensor MAP

Desain rangkaian di atas merupakan rangkaian yang berfungsi untuk memanipulasi data dari sensor MAP yang akan dikirimkan ke ECU. Rangkaian di atas adalah simulasi rangkaian yang akan memanipulasi data dari sensor MAP, sinyal input yang diterima oleh sensor MAP berasal dari ECU yang besar tegangannya adalah 5 volt. Kemudian sensor akan merubah tegangan input tersebut berdasarkan pembacaan jumlah udara yang masuk ke dalam intake dengan memanfaatkan tekanan udara yang masuk, dengan kata lain tegangan keluaran dari sensor akan berubah-ubah sesuai dengan tekanan udara yang ada di intake. Sinyal keluaran dari sensor inilah yang nantinya akan dimanipulasi oleh microcontroller sesuai dengan keinginan, sehingga keluaran dari sensor MAP akan diperbesar (Agus Baharudin, 2018).

## B. Penelitian yang Relevan

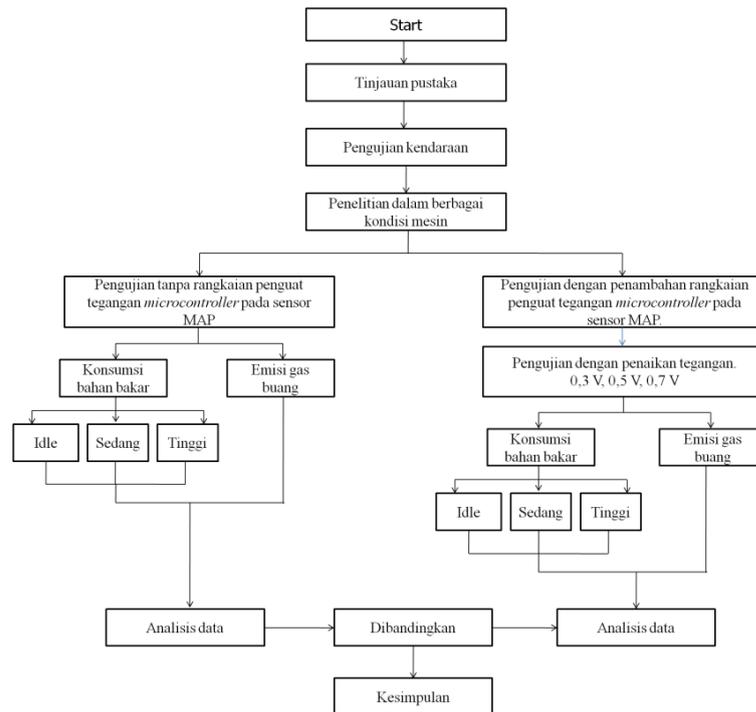
Sebelum penelitian ini dilakukan, terdapat penelitian lain yang telah dilakukan dan memiliki hasil yang relevan dengan penelitian ini yakni sebagai berikut :

1. Toto Sugiarto (2013) dengan jurnal penelitian “Analisa Kerja Manifold Absolute Pressure (MAP) dan Kadar Kandungan Emisi Gas Buang yang Dihasilkan pada Motor Bensin dengan Sistem Injeksi Elektronik Type D-EFI”. Meningkatnya putaran mesin akan mengakibatkan terjadinya penurunan kevakuman pada saluran intake manifold. Pada kecepatan rendah (750 rpm) kevakuman udara yang melalui MAP adalah rata-rata 29,00 Kpa, pada putaran menengah (2000 rpm) kevakuman 26,67 Kpa dan pada putaran tinggi (3000 rpm) kevakuman udara yang melalui MAP sebesar 37,33 Kpa.
2. Sidik Argana (2014) dengan jurnal penelitian yang berjudul “Perancangan Manipulasi Sensor MAP untuk Mengoptimalkan Waktu Akselerasi Mesin”. Terdapat pengaruh yang signifikan optimalisasi waktu pada saat akselerasi dengan memanipulasi *manifold absolute pressure* dimana hasilnya sesuai dengan hipotesa penelitian.
3. Agus Baharudin (2018) dengan judul penelitian “Pancang Bangun Penguat Tegangan dengan Mikrokontroler pada Sensor MAP Terhadap Daya dan Torsi”. Hasil penelitian menunjukkan daya tertinggi yang dihasilkan tanpa menggunakan alat penguat tegangan adalah 44,17 Kw pada putaran 6.524 rpm, sedangkan daya tertinggi dengan menggunakan alat penguat

tegangan output pada sensor MAP adalah terjadi peningkatan tegangan sebesar 0,5 V dengan daya sebesar 82,1 Kw pada putaran 6206 rpm. Dapat disimpulkan terjadi peningkatan daya sebesar 37,93 Kw atau sebesar 85,87%. Torsi tertinggi yang dihasilkan oleh kendaraan dengan menggunakan alat penguat tegangan yaitu 103,27 Nm pada putaran 1.538 rpm, sedangkan torsi tertinggi dengan menggunakan alat penguat tegangan output pada sensor MAP adalah terjadi peningkatan tegangan sebesar 0,5 V.

