

“Pengaruh Kenaikan Tekanan Pompa Bahan Bakar Terhadap Performa Sepeda Motor Honda 125cc Injeksi Menggunakan Pompa Bahan Bakar Pneumatik”



Hendarko Ghany Setyawan

5315127313

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

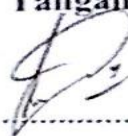


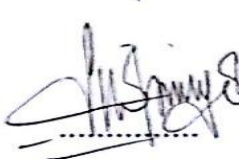

2017

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI DENGAN JUDUL

“PENGARUH KENAIKAN TEKANAN POMPA BAHAN BAKAR TERHADAP PERFORMA SEPEDA MOTOR HONDA 125cc INJEKSI DENGAN MENGGUNAKAN POMPA BAHAN BAKAR PNEUMATIK ”

Telah Disetujui Oleh :

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dosen Pembimbing :				
1.	<u>Pratomo Setyadi, S.T., M.T.</u> NIP. 198102222006041001	Pembimbing I		21/8/2017
2.	<u>Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.</u> NIP. 197602052006041001	Pembimbing II		21/8/2017
Dewan Penguji :				
1.	<u>Drs. Syarippudin, M.Pd</u> NIP. 196703211999031001	Ketua Sidang		24/8/2017
2.	<u>Siska Titik Dwiwati, S.Si., M.T.</u> NIP. 197812122006042002	Sekretaris		21/8/2017
3.	<u>Dr. Catur Setyawan K.M.T.</u> NIP. 197102232006041001	Dosen Ahli		21/8/2017

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin (S-1)



Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP. 197908312005011001

Tanggal Sidang : 15 Agustus ,2017

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 8 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan



Hendarko Ghany Setyawan
NIM. 5315127308

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT., karena atas segala rahmat dan ridha, serta hidayah-Nya, penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan untuk Baginda Besar Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa dalam melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan maupun bantuan dari semua pihak. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T., sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin (S-1) Universitas Negeri Jakarta
2. Bapak Pratomo Setyadi, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing I, atas segala arahan, bimbingan dan motivasi yang sangat berarti sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing II, atas segala arahan, bimbingan dan motivasi yang juga sangat berarti sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Bapak Drs. Sugeng Priyanto, M.Sc sebagai pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dalam hal akademik perkuliahan dari awal perkuliahan sampai penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh Dosen ,Staf Tata Usaha, dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan perkuliahan dan bimbingan serta bantuan secara langsung maupun tidak langsung.

6. Bapak Edy Ruskaedy dan Ibu Genuk Wijiyanti Astuti sebagai orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moral dan material untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. A Kanzi Muhammad sahabat seperjuangan pada skripsi ini yang telah berjuang bersama dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Teman - teman penulis pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman penulis pada Batavia Team yang telah membantu penulis selama proses pengambilan data pada skripsi ini.
10. Teman-teman penulis pada Baneng Fams yang telah memberikan dukungan moral dan material untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Mariska Ayu Ambarsari yang telah senantiasa memberikan dukungan, semangat dan motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis H.G.S

ABSTRAK

Pengaruh Kenaikan Tekanan Pompa Bahan Bakar Terhadap Performa Sepeda Motor Honda 125 cc Injeksi Menggunakan Pompa Bahan Bakar Pneumatik

Hendarko Ghany Setyawan
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Jakarta

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kenaikan pompa bahan bakar terhadap performa kendaraan, khususnya daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor Vario PGM-FI 125 cc, ketika menggunakan tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan digunakan. Kemudian dapat diketahui daya dan torsi maksimal, nilai konsumsi bahan bakar terbaik dan hasil emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Dua buah tekanan pompa bahan bakar yang berbeda yaitu, tekanan pompa bahan bakar 2,94 bar (standar) dan tekanan pompa bahan bakar yang dinaikan (3,5 bar). Masing – masing tekanan bahan bakar diuji secara bergantian melalui sepeda motor yang dihubungkan pada dinamometer sasis dengan *eddy current brake*. Proses pengujiannya adalah dengan menarik *handle* gas dari 5° bukaan *throttle* sampai dengan bukaan paling besar yaitu 50° hal ini dilakukan untuk mendapatkan data daya, torsi dan konsumsi bahan bakar dari sepeda motor, serta pengujian emisi gas buang. Hasil dari eksperimen adalah tekanan pompa bahan bakar yang dinaikan (3,5 bar) menjadi yang terbaik pada daya dan torsi mesin tertinggi. Berdasarkan pengujian pada dinamometer maka tekanan pompa bahan bakar yang dinaikan (3,5 bar) menghasilkan puncak daya terbesar, yaitu 5,35 kw pada kecepatan putaran mesin 9750 RPM. Kemudian berdasarkan perbandingan torsi tekanan pompa bahan bakar yang dinaikan (3,5 bar) juga menghasilkan torsi terbesar pada putaran mesin 8500 RPM yaitu sebesar 8,54Nm, dibandingkan dengan tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar). Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar, nilai terbaik tekanan pompa bahan bakar yang dinaikan (3,5 bar) terdapat pada putaran mesin bawah yaitu putaran 4750-7000 RPM (5°-25° bukaan *throttle*), sedangkan tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar) mempunyai nilai terbaik pada putaran 8250-9750 RPM (30°-50° bukaan *throttle*). Selain daya, torsi dan konsumsi bahan bakar, penelitian ini juga meneliti pengaruh naiknya tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) terhadap uji emisi yang dihasilkan oleh kendaraan, dari hasil pengujian terlihat, pada tekanan pompa bahan bakar yang dinaikan (3,5 bar) terdapat peningkatan pada kadar CO, CO₂, dan HC serta menurunnya kadar dari O₂.

Kata kunci : *Tekanan Pompa Bahan Bakar, 3,5 bar, 2,94 bar, Sepeda Motor, Daya, Torsi, Konsumsi Bahan Bakar, Emisi Gas Buang, Dinamometer.*

ABSTRACT

Effect of Increase Pressure Fuel Pump on Motorcycle Performance Honda 125 cc Injection Using Pneumatic Fuel Pump

Hendarko Ghany Setyawan

***Mechanical Engineering Education Study Program, Faculty of Engineering
State University of Jakarta***

The aim of this research is to know how big of fuel pump increase in performance of vehicles, especially power, torque, fuel consumption and exhaust emission produced by Vario PGM-FI 125 cc motorcycle, when using the fuel pump pressure raised. Then can know the power and maximum torque, the value of the best fuel consumption and exhaust emissions produced by motorcycles. The method used is the experimental method. Two different fuel pump pressures are, 2.94 bar (standard) fuel pump pressure and fuel pump pressure raised (3.5 bar). Each fuel pressure is tested alternately through a motorcycle connected to the chassis dynamometer with eddy current brake. The test process is by pulling the gas handle from 50 throttle openings to the largest openings of 500 this is done to obtain power data, torque and fuel consumption of motorcycles, as well as exhaust emissions testing. The result of the experiment is the raised fuel pump pressure (3.5 bar) to be the best at the highest engine power and torque. Based on the test on the dynamometer the raised fuel pump pressure (3.5 bar) produces the largest peak power of 5,35 kw at a speed of engine speed of 9750 RPM. Then based on comparison torque pressure pump raised (3.5 bar) also produce the largest torque at 8500 RPM engine speed that is equal to 8.54Nm, compared with standard fuel pump pressure (2.94 bar). As for fuel consumption, the best rated fuel pump pressure (3.5 bar) is in the lower engine rotation of 4750-7000 RPM (50-250 throttle aperture), while standard fuel pump pressure (2,94 bar) has the best value on round 8250-9750 RPM (300-500 throttle opening). In addition to power, torque and fuel consumption, this study also investigated the effect of increased fuel pump pressure (3.5 bar) on vehicle emission test, from test results seen, at increased fuel pump pressure (3.5 bar) There is an increase in CO, CO₂, and HC levels and decreased levels of O₂.

Keywords: Fuel Pump Pressure, 3.5 bar, 2.94 bar, Motorcycle, Power, Torque, Fuel Consumption, Emissions Gas, Dynamometer.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRAC</i>	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah	4
1.4 Pembatasan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Motor Bensin	7
2.1.1 Prinsip Kerja Motor 4 Langkah	8
2.2 Sistem Bahan Bakar	10
2.2.1 Sistem Karburator	10
2.2.2 Sistem Injeksi	10
2.2.3 Komponen Mesin 4 Langkah SI	11

2.2.4	Komponen Sistem Injeksi	15
2.3	Cara Kerja Injeksi Pada Kendaraan	18
2.3.1	Jenis-jenis EFI	20
2.3.2	Berdasarkan Penempatan Injektornya	22
2.3.3	Berdasarkan Deteksi Udara Masuk	23
2.4	Lama Waktu Penginjeksian	25
2.4.1	Dasar Penginjeksian Secara Umum	25
2.4.2	Hubungan Waktu Terhubungnya Injektor	26
2.5	<i>Fuel Delivery System</i>	26
2.5.1	Komponen Utama dari <i>Fuel Delivery System</i>	27
2.6	Kelebihan dan Kekurangan Menggunakan Sistem Injeksi	34
2.7	Asas Bernoulli	36
2.7.1	Asas Bernoulli	36
2.7.2	Penerapan Hukum Bernoulli pada Sistem Bahan Bakar	37
2.8	Pneumatik	38
2.8.1	Kelebihan Pneumatik	38
2.8.2	Kekurangan Pneumatik	39
2.9	Usaha Mesin (<i>Work</i>)	40
2.10	Torsi (<i>Torque</i>)	42
2.11	Tenaga Mesin (<i>Power</i>)	43
2.12	Konsumsi Bahan Bakar (<i>BSFC</i>)	43
2.13	Emisi Gas Buang	44
2.13.1	Proses Pembakaran	44
2.13.2	Persamaan Reaksi Pembakaran	46
2.13.3	Nilai Eimisi Mesin Bensin	46
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		47
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	47
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	47
3.3	Diagram Alir	57

3.4 Pengambilan Data <i>Flowrate Injector</i>	58
3.5 Teknik dan Pengumpulan Data pada <i>Dyno</i>	58
3.5.1 Pengambilan Data Daya dan Torsi	58
3.5.2 Pengambilan Data Konsumsi Bahan Bakar	60
3.5.3 Pengambilan Data Emosi Gas Buang	60
3.6 Teknik Analisis Data	62
BAB IV HASIL PENELITIAN	63
4.1 Deskripsi Hasil Penelitian	63
4.2 Analisis Data Hasil Penelitian	70
4.2.1 Analisis Torsi	70
4.2.2 Analisis Daya	72
4.2.3 Analisis Konsumsi Bahan Bakar	73
4.2.4 Analisis Uji Emisi Gas Buang	75
4.2.4.1 Analisis Kadar CO.	75
4.2.4.2 Analisis Kadar CO ₂	76
4.2.4.3 Analisis Kadar HC	77
4.2.4.4 Analisis Kadar O ₂	78
4.3 Pembahasan	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	82
 DAFTAR PUSTAKA	 84

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Siklus Motor Bensin 4 Langkah	9
Gambar 2.2 <i>Injector</i>	15
Gambar 2.3 <i>Fuel Pump</i>	16
Gambar 2.4 <i>Oxxygen Sensor</i>	17
Gambar 2.5 Sistem Injeksi	18
Gambar 2.6 <i>Starting</i> Sistem Injeksi	18
Gambar 2.7 Akselerasi Sistem Injeksi	19
Gambar 2.8 <i>High Power</i> Sistem Injeksi	20
Gambar 2.9 <i>Single Point Injection</i>	21
Gambar 2.10 <i>Multi Point Injection</i>	21
Gambar 2.11 <i>Indirect Injection</i>	22
Gambar 2.12 <i>Direct Injection</i>	23
Gambar 2.13 <i>D-Jetronic</i>	24
Gambar 2.14 <i>L-Jetronic</i>	24
Gambar 2.15 <i>Fuel Pump</i>	27
Gambar 2.16 Pompa Turbin	28
Gambar 2.17 <i>Wiring Diagram Feul Pump</i>	29
Gambar 2.18 <i>Fuel Filter</i>	30
Gambar 2.19 <i>Fuel Pressure Regulator</i>	31
Gambar 2.20 <i>Pulsation Dumper</i>	32
Gambar 2.21 <i>Injector</i>	33
Gambar 2.22 <i>Throttle Body</i>	37
Gambar 3.1 <i>Pressure Gauge</i>	48
Gambar 3.2 <i>Apave</i> atau Tangki Bahan Bakar	48
Gambar 3.3 <i>ExHaust Gas Analyzer</i>	50
Gambar 3.4 <i>Injection Cleaner and Tester</i>	53
Gambar 3.5 <i>Regulator</i>	54

Gambar 3.6 <i>Pet Buttle</i>	55
Gambar 3.7 Tabung Ukur	56
Gambar 3.8 Diagram Pompa Bahan Bakar	56
Gambar 3.9 Diagram Alir	57
Gambar 4.1 Grafik Torsi Mesin	64
Gambar 4.2 Grafik Daya Mesin	65
Gambar 4.3 Konsumsi Bahan Bakar	67
Gambar 4.4 Diagram Torsi Maksimal Mesin	71
Gambar 4.5 Diagram Daya Mesin Maksimal	72
Gambar 4.6 Diagram Kadar CO	75
Gambar 4.7 Diagram Kadar CO ₂	76
Gambar 4.8 Diagram Kadar HC	77
Gambar 4.9 Diagram Kadar O ₂	78

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Torsi Mesin Vario PGM-FI 125cc	63
Tabel 4.2 Daya Mesin Vario PGM-FI 125cc	65
Tabel 4.3 Konsumsi Bahan Bakar Vario PGM-FI 125cc	67
Tabel 4.4 Tabel Uji Emisi Gas Buang Mesin Vario PGM-FI 125cc	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan BSFC

Lampiran 2 Hasil Uji Emisi Gas Buang

Lampiran 3 Tabel Data Puncak Torsi

Lampiran 4 Tabel Data Puncak Daya

Lampiran 5 Data Grafik Daya dan Torsi Hasil Dyno

Lampiran 6 Tabel Daya dan Torsi Perbukaan *Throttle*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Energi merupakan kunci penggerak kehidupan. Akan tetapi, di dunia ini terdapat sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, seperti minyak bumi dan batu bara. Disamping itu, ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil cenderung sangat tinggi dari segi bidang industri, transportasi, maupun kegiatan sehari-hari sehingga akan membuat masalah semakin kompleks bagi ketersediaan bahan bakar dari fosil seperti minyak mentah dan gas.

Semakin langkanya minyak dan tingginya permintaan membuat harga minyak semakin tinggi. Permintaan yang tinggi tanpa adanya persediaan yang mencukupi akan berdampak pada manusia di seluruh dunia. Kilang minyak sebagai tempat untuk memproduksi minyak berjumlah sedikit sehingga kelangkaan pun sering terjadi. Maka dari itu, tidak dapat dipungkiri lagi bahwa bahan bakar fosil sangat tidak bisa dipisahkan dengan manusia, karena Forum Hijau Indonesia juga mengatakan bahwa habisnya bahan bakar fosil akan menjadi bencana bagi manusia.

Penggunaan energi fosil yang sangat besar terdapat pada kendaraan bermotor, dan berbagai produsen kendaraan bermotor banyak berlomba untuk mengembangkan teknologi agar terciptanya kendaraan dengan performa yang baik, irit bahan bakar dan emisi gas buang yang lebih baik. Banyak inovasi yang telah dilakukan untuk mewujudkan hal tersebut salah satunya dengan

merubah sistem bahan bakar dari karburator dirubah menjadi sistem injeksi, yang peranannya banyak diambil alih oleh *electronic control unit* (ECU).

Sudah banyak dari berbagai produsen kendaraan bermotor mengeluarkan merek – merek kendaraan bermotor dengan teknologi mesin yang berbeda dari waktu ke waktu. Masing-masing merek memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, yang sebenarnya masih memiliki tujuan yang sama yaitu untuk meningkatkan performa kendaraan pada aspek pengoptimalan konsumsi bahan bakar, tenaga yang dihasilkan, serta hasil emisi gas buang. Selain teknologi dari kendaraan tersebut, terdapat faktor lain yang ikut mempengaruhi performa dan pengoptimalan konsumsi bahan bakar, seperti nilai oktan bahan bakar, busi, pola penggunaan kendaraan, dan lain sebagainya.

Dari berbagai komponen yang terdapat pada sistem bahan bakar, pompa bahan bakar merupakan salah satu komponen pada sepeda motor yang sangat fundamental dan penting terhadap performa kendaraan. Pompa bahan bakar sangat berpengaruh pada hasil proses pengkabutan dan debit injektor yang dihasilkan, karena pompa bahan bakar mengatur proses terjadinya injeksi bahan bakar pada kendaraan.

Dari paparan penulis di atas, penulis melakukan penelitian tentang tekanan bahan bakar terhadap peforma sepeda motor honda 125cc. Maka dari itu penulis mengambil judul penelitian **“Pengaruh Kenaikan Tekanan Pompa Bahan Bakar Terhadap Performa Sepeda Motor Honda 125 cc Injeksi Menggunakan Pompa Bahan Bakar Pneumatik”**.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian yang penulis cantumkan pada latar belakang, masalah yang dapat menjadi persoalan dalam penelitian unjuk kerja motor bensin 4 langkah dengan menggunakan tekanan bahan bakar yang berbeda adalah:

1. Bagaimana proses terjadinya pembakaran pada kendaraan dengan teknologi injeksi?
2. Apa saja yang mempengaruhi proses pembakaran dengan teknologi injeksi?
3. Hambatan apa saja yang muncul pada proses pembakaran dengan teknologi injeksi?
4. Bagaimana pengaruh menaikkan tekanan bahan bakar terhadap daya sepeda motor yang menggunakan teknologi injeksi?
5. Seberapa besar pengaruh menaikkan tekanan bahan bakar terhadap torsi sepeda motor yang menggunakan teknologi injeksi?
6. Bagaimana jumlah debit yang dihasilkan ketika tekanan bahan bakar diturunkan dan ditingkatkan?
7. Bagaimana bentuk pengkabutan yang terjadi ketika tekanan bahan bakar diturunkan dan ditingkatkan?
8. Apakah dengan menaikkan tekanan bahan bakar dapat menghasilkan perbedaan yang signifikan pada aspek daya dan torsi?
9. Apakah dengan menaikkan tekanan bahan bakar dapat mempengaruhi konsumsi bahan bakar?

10. Apakah dengan menaikkan tekanan bahan bakar dapat mempengaruhi emisi gas buang?
11. Berapa jumlah debit bahan bakar yang dihasilkan ketika tekanan bahan bakar ditingkatkan ?

1.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah yang penulis paparkan di atas, permasalahan yang penulis angkat pada penelitian ini yaitu “Bagaimanakah pengaruh jika tekanan bahan bakar ditingkatkan terhadap performa yang dihasilkan pada sepeda motor dengan mesin *Spark Ignition* 4 langkah?”

1.4. Pembatasan Masalah

Berdasarkan pada identifikasi masalah yang telah penulis paparkan di atas, banyak hal yang mempengaruhi daya dan torsi yang dihasilkan pada kendaraan, maka dari itu penulis menetapkan batasan sebagai berikut:

1. Tekanan Pompa Bahan Bakar yang diuji adalah:
 - Tekanan bahan bakar sebesar 2,94 bar.
 - Tekanan bahan bakar sebesar 3,5 bar.
2. Buka throttle yang diuji:
 - Buka throttle 5°
 - Buka throttle 10°
 - Buka throttle 15°
 - Buka throttle 20°
 - Buka throttle 25°

- Buka an throtlle 30°
 - Buka an throtlle 35°
 - Buka an throtlle 40°
 - Buka an throtlle 45°
 - Buka an throtlle 50°
3. Unjuk kerja yang diamati adalah:
- daya sepeda motor.
 - torsi sepeda motor.
 - Konsumsi bahan bakar.
 - Emisi gas buang
4. Alat penelitian dikondisikan pada sepeda motor kecil.
5. Bahan bakar yang di gunakan adalah bahan bakar dengan RON 92.
6. Pompa bahan bakar menggunakan sistem pneumatik.

1.5. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh tekanan bahan bakar terhadap :

1. Daya yang dihasilkan
2. Torsi yang dihasilkan
3. Konsumsi bahan bakar yang digunakan
4. Emisi gas buang yang dihasilkan

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang penulis harapkan dari penelitian ini supaya pembaca dapat mengetahui tekanan bahan bakar yang paling baik untuk menghasilkan performa optimal pada kendaraan sepeda motor injeksi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Motor Bensin

Motor bensin yang menggerakkan mobil penumpang, truk, sepeda motor, skuter dan jenis kendaraan lain dewasa ini merupakan perkembangan dan perbaikan dari mesin yang semula dikenal motor *otto*. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan udara segar, karena itu motor bensin cenderung dinamai *Spark Ignition Engines*.¹

Proses pembakaran pada motor bensin atau motor bakar torak terjadi secara periodik sebelum terjadi proses pembakaran berikutnya. Terlebih dahulu gas pembakaran yang sudah tidak dipergunakan harus dikeluarkan dari dalam silinder, kemudian silinder diisi dengan campuran bahan bakar dan udara segar yang berlangsung ketika torak dalam silinder bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) dan TMB (Titik Mati Bawah).²

Dalam satu siklus tersebut torak bergerak sepanjang TMA – TMB – TMA – TMB – TMA. Motor bakar torak yang bekerja dengan siklus tersebut termasuk golongan motor 4 langkah. Motor bakar yang melengkapi siklusnya cukup dengan gerakan torak TMA – TMB – TMA termasuk golongan motor 2 langkah.³

¹ Arismunandar, Wiranto, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, (Institut Teknologi Bandung : Bandung, 1988), h.60

² *Ibid.*, h.8

³ *Ibid.*, h.9

Pada motor bakar torak (motor bensin) yang lazim yaitu motor bakar torak yang mempergunakan batang penggerak dan poros engkol, gerak torak TMA – TMB – TMA tersebut memutar poros engkol satu kali (360° sudut engkol). Oleh itu motor 4 langkah adalah motor bakar torak yang melengkapi siklusnya (satu kali pembakaran) selama dua putaran poros engkol, sedangkan motor 2 langkah adalah motor bakar torak yang melengkapi siklusnya dalam satu kali putaran poros engkol.⁴

2.1.1.Prinsip Kerja Motor 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah adalah motor yang menyelesaikan siklus dalam empat langkah torak dan satu kali proses pembakaran serta menghasilkan satu kali usaha, berikut adalah langkah kerja motor bensin empat langkah :

1. Langkah Hisap (*Suction Stroke*)

Pada langkah ini torak bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) menuju ke TMB (Titik Mati Bawah). Pada saat itu katup hisap membuka sedangkan katup buang menutup. Melalui katup hisap, campuran bahan bakar dan udara terhisap masuk kedalam silinder.⁵

2. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

Saat torak mencapai TMB, torak bergerak kembali menuju TMA, sementara katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Campuran bahan bakar dan udara yang terhisap tadi kini terkurung didalam silinder dan dimampatkan oleh torak yang bergerak menuju TMA. Volume campuran bahan bakar dan udara tersebut menjadi kecil sehingga temperatur dan tekanannya bertambah. Campuran tersebut

⁴ *ibid.*, h.9

⁵ *ibid.*, h.9

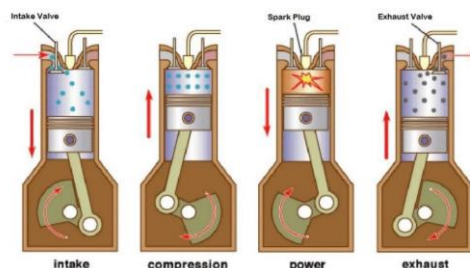
sangat mudah terbakar, kemudian pada saat torak hampir mencapai TMA campuran bahan bakar dan udara dibakar dengan percikan bunga api. Oleh itu terjadilah proses pembakaran sehingga tekanan dan temperaturnya bertambah.⁶

3. Langkah Usaha (*Power Stroke*)

Dari pembakaran pada langkah kompresi gas pembakaran berekspansi dan mampu mendorong torak bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Selain itu, keadaan katup hisap maupun katup buang masih dalam keadaan tertutup. Selama torak bergerak dari TMA menuju TMB disebut langkah kerja/ usaha/ ekspansi, volume gas pembakaran didalam silinder bertambah oleh itu tekanannya menjadi turun.⁷

4. Langkah Buang (*Exhaust Stroke*)

Saat torak mencapai TMB, katup buang sudah mulai membuka sedangkan katup hisap masih tertutup. Torak bergerak kembali ke TMA mendesak gas pembakaran keluar dari dalam silinder melalui saluran buang. Proses pengeluaran gas sisa pembakaran ini disebut langkah buang dan setelah langkah buang selesai siklus dimulai lagi dari langkah hisap dan begitu seterusnya.⁸



Gambar 2.1. Siklus Motor Bakar 4 Langkah⁹

⁶ *Ibid.*, h.9

⁷ *Ibid.*, h.9

⁸ *Ibid.*, h.9

⁹ <http://Eprints.undip.ac.id/41619/3/BAB.II.pdf>, (Universitas Diponegoro : Semarang), h.6

2.2 Sistem Bahan Bakar

2.2.1 Sistem Karburator

Karburator adalah sebuah alat yang mencampur udara dan bahan bakar untuk sebuah mesin pembakaran dalam. Pada dasarnya karburator bekerja menggunakan prinsip Bernoulli, semakin cepat udara bergerak maka semakin kecil tekanan statisnya, namun makin tinggi tekanan dinamisnya. Pedal gas sebenarnya tidak secara langsung mengendalikan besarnya aliran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Pedal gas sebenarnya mengendalikan katup dalam karburator untuk menentukan besarnya aliran udara yang dapat masuk ke ruang bakar. Udara bergerak dalam karburator inilah yang memiliki tekanan untuk menarik serta bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar.