### **C. Kerangka Konseptual**

Kerangka konseptual digunakan untuk menjelaskan hubungan antar variabel yang diteliti. Pada penelitian ini kerangka konseptual berfungsi untuk memberikan gambaran secara lebih jelas mengenai perubahan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dengan menambahkan rangkaian penguat tegangan dengan microcontroller pada sensor MAP Toyota Avanza. Pada penelitian ini kendaraan diberikan perlakuan yang berbeda yaitu tanpa menggunakan rangkaian penguat tegangan dengan microcontroller pada sensor MAP dan yang menggunakan rangkaian tambahan rangkaian penguat tegangan dengan microcontroller pada sensor MAP. Dapat dilihat pada kerangka berfikir berikut ini.



Gambar 15. Kerangka konseptual

#### D. Hopotesis Penelitian

Penggunaan alat penguat tegangan output sensor MAP maka daya yang diperoleh akan meningkat, namun emisi dan konsumsi bahan bakar juga akan meningkat.

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dianalisa ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik diantaranya:

1. Berdasarkan data yang didapat konsumsi bahan bakar selalu meningkat karena penambahan alat penguat tegangan output sensor MAP yang memanipulasi pembacaan sensor. Konsumsi bahan bakar meningkat karena sesuai dengan fungsi sensor MAP dan cara kerjanya yaitu, mengukur jumlah udara yang masuk ke dalam ruang bakar berdasarkan kevakuman udara yang masuk dan dikonversi dalam bentuk voltase. Dikarenakan keluaran sensor MAP diperbesar maka injektor akan memperbesar juga keluaran bahan bakarnya.
2. Berdasarkan data yang didapat emisi gas buang HC dan CO juga terjadinya peningkatan dikarenakan campuran kaya yang tercipta oleh memanipulasi tegangan output yang dihasilkan sensor MAP, data pembacaan dari sensor yang dikirim oleh signal PIM tidaklah data sebenarnya, namun data yang sudah dimanipulasi. Sehingga campuran kaya, banyak bahan bakar tidak terbakar dan keluar bersama gas buang.
3. Untuk pemakai alat penguat tegangan output sensor MAP ini cocok digunakan untuk daya dan torsi, namun untuk konsumsi sama emisi gas buang tidak cocok karena banyaknya bahan bakar yang tidak terbakar di ruang bakar, sehingga untuk konsumsi mengakibatkan pemakaian boros dan untuk emisi gas buang mengakibatkan gas yang dihasilkan tinggi.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa saran untuk pengembangan agar hasil penelitian kedepannya lebih maksimal, adapun hal-hal yang penulis sarankan yaitu:

1. Penelitian ini masih terbatas pada peningkatan tegangan sensor MAP saja, sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap sensor-sensor lainnya sehingga hasil dari penelitian dapat lebih akurat.
2. Untuk menguji konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang sebaiknya diuji pada engine yang belum menggunakan oksigen sensor.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Muri Yusuf . (2007). *Metodelogi Penelitian*. Padang : UNP press.
- Argana, Sidik 2014. Perancangan Percobaan Manipulasi MAP untuk Mengoptimalkan Waktu Akselerasi Mesin. <http://karya.ilmiah.um.ac.id>. Diakses pada tanggal 14 Maret 2019.
- Anonim, 2010b, *Pencemaran Udara*, Jakarta : Pertamina
- Awal Syahrani. (2006). *Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi*. Diakses pada tanggal 14 Maret 2019.
- Baharudin Agus (2018). Rancang Bangun Penguat Tegangan dengan Microkontroller Pada Sensor MAP Terhadap Daya dan Torsi Pada Toyota Avanza. Skripsi
- Bahrul Amin. (2013). *Teknik Motor Bakar*. Padang : UNP
- Boendarto. (2003). *Cara Pemeriksaan, Penyetelan & Perawatan Sepeda Motor*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Daryanto. (2008). *Teknik Reparasi Dan Perawatan Sepeda Motor*. Malang: bumi Aksara .
- Djuandi, Feri, 2011. *Pengenalan Arduino*. [www.tobuku.com](http://www.tobuku.com). Diakses tanggal 5 Maret 2019
- Erzeddin alwi. (2014). *Teknologi Sepeda Motor*. padang: UNP.
- Hasan Maksum, Reffles & Wawan Purwanto.(2012). *Teknologi Motor Bakar*. Padang: UNP press.