2.2.2 Sistem Injeksi

Injeksi bahan bakar adalah sebuah teknologi yang digunakan dalam mesin pembakaran dalam untuk mencampur bahan bakar dengan udara sebelum di bakar. Penggunaan injeksi bahan bakar akan meningkatkan tenaga mesin bila dibandingkan dengan penggunaan karburator, karena injektor membuat bahan bakar tercampur secara homogen. Hal ini menjadikan injeksi bahan bakar dapat mengontrol pencampuran bahan bakar dan udara yang lebih tepat, baik dalam proporsi dan keseragaman.

Injeksi bahan bakar dapat berupa mekanikal, elektronik atau campuran dari keduanya. Sistem awal berupa mekanikal, namun

sekitar tahun 1980-an mulai banyak menggunakan sistem elektronik. Sistem elektronik modern menggunakan banyak sensor untuk memonitor kondisi mesin, dan sebuah unit kontrol elektronik menghitung jumlah bahan bakar yang diperlukan. Oleh karena itu, injeksi bahan bakar dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi polusi, dan juga memberikan tenaga keluaran yang lebih.

2.2.3. Komponen Mesin 4 Langkah SI¹⁰

Komponen – komponen yang menyusun mesin SI 4 langkah adalah sebagai berikut,

1. Blok mesin

Blok mesin adalah badan dari mesin itu sendiri yang di dalamnya terdapat silinder. Biasanya terbuat dari baja tuang atau aluminium. Di sisi – sisi blok mesin juga terdapat rongga yang merupakan *water jacket* atau tempat bagi cairan yang berfungsi untuk mendinginkan dan menjaga temperatur mesin.

2. *Camshaft* (poros kam)

Poros yang berfungsi untuk menggerakkan mekanisme buka tutup pada katup hisap maupun katup buang.

¹⁰ *Ibid.*, h.18-22

3. Ruang bakar (combustion chamber)

Ruang bakar adalah ruang yang volumenya dihitung ketika piston berada pada TMA.

4. Katup

Katup berguna untuk mempersilahkan aliran campuran bahan bakar dan udara ketika masuk ke silinder pada langkah *intake* dan keluar dari silinder ketika langkah *exhaust*.

5. *Connecting Rod*

Berfungsi untuk menghubungkan *crankshaft* dan *piston* sehingga gerak translasi dari *piston* dapat di ubah menjadi gerak rotasi pada *crankshaft*.

6. Torak (*Piston*)

Berfungsi untuk mentransfer gaya tekan yang terjadi diruang bakar melalui pergerakan bolak baliknya, sehingga dapat memutar *crankshaft*.

7. Ring Piston

Terletak pada celah *piston skirt* untuk mencegah terjadinya *blowby* atau terjadinya pemasukan gas bertekanan tinggi kedalam *crankcase*. Selain itu fungsinya juga untuk mencegah tertinggalnya pelumas pada dinding silinder saat piston bergerak kearah TMB atau TMA , sehingga pelumas tidak terbakar selama proses yang terjadi.

8. Silinder mesin

Tempat terjadinya pergerakan piston secara bolak balik yang dibatasi oleh TMA dan TMB.

9. Poros Engkol (*Crankshaft*)

Untuk menerima gaya tekan translasi piston dan batang penghubung kemudian mengubah arah gaya tersebut menjadi rotasi.

10. *Intake manifold*

Merupakan saluran pemasukan bagi bahan bakar dan udara ke dalam silinder.

11. *Exhaust Manifold*

Merupakan saluran pengeluaran gas bertekanan tinggi hasil pembakaran keluar dari silinder.

12. Kepala Silinder (*Head*)

Penutup dari bagian atas silinder, dan biasanya sebagai tempat untuk *clearance volume*, dan beberapa komponen seperti mekanisme katup, poros kam, dan sebagainya

13. *Oil Pan*

Sebagai penampungan seluruh pelumas atau oli mesin. Oil pan terhubung dengan blok mesin dengan mekanisme baut.

14. *Oil Pump*

Pompa yang berfungsi mengalirkan oli pelumas mesin keseluruh bagian mesin yang perlu dilumasi. Sehingga meminimalisir resiko keausan pada part – part mesin yang terus bergerak dan menerima tekanan ata suhu tinggi.

15. Injektor Bahan Bakar

Berfungsi untuk mensuplai bahan bakar ke dalam silinder melalui proses *pressurised* dan pengatomisasian terlebih dahulu.

16. Radiator

Merupakan komponen *heat exchanger* yang berfungsi untuk melepaskan panas dan menurunkan suhu dari cairan *coolant* yang mengalami kenaikan suhu akibat transfer panas dari mesin dan bagiannya. Sehingga tidak terjadi *overheating* pada cairan pendingin

17. *Water jacket*

Merupakan rongga yang ada di sisi – sisi dari blok mesin yang berfungsi untuk mengalirkan cairan pendingin ke sekeliling blok mesin. Sehingga panas mesin bisa di transmisikan secara maksimal.

2.2.4. Komponen Sistem Injeksi

1. *Injector*

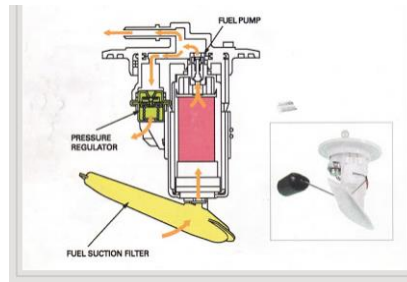
Injector bekerja sesuai sinyal dari ECM untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam intake manifold. Mempunyai lubang injector dengan diameter terkecil di dunia dengan dilengkapi saringan. Sistem pengaturan dengan tingkat presisi paling tinggi di dunia, menghasilkan pengaturan jumlah aliran bahan bakar yang sangat tepat. Tidak perlu perawatan berkala sehingga hemat biaya, pembakaran lebih sempurna sehingga menghemat bahan bakar.



Gambar 2.2. *Injector*

2. *Fuel pump*

Fuel pump berfungsi untuk memompa dan mengalirkan bahan bakar dari tangki motor ke dalam injector. Tekanan pada Pompa bensin tersebut sekitar 294kPa.



Gambar 2.3. *Fuel pump*

3. *Engine Control Module (ECM)*

Sebagai pengontrol kinerja sistem dengan mengolah informasi yang dikirimkan oleh komponen sensor. ECM berfungsi mengontrol waktu penyemprotan bahan bakar, mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan dan mengatur waktu pengapian. Menghasilkan akurasi yang sangat tinggi dalam mengatur penyemprotan bahan bakar dan waktu pengapian sesuai *input* dari sensor-sensor.

4. Sensor EOT (*Engine Oil Temperature*) dan ECT (*Engine Collant Temperature*). Sensor EOT berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu mesin. Mampu mendeteksi perubahan suhu dengan akurat, mesin mudah dihidupkan dalam segala kondisi suhu, konsumsi bahan bakar disesuaikan dengan perubahan suhu mesin sehingga lebih hemat bahan bakar.

5. *Sensor Throttle Position (TP)*

Berfungsi untuk mendeteksi posisi/sudut bukaan gas. Mampu mendeteksi perubahan bukaan gas dengan akurat, pencampuran bahan bakar dengan udara selalu optimum disesuaikan dengan perubahan posisi bukaan gas sehingga lebih hemat Bahan bakar dan lebih responsif.

6. *Ignition Pulse Generator (CKP) Sensor*

Sensor CKP berfungsi untuk mendeteksi putaran mesin dan sudut *crankshaft*. Mampu mendeteksi dan memonitor posisi dan kecepatan putaran *crankshaft* dengan akurat. Sensor CKP mengirimkan sinyal listrik ke ECM untuk mengontrol waktu pengapian dan parameter jumlah injeksi bahan bakar serta pengaturan waktu injeksi.

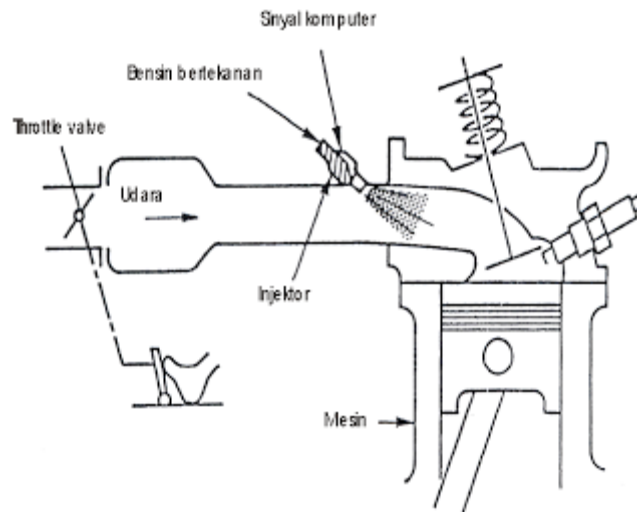
7. *Oxygen (O₂) Sensor*

Sensor O₂ berfungsi untuk memperbaiki campuran udara dan bahan bakar dengan cara mendeteksi konsentrasi oksigen yang dikandung di dalam gas buang. Mampu mendeteksi konsentrasi oksigen pada gas buang dengan akurat.



Gambar 2.4. *Oxygen sensor*

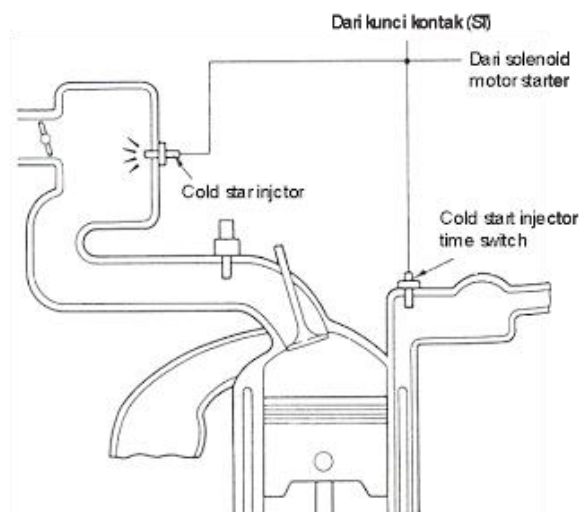
2.3 Cara Kerja Pada Injeksi Kendaraan



Gambar 2.5. Sistem Injeksi

Pada sistem penginjeksian secara elektronik, bensin disemprotkan bukan berdasarkan kevacuuman pada intake manifold melainkan karena adanya respon terhadap suatu sinyal listrik dari komputer ke injector.

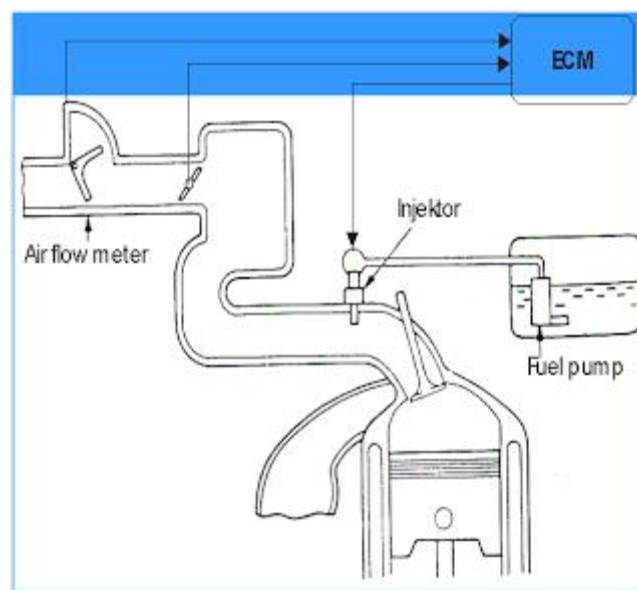
1. *Starting* - Injeksi



Gambar 2.6. Starting Sistem Injeksi

Putaran mesin, jumlah udara yang masuk dan temperatur mesin yang masih dingin akan dideteksi oleh sensor yang akan memberikan input kepada komputer untuk mengaktifkan cold start injector (untuk beberapa type) atau mengaktifkan semua injector selama mesin starting (untuk type tertentu) untuk memperkaya campuran.

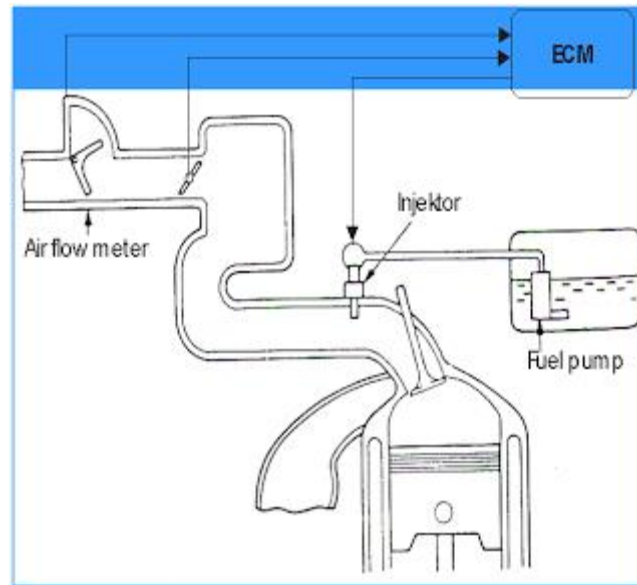
2.Akselerasi – Injeksi



Gambar 2.7. Akselerasi Sistem Injeksi

Apabila komputer mendeteksi adanya pembukaan throttle secara tiba-tiba, diikuti dengan berubahnya aliran udara atau kevacuuman pada intake manifold yang berubah secara drastis maka komputer akan mengirimkan sinyal ke semua injektor untuk bekerja secara bersamaan.

3.High Power Output - Injeksi



Gambar 2.8. High Power Sistem Injeksi

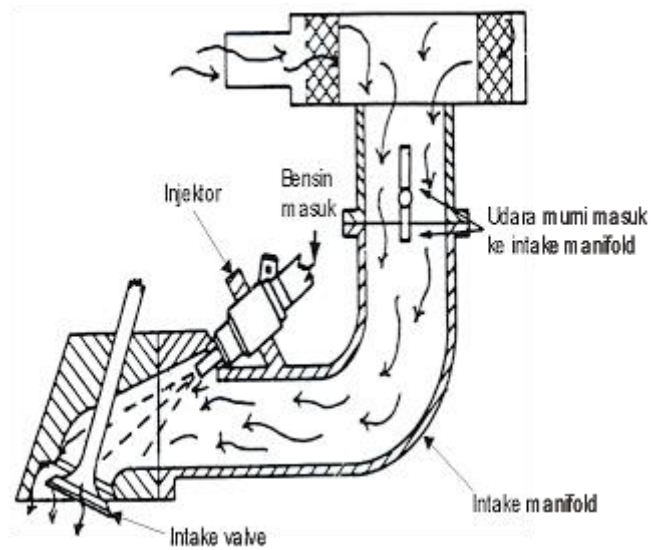
Saat throttle valve terbuka semakin besar maka komputer akan mengkombinasikan dengan aliran udara masuk atau tingkat kevacuuman di intake manifold untuk menghitung besarnya beban. Komputer akan mengirim sinyal ke injektor untuk merubah lamanya waktu injektor terbuka (injection pulse width), untuk memperkaya campuran

2.3.1. Jenis – Jenis EFI

Secara Umum *Electronic Fuel Injection* dibagi menjadi :

- Berdasarkan jumlah injektornya
- Berdasarkan penempatan injektornya
- Berdasarkan deteksi udara masuk

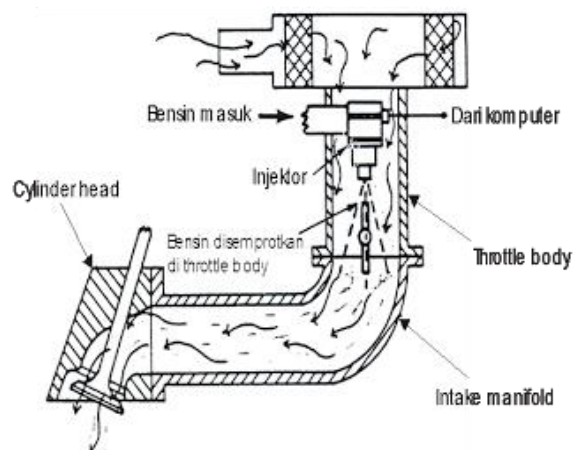
1. *Single Point Injection*



Gambar 2.9. Single Point Injection

Single Point Injection System biasa disebut juga *Throttle Body Injection* (TBI). Sebuah injektor terletak di *throttle body* pada *intake manifold*, bensin disemprotkan ditengah-tengah intake manifold untuk menyuplai kebutuhan semua silinder.

2. Multi Point Injection



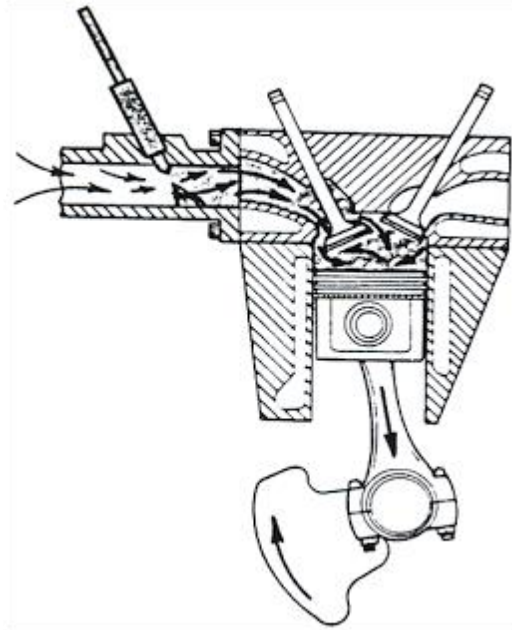
Gambar 2.10. Multi Point Injection

Multi Point Injection System mempunyai injektor pada setiap saluran untuk menyuplai bensin pada masing-masing silinder. Bensin disemprotkan ke

masing-masing saluran pada *intake valve*. Oleh Karena itu istilah *Multi Point* (lebih dari satu lokasi/titik) *Fuel Injection* digunakan.

2.3.2. Berdasarkan Penempatan Injektornya

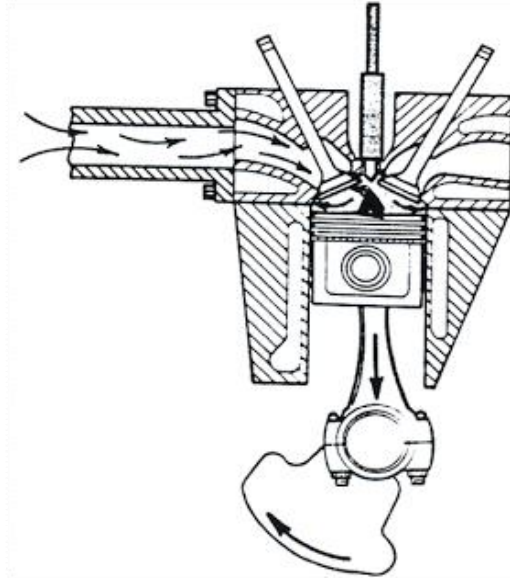
1. *Indirect Injection*



Gambar 2.11. *Indirect Injection*

Indirect injection system menyemprotkan bahan bakar ke *intake manifold* seperti yang digunakan pada system penginjeksian mesin bensin, bensin disemprotkan tidak langsung ke dalam ruang bakar.

2. Direct Injection



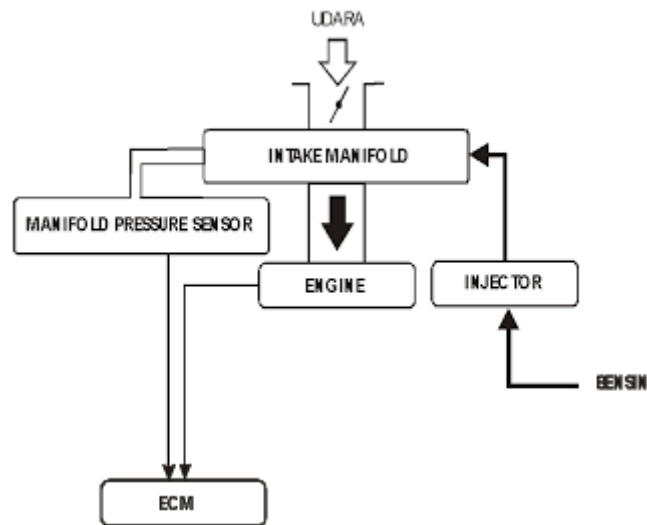
Gambar 2.12. Direct Injection

Pada *direct injection* system bahan bakar disemprotkan langsung ke dalam ruang bakar. Sistem penginjeksian langsung ini digunakan di sistem penginjeksian mesin diesel.

2.3.3. Berdasarkan Deteksi Udara Masuk

Berdasarkan metoda pendeteksian udara masuk *Electronic Fuel Injection* dapat digolongkan menjadi 2 type, yaitu :

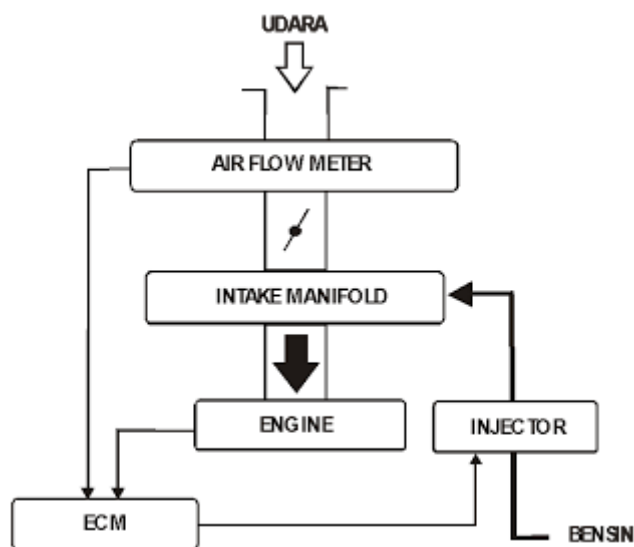
1.D-Jetronic



Gambar 2.13. D-Jetronic

Komputer mendapatkan input jumlah udara yang masuk ke *intake* air chamber dari sebuah sensor yang pasangankan di *intake manifold* atau mendapatkan sumber identifikasi dari kevacuman *intake manifold*. Input inilah yang dijadikan dasar penginjeksian selain input dari putaran mesin

2.L-Jetronic



Gambar 2.14. L-Jetronic

Pada type ini komputer mendapat input jumlah udara masuk dari sebuah sensor yang ditempatkan sebelum *throttle body*. Kecepatan aliran udara yang masuk akan dideteksi oleh sebuah *heat resistant* yang akan berubah-ubah nilai tahanannya sesuai kecepatan alir udara sehingga komputer akan mengetahui jumlah udara yang masuk sebagai dasar lamanya penginjeksian bensin.

2.4. Waktu dan Lamanya Penginjeksian

Seperti sudah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya bahwa banyak sedikitnya bensin yang diinjeksikan sesuai dengan input dari 2 sensor, yaitu sensor jumlah udara masuk dan sensor putaran mesin (*basic injection volume*). Sedangkan waktu penginjeksian ditentukan oleh program ECU.

2.4.1. Dasar waktu penginjeksian secara umum dibagi 3, yaitu:

1. *Intermittent* (sebentar-sebentar)

Pada *intermittent fuel injection system*, terbuka dan tertutupnya katup injector tidak melihat kondisi kerja *intake valve*. Jadi pada sistem penginjeksian ini mungkin penyemprotan bensin ke mesin ketika *intake valve* terbuka atau ketika *intake valve* tertutup. *Intermittent injection* sistem biasa disebut juga *Modulation Injection System*.

2. *Timed* (yang diatur oleh waktu)

Pada *timed injection system*, bensin betul-betul menyemprot ke dalam mesin sebelum atau saat *intake valve* terbuka. Penyemprotan bensin pada sistem ini selalu melihat kondisi kerja *intake valve*.

3. *Continuous* (berlanjut)

Pada *continuous fuel injection system*, bensin disemprotkan ke dalam *intake manifold* setiap waktu (terus menerus) selama mesin berputar. Pengontrolan perbandingan campuran udara – bensin dengan cara menambah atau mengurangi tekanan pada *injector*. Dengan cara ini akan menambah atau mengurangi bensin yang keluar dari *injector*.

2.4.2. Hubungan Waktu Terbukanya Injektor

Ada beberapa type terbukanya injektor, diantaranya adalah :

1. *Simultaneous injection*

Simultaneous injection berarti semua *injector* terbuka secara bersamaan, semua *injector* menerima perintah dari ECU (*pulse ON & OFF*) secara bersamaan.

2. *Sequential Injection*

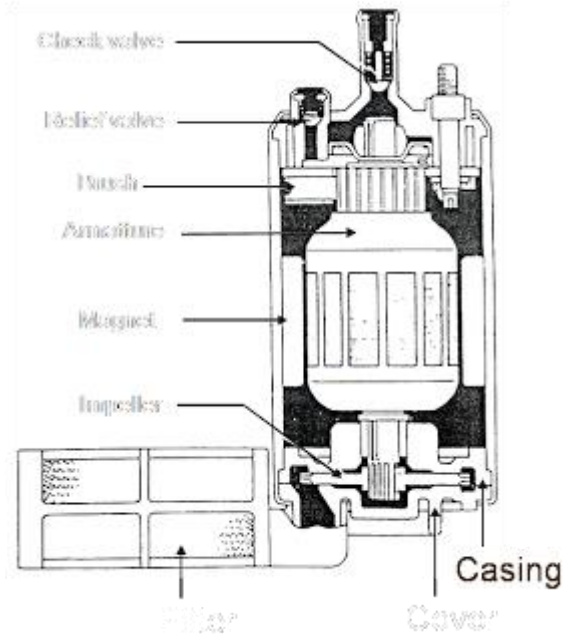
Pada *sequential injection*, *injector* terbuka satu persatu secara bergantian sesuai dengan waktu penginjeksian yang sudah ditentukan oleh ECU.

2.5. *Fuel Delivery System*

Perbedaan paling mendasar antara *system carburator* dengan *system injeksi* pada suplai *system* bahan bakar adalah bahwa pada *system injeksi* suplai bahan bakar dari tangki bensin ke ruang bakar dikontrol secara elektronik oleh ECM, sedangkan pada *system carburator* suplai bensin dari tangki ke ruang bakar masih dikontrol oleh kunci kontak.

2.5.1. Komponen utama dari *fuel delivery system*.

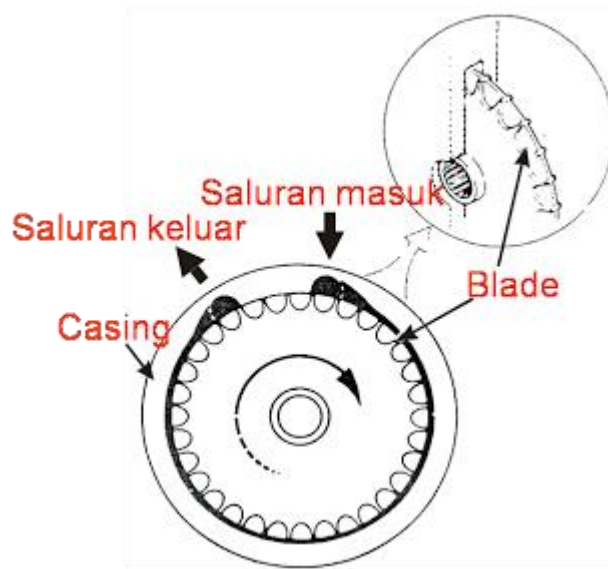
1. *Fuel Pump*



Gambar 2.15. *Fuel Pump*

Pada semua *type* mesin dengan injeksi, penempatan pompa bensin selalu ada di dalam tangki bensin. *Type* yang digunakan adalah elektrik dengan motor listrik. Pompa terdiri dari motor, pompa itu sendiri, *check valve*, *relief valve* dan filter yang diletakkan di saluran masuk pompa.

2. Pompa Turbin



Gambar 2.16. Pompa Turbin

- Terdiri dari satu atau dua *impeller* yang diputar oleh motor, *casing* dan *pump cover* tersusun menjadi satu unit. Bila motor berputar maka impeller akan ikut berputar.
- Bilah pada bagian luar impeller menghisap bensin dari saluran masuk dan didorong keluar melalui saluran keluar.
- Bensin yang dikeluarkan dari saluran keluar akan melalui sekitar motor (motor terendam bensin) dan dialirkan keluar dari pompa melalui *check valve*.

3. Check Valve

Check valve akan tertutup bila pompa bensin berhenti bekerja. *Check valve* dan *fuel pressure regulator* keduanya mempertahankan sisa tekanan di dalam system saluran bensin bila mesin berhenti, supaya mudah pada saat menghidupkan mesin kembali. Tekanan bensin yang rendah pada saluran akan memudahkan penguapan pada temperatur tinggi dan mesin akan sulit saat dihidupkan kembali.

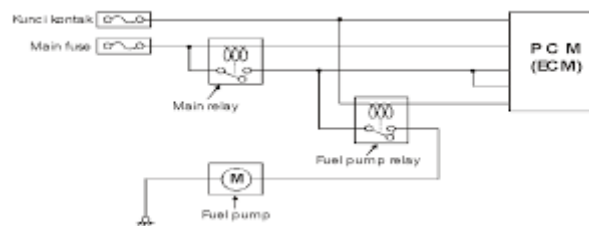
4. *Relief Valve*

Relief valve akan menjaga tekanan bensin supaya tidak lebih dari yang diperbolehkan untuk menghindari kerusakan pada pompa ataupun pada pipa dan slang bensin.

Bekerjanya *fuel pump* dikontrol oleh ECM. Ada 3 kondisi *fuel pump* akan bekerja, yaitu :

- 3 (tiga) detik setelah kunci kontak *ON*
- Saat mesin di starter
- Saat mesin berputar (hidup)

5. *Wiring Diagram Fuel Pump*

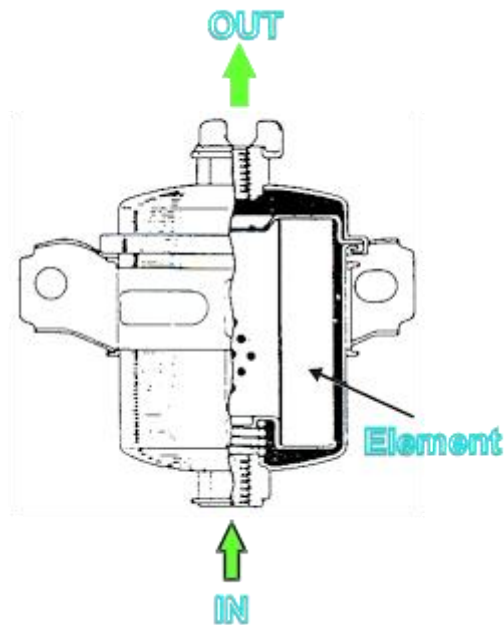


Gambar 2.17. *Wiring Diagram Fuel Pump*

Apabila kunci kontak di *ON* kan, maka PCM (ECM) akan menggroundkan *main relay* dan *fuel pump relay*. Apabila selama 3 detik PCM (ECM) tidak menerima signal dari motor starter dan signal putaran mesin maka PCM (ECM) akan memutus *ground fuel pump relay*.

PCM (ECM) akan selalu menggroundkan *relay* apabila menerima *signal* dari motor starter atau selama menerima signal putaran mesin

6. *Fuel Filter*



Gambar 2.18. *Fuel Filter*

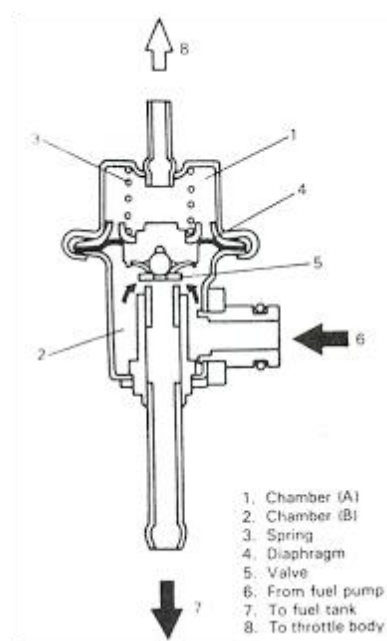
Berfungsi menyaring kotoran – kotoran dan partikel asing lainnya dari bensin supaya tidak masuk ke *injector*. *Fuel filter* dipasang pada saluran tekanan tinggi dari *fuel pump*. *Fuel filter* ada yang diletakkan diluar tangki bensin, ada juga yang diletakkan di dalam tangki bensin.

7. *Fuel Pressure Regulator*

Berfungsi mengatur tekanan bensin yang menuju ke *injector* . Jumlah injeksi bensin dikontrol sesuai lamanya signal yang diberikan ECM ke *injector*, oleh karena itu tekanan tekanan yang tetap pada *injector* harus dipertahankan.

Karena adanya perubahan tekanan pada bensin (dikarenakan injeksi bensin oleh *injector*) dan variasi perubahan *vacuum intake manifold*, jumlah bensin yang diinjeksikan sedikit berubah sekalipun *signal* injeksi dan tekanan bensin tetap. Oleh karena itu agar jumlah injeksinya tepat, tekanan bensin harus dipertahankan pada $2,1 \sim 2,6 \text{ kg/cm}^2$

- ***Cara Kerja Fuel Pressure Regulator***



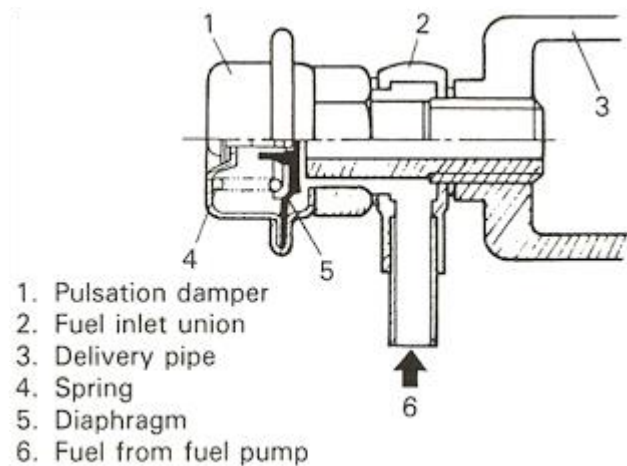
Gambar 2.19. Fuel Pressure Regulator

Tekanan bensin dari *delivery pipe* menekan diaphragm, membuka *valve*, sebagian bensin kembali ke tangki melalui pipa pengembali. Jumlah bensin yang kembali ditentukan oleh tingkat ketegangan pegas diaphragm, variasi tekanan bensin sesuai dengan jumlah bensin yang kembali. *Vacuum intake manifold* yang dihubungkan pada bagian sisi diaphragm *spring*, melemahkan tegangan pegas, menambah jumlah kembalinya bensin dan menurunkan tekanan bensin . dengan

demikian bila *vacum intake manifold* besar maka tekanan bensin akan menurun, demikian juga sebaliknya.

Bila *fuel pump* berhenti bekerja maka *spring* akan menutup katup. Akibatnya *check valve* pada pompa dan katup di dalam *fuel pressure regulator* mempertahankan sisa tekanan di dalam saluran bensin. Kerusakan pada *pressure regulator* akan menyebabkan mesin sulit hidup, idling kasar dan tenaga mesin berkurang.

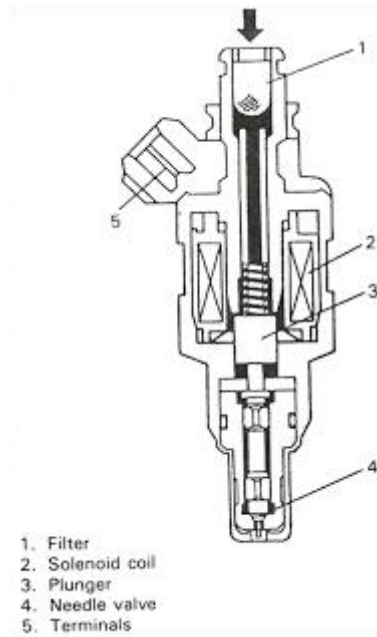
8. *Pulsation Dumper*



Gambar 2.20. *Pulsation Dumper*

Pulsation dumper terpasang pada *Delivery Pipe* berfungsi menyerap variasi tekanan bensin yang diakibatkan perubahan kevacuman *intake manifold* dan penginjeksian bensin oleh *injector*, untuk membantu mempertahankan tekanan bensin pada 2,1 – 2,6 kg/cm² di dalam pipa pembagi (*delivery pipe*).

9. Injector



Gambar 2.21. Injector

Injector adalah nosel *electromagnet* yang bekerjanya dikontrol oleh ECM untuk menginjeksikan bensin ke *intake manifold*. *Injector* dipasang di ujung *intake manifold* dekat *intake port* (lubang pemasukan) dan dijamin oleh *delivery pipe*.

Cara kerja:

Bila signal dari ECM diterima oleh *coil solenoid*, maka *plunger* akan tertarik melawan kekuatan pegas. Karena *needle valve* dan *plunger* merupakan satu unit, *valve* juga akan tertarik dari dudukan dan bensin akan disemprotkan selama katup terbuka. Pengaturan banyak sedikitnya bensin yang disemprotkan sesuai dengan lamanya *signal* dari ECM (lamanya katup terbuka), karena langkah *needle valve* tetap.

Type Injector

Secara umum type konstruksi dasar *injector* adalah :

Bentuk lubang injeksi

- Tipe *pintle* (penyemprotannya baik)
- Tipe *hole* (sulit untuk tersumbat)

Nilai *resistance*

- *Resistance* rendah (2 ~ 3 ohm)
- *Resistance* tinggi (11 ~14 ohm)

2.6. Kelebihan dan Kekurangan Menggunakan Sistem Injeksi

Dalam penggunaan sistem injeksi bahan bakar ini terdapat beberapa kelebihan, antara lain:

1. Terjadinya pembakaran yang sempurna pada ruang bakar, sehingga emisi gas buang yang dihasilkan *relative* lebih sedikit.
2. Teknologi injeksi bahan bakar berkonsep bebas perawatan.
Pada saat *service*, pembersihan dilakukan hanya pada bagian penyaring udara, busi, dan pengaturan klep.
3. *Air-fuel ratio* sangat mempengaruhi kesempurnaan pembakaran pada mesin. Standar AFR pada motor adalah 14,7:1 yang artinya 14,7 udara dan 1 bensin. AFR dapat berubah-ubah, misalnya pada saat kondisi mesin dingin AFR 5:1, pada saat idle AFR

11:1, akselerasi 8:1, dan pada saat pemakaian ekonomis 40-60 km/jam AFR 16-18:1. Sehingga konsumsi bahan bakar pada motor injeksi lebih irit dibandingkan karburator.

Selain kelebihan, dalam sistem injeksi bahan bakar juga terdapat kekurangannya, antara lain:

1. Terjadinya proses yang panjang dari sensor pengatur jumlah udara dan laporan dari sensor-sensor lainnya, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk berakselerasi.
2. Injeksi bahan bakar termasuk teknologi baru, tidak semua bengkel umum mampu memperbaiki di saat terjadi permasalahan pada kendaraan.
3. Semua perangkat terutama *engine control module* menggunakan elektronik, sehingga rentan mati apabila mengalami guncangan atau benturan keras. Pada saat terjadi hal tersebut, kendaraan berpeluang tidak bisa dihidupkan kembali, karena mengalami kerusakan pada *engine control module*. Biaya perbaikan membutuhkan biaya yang relatif masih mahal.

2.7. Asas Bernoulli

2.7.1. Asas Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu fluida yang memiliki kecepatan akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Persamaan Bernoulli dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Keterangan : P_1 = Tekanan pada fluida satu (atm)

P_2 = Tekanan pada fluida dua (atm)

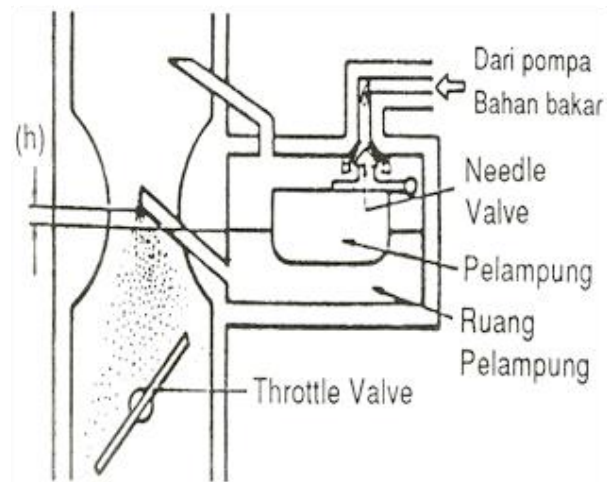
v_1 = kecepatan fluida satu (m/s)

v_2 = kecepatan fluida dua (m/s)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

2.7.2 Penerapan Hukum Bernoulli Pada Sistem Bahan Bakar



Gambar 2.22. Throttle body

Daerah venturi langsung langsung terhubung dengan saluran bahan bakar dari karburator, ketika mesin dinyalakan kemudian terjadi langkah hisap oleh piston, berdasarkan langkah hisap udara akan mengalir menuju daerah venturi yang mengakibatkan kevakuman, ini mengakibatkan perbedaan tekanan, sehingga bahan bakar terhisap menuju ruang bakar.

2.8. Pneumatik

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan. Kata pneumatik berasal dari Bahasa Yunani “pneuma” yang berarti “nafas” atau “udara”. Jadi pneumatik berarti terisi udara atau digerakan oleh udara mampat¹¹.

2.8.1. Kelebihan Pneumatik

Beberapa keuntungan dalam penggunaan dan penerapan sistem pneumatik antara lain adalah¹²:

- a. Fluida kerjanya mudah didapat dan mudah diperoleh
 - 1). Udara ada dimana saja dan jumlahnya tidak terbatas
 - 2). Saluran balik tidak diperlukan karena udara bekas
dapat dibuang dengan bebas.
- b. Dapat disimpan dengan baik
 - 1). Pengangkutan dan penyimpanan dapat dilakukan
pada tangki-tangki penampungan
- c. Bersih dan kering
 - 1). Jika terjadi kebocoran pada saluran pipa benda kerja maupun

¹¹ Thomas Krist. *Dasar - Dasar Pneumatik* (Jakarta: Erlangga, 1993), h. 1.

¹² *Ibid.*, hh. 6 - 8

bahan-bahan tidak menjadi kotor

2). Jika terjadi kerusakan pada saluran pipa-pipa tidak akan terjadi

pengotoran, bintik minyak dan sebagainya.

d. Aman terhadap kebakaran dan ledakan.

e. Tidak diperlukan pendinginan.

f. Mudah dalam perawatan.

1). Konstruksinya sangat sederhana sehingga peralatan-peralatan udara mampat hampir tidak peka terhadap gangguan.

2). Komponen-komponennya sangat mudah dipasang dan dapat dibuka sehingga bisa digunakan kembali untuk penggunaan lainnya.

2.8.2. Kekurangan Pneumatik.¹³

a. Tidak mungkin untuk mewujudkan kecepatan-kecepatan torak dan pengisian yang tetap, tergantung dari bebannya.

b. Udara yang ditiup ke luar menyebabkan kebisingan (desisan) mengalir ke luar, yang terutama dalam ruang-ruang kerja sangat mengganggu.

c. Kelembapan udara dalam udara mampat pada waktu suhu menurun dan tekanan meningkat dipisahkan

¹³ *Ibid.*, hh. 9 – 10.

- sebagai tetesan-tetesan air (air embun).
- d. Pada waktu pemuaian (expansion) tiba-tiba (di belakang pemakai udara mampat) dan penurunan suhu yang bertalian dengan pemuaian tiba-tiba ini, dapat terjadi pembentukan es.
 - e. Suatu silinder pneumatik mempunyai kemampuan daya tekan yang terbatas.
 - f. Suatu gerakan teratur hampir tidak dapat diwujudkan apabila terjadi perubahan beban.
 - g. Tidak ada sinkronasi, menjalankan sama-sama (mensinkronkan) dua silinder atau lebih sangat sulit dilaksanakan.

2.9. Usaha Mesin (*Work*)

Secara umum usaha merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa besar suatu gaya dapat melakukan perpindahan pada suatu sistem. Jadi, usaha adalah suatu pergerakan aktual yang dapat atau telah dilakukan ketika suatu gaya diberikan pada objek atau sistem, sehingga dapat diekspresikan dalam bentuk *feet – pound* atau joule¹⁴. Dalam Ilmu Fisika perhitungan usaha atau *work* didapat dengan mengalikan gaya dengan besarnya perpindahan yang terjadi akibat gaya tersebut dan memiliki besaran skalar.

¹⁴ James D. Halderman, *opcit*, h.107

Pada mesin 4 langkah persamaan dari usaha dapat diperlihatkan sebagai berikut ,

$$W = \int F dx = \int P A_p dx \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

P = tekanan di dalam ruang bakar

A_p = luas permukaan dimana tekanan bekerja

x = jarak perpindahan piston

Karena , A_p dx =

$$dV \dots\dots\dots(2.2)$$

merupakan volume yang dipindahkan oleh piston. Maka,

$$W = \int P dV \quad (\text{joule}) \dots\dots\dots(2.3)$$

Jika mesin multsilinder maka usaha yang digunakan sebaiknya usaha spesifik dan volumenya juga spesifik, sehingga persamaannya menjadi,

$$w = \int P dv \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Usaha spesifik dibagi menjadi *indicated work* dan *brake work*. *Indicated work* adalah usaha ideal yang terjadi pada ruang bakar. Sedangkan *brake work* adalah usaha bersih setelah usaha ideal dikurangi oleh *parasitic load* dan *friction*. Sehingga,

$$w_b = w_i - w_f \quad (\text{kJ/kg}) \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan : w_f = usaha yang hilang karena gesekan dan *parasitic load*

Kemudian berdasarkan grafik usaha dapat dibagi menjadi *gross indicated work* yang melibatkan pengaruh dari langkah kompresi dan langkah usaha, serta *pump work* yang melibatkan pengaruh langkah *intake* dan *exhaust*¹⁵. Didapatkan persamaan,

$$W_{net} = W_{gross} - W_{pump} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.10. Torsi (Torque)

Torsi adalah salah satu indikator kemampuan mesin untuk melakukan kerja atau usaha dan merupakan besaran vektor. Torsi adalah kecenderungan sebuah gaya untuk memutar suatu object atau sistem terhadap suatu poros¹⁶. Torsi diekspresikan dengan satuan pound force – feet atau Nm. Torsi berhubungan dengan usaha seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut¹⁷ :

$$2\pi\tau = W_b = (bmep)V_d/n \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

W_b = *brake work* selama satu kali revolusi

V_d = volume yang dipindahkan piston

N = jumlah revolusi mesin per siklus

Untuk mesin 4 langkah yang mengalami 2 putaran mesin setiap siklusnya, didapatkan persamaan torsi sebagai berikut,

$$\tau = (bmep)V_d/4\pi \dots\dots\dots(2.8)$$

$Bmep$ (merupakan tekanan efektif bersih rata rata), dan W_b digunakan karena torsi diukur diluar crankshaft, atau tidak ideal.

¹⁵ Willard W. Pulkrabek, opcit, h.44-47

¹⁶ Raymond A. Serway and John W. Jewett, *Principles of Physics* (London:David Harris)h.303

¹⁷ Willard W. Pulkrabek, opcit., h.50

2.11. Tenaga Mesin (*Power*)

Tenaga atau *power* merupakan *work rate* atau usaha yang dilakukan mesin tiap satuan waktunya. Tenaga mesin memiliki satuan kW (kilowatt), atau HP (horse power), atau BTU/hr, atau ft-lbf/s. Beberapa persamaan yang menunjukkan tenaga mesin adalah sebagai berikut :

$$W = WN/n \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\dot{W} = 2\pi N\tau \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\dot{W} = \left(\frac{1}{2n}\right) (mep)A_p\overline{U}_p \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\dot{W} = (mep)A_p\overline{U}_p/4 \text{ (khusus untuk mesin 4 langkah) } \dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

N = kecepatan mesin dalam RPM

n = jumlah revolusi dalam satu siklus

\overline{U}_p = Kecepatan rata rata gerak piston (m/s)

2.12. Konsumsi Bahan Bakar (BSFC)

Brake Spesific Fuel Consumption (BSFC) adalah jumlah bahan bakar per waktunya untuk menghasilkan daya sebesar 1 Hp. Jadi BSFC adalah ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar.¹⁸

$$BSFC = m_f/W_b$$

Dengan BSFC = Brake Spesific Fuel Consumption (kg/jam.kW)

m_f = laju aliran bahan bakar ke mesin

W_b = daya poros (kW)

¹⁸ Willard W. Pulkrabek, opcit., h.64

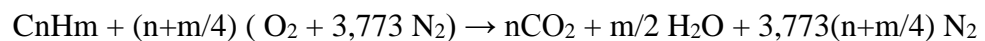
2.13. Emisi Gas Buang

Polusi udara kendaraan bermotor berasal dari gas buang sisa hasil pembakaran bahan bakar yang tidak terurai atau terbakar dengan sempurna. Emisi gas buang yang buruk diakibatkan oleh pembakaran tidak sempurna bahan bakar di ruang bakar. Unsur yang terkandung dalam gas buang antara lain CO, NO₂, HC, C, H₂, CO₂, H₂O dan N₂, dimana banyak yang bersifat mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara dan mengganggu kesehatan hingga dapat menimbulkan kematian pada kadar tertentu.

2.13.1 Proses Pembakaran

Pembakaran pada motor bakar torak adalah proses reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen yang terjadi dalam ruang bakar, yang menghasilkan energi kalor. Oksigen ini diperoleh dari campuran bahan bakar dengan udara yang masuk ke dalam mesin. Komposisi dari udara tersebut sebagian besar mengandung oksigen dan nitrogen serta sebagian kecil dari udara tersebut mengandung gas yang lain.

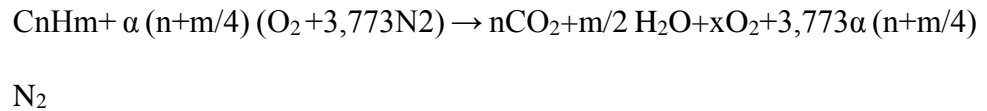
Bahan bakar yang lazim digunakan pada mesin SI 4 langkah adalah bensin (gasoline). Rumus kimia dari bensin adalah C_nH_m, dengan perbandingan atom hidrogen dan karbon $1.6 < H/C < 2.1$. Adapun reaksi pembakaran bahan bakar hidrokarbon secara umum adalah:



Persamaan reaksi kimia di atas menunjukkan reaksi pembakaran yang sempurna dari 1 mol bahan bakar. Selama proses pembakaran, senyawa hidrokarbon terurai menjadi senyawa-senyawa hidrogen dan

karbon yang masing-masing bereaksi dengan oksigen membentuk CO₂ dan H₂O.

Pada saat proses pembakaran dimana terdapat kelebihan udara, $\alpha > 1$, gas hasil pembakaran akan mengandung O₂. maka reaksi pembakaran di atas akan berubah menjadi:

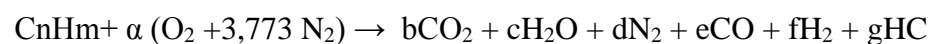


Dimana:

α = koefisien kelebihan udara

$$x = \text{jumlah mol pada sisa oksigen} \\ = 0,5 [2\alpha (n+m/4) - (2n + m/2)]$$

Untuk komposisi campuran bahan bakar dan udara dimana $\alpha < 1$, maka akan terjadi kekurangan O₂ untuk proses pembakaran. Sehingga membuat reaksi pembakaran berlangsung tidak sempurna. Akibat kekurangan ini, akan terbentuk gas CO serta terdapat sisa gas H₂ dan hidrokarbon HC yang belum sempat terbakar. Reaksi ini dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



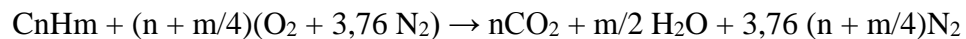
Jumlah mol dari masing-masing gas buang tersebut dapat diketahui melalui pengukuran dan analisa gas buang.

Nitrogen tidak berperan pada proses pembakaran, namun pada temperatur yang tinggi nitrogen akan bereaksi membentuk senyawa NO.

setelah proses pembakaran, NO ini masih bereaksi dengan oksigen membentuk NO₂, yang merupakan gas berbahaya bagi kesehatan.

2.13.2. Persamaan Reaksi Pembakaran

Persamaan reaksi pembakaran teoritis antara hidrokarbon dengan udara adalah sebagai berikut:



Persamaan diatas menyatakan perbandingan stokiometris dari udara bahan bakar yang tersedia cukup oksigen untuk mengubah seluruh bahan bakar menjadi produk yang bereaksi sempurna AFR stoikometris tergantung komposisi kimia bahan bakar.

2.13.3. Nilai Emisi Mesin Bensin

- CO (carbon monoxide) Karburator Karburator=2% EFI=1% Katalisator Katalisator=0% =0%
- HC (hydrocarbon) Karburator=400ppm =400ppm EFI=200ppm Katalisator=50ppm =50ppm
- CO₂ (carbon dioxide) Karburator Karburator=EFI= Katalisator=minimal 12%
- O₂ (oxygen) Karburator=EFI= 0,5s/d 2% =EFI= Katalisator Katalisator=0%

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Farm Tuning Jl.Pertanian I No.88 B ,Lebak Bulus, Cilindak Jakarta Selatan untuk pengujian dinamometer pada kendaraan bermotor dan Laboratorium Otomotif Universitas Negeri Jakarta Jl. Rawamangun Muka, RT. 11/RW. 14, Jakarta Timur, 13220 Waktu penelitian adalah pada tanggal 25 April 2017, dan 20 April 2017.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

a. Sepeda Motor

Sepeda motor yang digunakan adalah sepeda motor Honda Vario 125cc PGM-FI, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Volume Langkah : 124,8 cc
- Diameter x langkah : 52,4 x 57,9 mm
- Perbandingan komp. : 11 : 1
- Kapasitas pelumas mesin : 0,8 L
- Tipe Kopling : Otomatis, sentrifugal, tipe kering
- Tipe Transmisi : Otomatis
- Sistem pengapian : *Full Transisterize*
- Starter : Pedal dan Elektrik
- *Fuel pump pressure* : 2,94 bar

b. ***Pressure gauge***

Pressure gauge digunakan sebagai alat pengukur tekanan pada sistem pneumatik yang akan digunakan untuk mengatur jumlah tekanan yang akan menekan bahan bakar pada *apave* atau tanki bahan bakar.



Gambar 3.1 *Pressure Gauge*

Size : 2 ½ Inch Bottom
 Range : 0 – 6 kg / cm² / psi
 Connection : ¼” NPT

c. **Avape atau tanki bahan bakar**

Avape atau tanki bahan bakar digunakan untuk menampung bahan bakar dan udara bertekanan yang akan masuk keruang bakar.pemakaian avape ini dikarenakan dalam penelitian ini menggunakan pompa bahan bakar pneumatik.



Gambar 3.2 *Apave* atau Tangki Bahan Bakar

d. Dinamometer

Merk :Dyno Dynamics

Model :Lowboy chassis AWD

Spesifikasi

- Daya maksimal :940HP
- Torsi maksimal : 1254 lbs-ft
- *Load Control System* : *Eddy Current*
- Kontrol Kecepatan atau RPM : *Closed Loop*
- *Primary Wire Inductive Tachometer* : ada
- *Secondary Inductive Pickups* : ada
- Kapasitas beban : 4.500kg

e. *ExHaust Gas Analyzer*

ExHaust gas analyzer yang digunakan adalah dengan tipe KEG-500 |



Gambar 3.3. ExHaust Gas Analyzer

Parameters	:	Range	Resolution
O ₂	:	0 - 25%	0,01%
CO	:	0 - 9,999%	0,1%
CO ₂	:	0 - 20%	0,01%
HC	:	0 - 10,000 ppm	1 ppm (<i>part per million</i>)
NO _x	:	0 - 5000 ppm	1 ppm (<i>part per million</i>)
AFR	:	0,0 - 99,0	0,01
- Measuring Item	:	CO, HC, CO ₂ , O ₂ , (air surplus rate), AFR, Nox	

- Measuring Method : HC,CO, CO₂- NDIR(Non-dispersive infrared)
- : O₂, NO_x-Electro Chemical
- Repeatability : Less than ± 2% FS
- Response Time : Within 10 seconds (more than 90%),
- Warming up time : 2 - 8 minutes
- Flow rate : 4 - 6 L/min
- Power supply : 220V
- Printer tipe : Built-in thermal printer

- Measuring item : Smoke opacity (%, k [m-1])
- : RPM (option), °C (option)

- Principle : Light extinction method
- Light source : Green LED(565nm)
- Detector : Photo diode
- Range : 0.0~100.0% (0.00~21.42m-1)
- Accuracy : Less than 1%
- Warm-up time : 3~6 minutes
- Display time : 4 times /sec
- Power : 220V / 110V AC 50/60Hz
- Temperature : -10~40°C

- Dimension : 450(W) x 200(D) x 245(425)(H) mm
- Weight : About 7kg
- Option : Main Unit
- : RPM/ Oil temp.
- : Built-in printer
- : NDF filter

f. *Injection Cleaner and Tester*

Penggunaan *Injection Cleaner and Tester* pada penelitian ini untuk mengetahui flow rate yang terdapat pada setiap tekanan dan setiap bukaan throttle yang di ujikan .

Specification:

- Power supply : AC220V \pm 10%/50Hz~60Hz AC110V \pm 10%/50Hz~60 Hz
- Input power : 250W.
- Ultrasonic cleaning power : 100W
- Simulated RPM range : 10~9990rpm; step: 10rpm.
- Count range : 1~9999 times.
- Pulse width : 0.5~25ms; step 0.1 ms.

- Fuel tank capacity : 4700ml.
- Dimensions : 550mm×530mm×1400 mm.
- Weight : About 80kg.



Gambar 3.4. Injection Cleaner and Tester

g. Regulator

Digunakan untuk mengatur besarnya tekanan pada bahan bakar di dalam tabung bahan bakar. Untuk penelitian ini regulator di set pada angka 2,94 bar dan 3,5 bar.

- Tekanan maksimal : 10 bar
- Ketelitian : 0,2 bar



Gambar 3.5. Regulator

h. *Petbottle*

Digunakan untuk menampung udara bertekanan. Tekanan maksimal pada *petbottle* sebesar 7 bar.



Gambar 3.6. *Petbottle*

i. Burette (tabung ukur)

Digunakan untuk mengukur berapa bahan bakar yang terpakai pada kendaraan setelah selesai pengujian.

Volume tabung : 50 ml

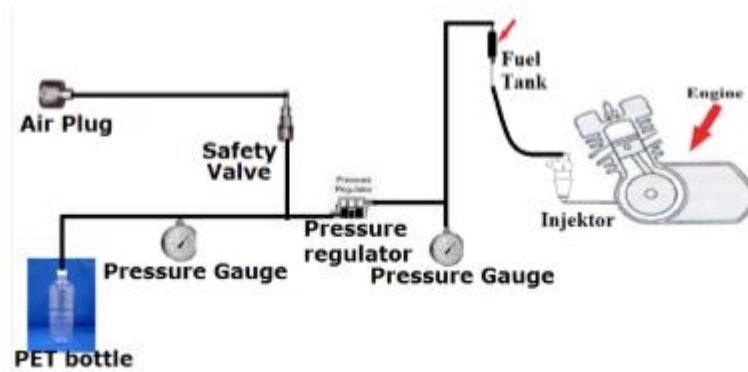
Ketelitian : 0,05 ml



Gambar 3.7. Tabung ukur

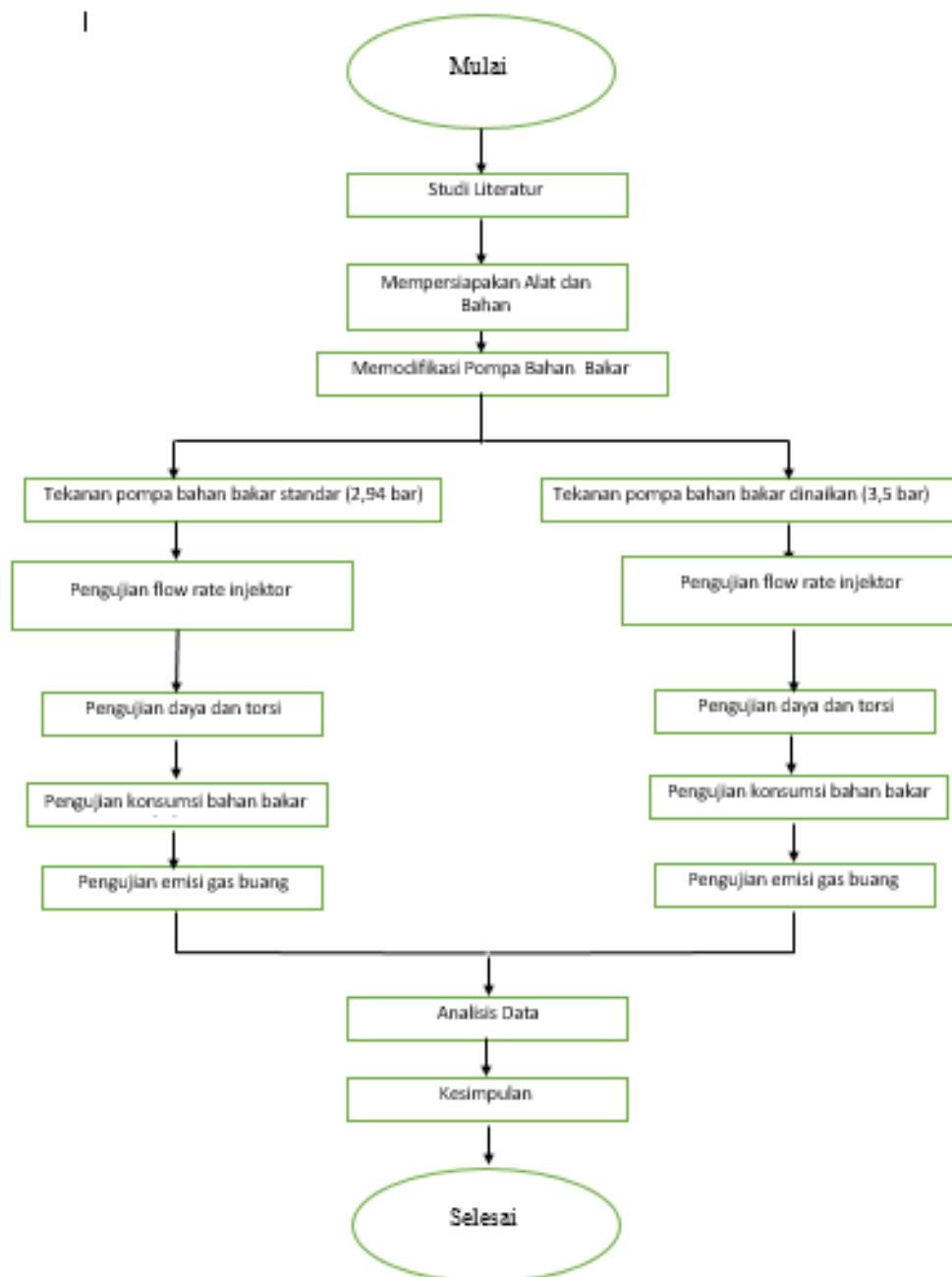
j. Diagram pompa bahan bakar pneumatik

Digunakan untuk pedoman dalam merakit dan memodifikasi pompa bahan bakar yang mulanya menggunakan elektrik menjadi pompa bahan bakar pneumatik.



Gambar 3.8. Diagram Pompa Bahan Bakar Pneumatik

3.3. Diagram Alir



Gambar 3.9. Diagram alir

3.4. Pengambilan data *Flow Rate Injector*

- Pasang injector pada alat injector cleaner and tester.
- Kemudian tentukan bukaan throttle berapa yang akan di uji.
- Lalu masukan perintah untuk RPM dan durasi pengambilan data yang diinginkan.
- Pengujian yang sama dilakukan untuk pengambilan data dengan tekanan standar (2,94 bar) dan tekanan yang ditingkatkan (3,5 bar)

3.5. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data Pada *Dyno*

- Prosedur pengujian *dyno* kendaraan bermotor, untuk mendapatkan daya ,torsi ,kosumsi bahan bakar dan uji emisi gas buang mesin
- Semua

adalah sebagai berikut :

3.5.1. Pengambilan data Daya dan Torsi

- Mula – mula mesin kendaraan dihidupkan selama kurang lebih 5 – 10 menit untuk mengkondisikan temperatur mesin supaya mampu mencapai daya dan torsi maksimal ketika mesin nantinya dipacu sampai mencapai RPM tertinggi.
- Setelah dihidupkan selama waktu yang ditentukan, pasang sepeda motor dengan posisi ban depan berada pada *wheel lock* dan kunci,

sehingga sepeda motor seimbang dan tertahan pada posisi tegak lurus.

- Posisikan ban belakang pada roller untuk melaju tanpa bergerak maju
- Pasangkan sensor pada kabel busi agar rpm dapat terpantau dikomputer
- Nyalakan komputer untuk memantau aktivitas dyno guna mengetahui daya, torsi, memantau suhu *brake* dan suhu ruangan saat pengujian, kelembaban ruangan, kecepatan mesin, kecepatan aktual kendaraan, dsb.
- Arahkan *blower* atau *centrifugal fan* pada mesin untuk menstabilkan suhu mesin pada saat diuji
- Lalu tarik pedal gas dari bukaan throttle gas dari bukaan 5° sampai dengan bukaan 50° dengan kenaikan per 5° , ini dilakukan untuk melihat perbedaan performa dari setiap bukaan throttle gas tersebut.
- Lalu pada setiap tekanan mesin dyno akan di tahan agar RPM pada bukaan throttle yang di uji tetap stabil
- Pengujian yang sama dilakukan untuk pengambilan data dengan tekanan standar (2,94bar) dan tekanan yang ditingkatkan (3,5 bar)

3.5.2. Pengambilan data Konsumsi bahan bakar

- Mula – mula memberikan tanda pada tanki bahan bakar untuk pengambilan sampel sebanyak 10ml
- Lalu tarik pedal gas dari bukaan throttle gas dari bukaan 5° sampai dengan bukaan 50° dengan kenaikan per 5° , ini dilakukan untuk melihat perbedaan performa dari setiap bukaan throttle gas tersebut.
- Lalu pada setiap tekanan, mesin *dynamometer* akan di tahan agar RPM pada bukaan throttle yang di uji tetap stabil
- Kemudian dilihat berapa lama durasi waktu yang diperlukan untuk menghabiskan sampel bahan bakar yang sebanyak 10ml tersebut dari durasi tersebut kita dapat mengetahui konsumsi per detik.
- Pengujian yang sama dilakukan untuk pengambilan data dengan tekanan standar (2,94 bar) dan tekanan yang ditingkatkan (3,5 bar)

3.5.3. Pengambilan data emisi gas buang

- Mula – mula mesin kendaraan dihidupkan selama kurang lebih 5 – 10 menit untuk mengkondisikan temperatur mesin supaya mampu mencapai daya dan torsi maksimal ketika mesin nantinya dipacu sampai mencapai RPM tertinggi.
- Setelah itu persiapkan alat untuk uji emisi, pastikan alat uji emisi sudah siap untuk digunakan.

- Kemudian masukan pipa pembaca uji emisi gas buang kedalam lubang knalpot pada sepeda motor, kemudian tunggu beberapa lama agar hasil dari uji emisi terlihat pada monitor alat uji emisi
- Lalu tarik pedal gas dari bukaan throttle gas dari bukaan 5° sampai dengan bukaan 50° dengan kenaikan per 5° , ini dilakukan untuk melihat perbedaan performa dari setiap bukaan throttle gas tersebut.
- Setelah hasil uji emisi terlihat pada monitor tekan tombol yang ada pada alat uji emisi untuk mencetak hasil uji emisi
- Pengujian yang sama dilakukan untuk pengambilan data dengan tekanan standar (2,94 bar) dan tekanan yang ditingkatkan (3,5 bar)

3.6. Teknik Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan pada proses pengujian akan dianalisis untuk memperoleh hasil akhir yang akan digunakan sebagai tingkat pembeda dari satu varian dengan varian lainnya yang ditunjukkan dari indikator penelitian tersebut dari segi teoritis yang akan memperkuat berbagai argumen dan hipotesis yang telah diajukan.

Analisis yang digunakan adalah analisis varian. Data yang digunakan adalah data maksimal banyaknya konsumsi bahan bakar dan cara pengemudiannya.

1. Mula-mula diambil pengambilan data untuk *flow rate injector*.
2. Kemudian akan diambil data pengujian daya,torsi,konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dengan tekanan standar (2,94 bar).
3. Kemudian diambil data pengujian daya,torsi,konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dengan tekanan yang ditingkatkan (3,5 bar) .
4. Hitung juga jumlah data dari masing-masing variabel yang telah diujikan.
5. Membandingkan hasil dari tekanan standar (2,94 bar) dengan tekanan yang ditingkatkan (3,5 bar) menentukan apakah perbedaan daya,torsi,konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang memiliki nilai yang signifikan atau tidak.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

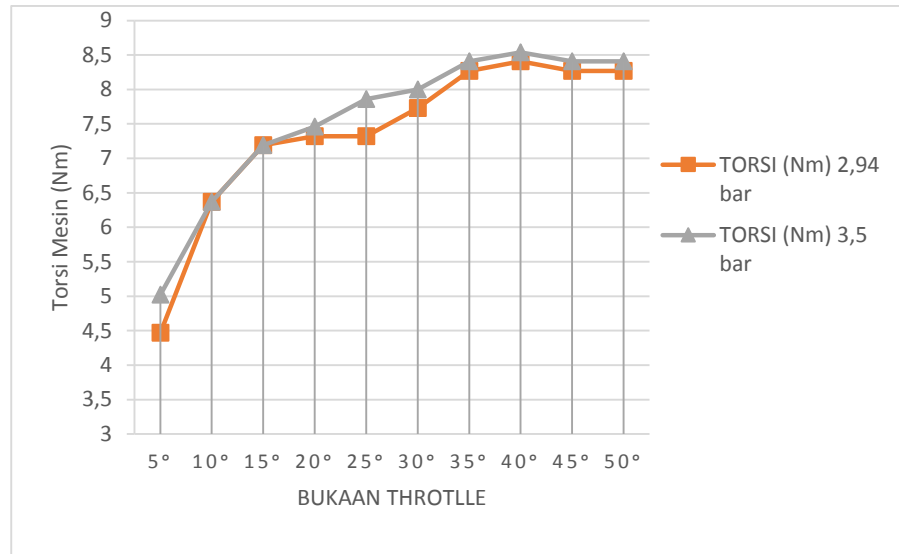
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian

Data mengenai torsi mesin motor Vario PGM-FI 125 cc di bawah ini didapatkan dari hasil pengujian langsung menggunakan dinamometer sasis dengan *eddy current brake*. Temperatur ruangan yang tercatat adalah 32,8°C sampai 33,4°C. Pengujian kendaraan bermotor tersebut menggunakan dua tekanan pompa bahan bakar yang berbeda secara bergantian dan pengujian dilakukan setiap kelipatan 5° bukaan *throttle* sampai dengan bukaan paling besar yaitu 50° . Dibawah ini merupakan hasil pengujian dynamometer, sebagai berikut :

Tabel 4.1. Torsi Mesin Vario PGM-FI 125 CC

RPM	BUKAAN THROTTLE	TORSI (Nm)		Waktu Pengujian(t)
		2,94 bar	3,5 bar	
4750	5°	4,47	5,02	180 detik
5250	10°	6,37	6,37	180 detik
6000	15°	7,19	7,19	180 detik
6500	20°	7,32	7,46	180 detik
7000	25°	7,32	7,86	180 detik
7750	30°	7,73	8	180 detik
8250	35°	8,27	8,41	180 detik
8500	40°	8,41	8,54	180 detik
9000	45°	8,27	8,41	180 detik
9750	50°	8,27	8,41	180 detik

Dari data hasil pengujian besarnya torsi mesin dengan menggunakan tekanan pompa bahan bakar yang berbeda, maka didapatkan grafik torsi – *engine speed*-bukaan *throttle* sebagai berikut :



Gambar 4.1. Grafik Torsi Mesin

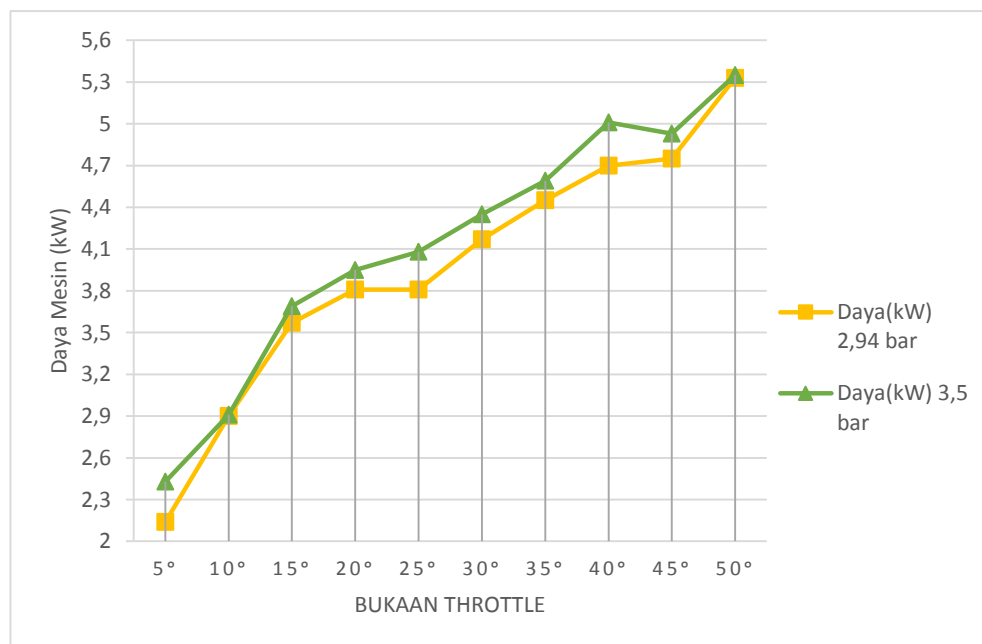
Data torsi mesin tersebut diambil dari nilai puncak dari setiap bukaan *throttle*, dimana bukaan *throttle* yang diuji yaitu kelipatan 5° bukaan *throttle* sampai dengan bukaan paling besar yaitu 50° dengan dua tekanan pompa bahan bakar yang berbeda. Torsi mesin cenderung mengalami kenaikan dari bukaan 5° *throttle* pada kecepatan mesin 4750 RPM sampai bukaan 50° *throttle* pada kecepatan mesin 9750 RPM untuk masing – masing tekanan pompa bahan bakar yang diujikan. Dapat terlihat nilai torsi dengan tekanan 3,5 bar cenderung lebih tinggi dari tekanan 2,94 bar (standar) dilihat dari grafik yang posisinya sedikit lebih tinggi. Terjadinya peningkatan RPM juga memicu *losses* yang lebih tinggi sehingga mengakibatkan energi yang ada tidak dikonversi seluruhnya dan torsi mesin mengalami penurunan nilai setelah bukaan 40° *throttle* pada kecepatan mesin 8500 RPM

Selain data torsi kendaraan, dalam pengujian didapatkan daya mesin yang diuji dengan dua tekanan pompa bahan bakar yang berbeda, sebagai berikut :

Tabel 4.2. Daya Mesin Vario PGM-FI 125cc

RPM	BUKAAN THROTTLE	Daya(kW)		Waktu Pengujian(t)
		2,94 bar	3,5 bar	
4750	5°	2,14	2,43	180 detik
5250	10°	2,9	2,91	180 detik
6000	15°	3,57	3,69	180 detik
6500	20°	3,81	3,95	180 detik
7000	25°	3,81	4,08	180 detik
7750	30°	4,17	4,35	180 detik
8250	35°	4,45	4,59	180 detik
8500	40°	4,7	5,01	180 detik
9000	45°	4,75	4,93	180 detik
9750	50°	5,33	5,35	180 detik

Dari data hasil pengujian daya mesin, didapatkan grafik daya – *engine speed*-bukaan *throttle* sebagai berikut :

**Gambar 4.2. Grafik Daya Mesin**

Data dari daya mesin ini juga diambil dari nilai puncak dari setiap bukaan throttle dengan kelipatan 5° bukaan *throttle* sampai dengan bukaan paling besar yaitu 50° dan dengan dua tekanan pompa bahan bakar yang berbeda juga. Jika dibandingkan dengan grafik torsi mesin yang terus

mengalami kenaikan sampai pada putaran mesin 8250 RPM (35° bukaan *throttle*) dan mengalami penurunan nilai pada putaran mesin 8500 RPM (40° bukaan *throttle*), tidak jauh dengan halnya dengan grafik torsi mesin, pada grafik daya mesin terlihat pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) yaitu pada putaran mesin 9000 RPM (45° bukaan *throttle*) daya mengalami penurunan nilai akan tetapi nilai tetap dibawah dari nilai maksimal daya.

Berdasarkan persamaan $P = \frac{\tau \times N}{5252}$, daya berbanding lurus dengan torsi untuk RPM yang sama. Kemudian bagaimana dengan perubahan daya dari RPM rendah ke RPM tinggi pada tiap tekanan pompa bahan bakar yang diujikan? . Berdasarkan hasil pengujian terdapat penurunan daya pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar), penurunan nilai daya terjadi pada putaran mesin 9000 RPM (45° bukaan *throttle*).

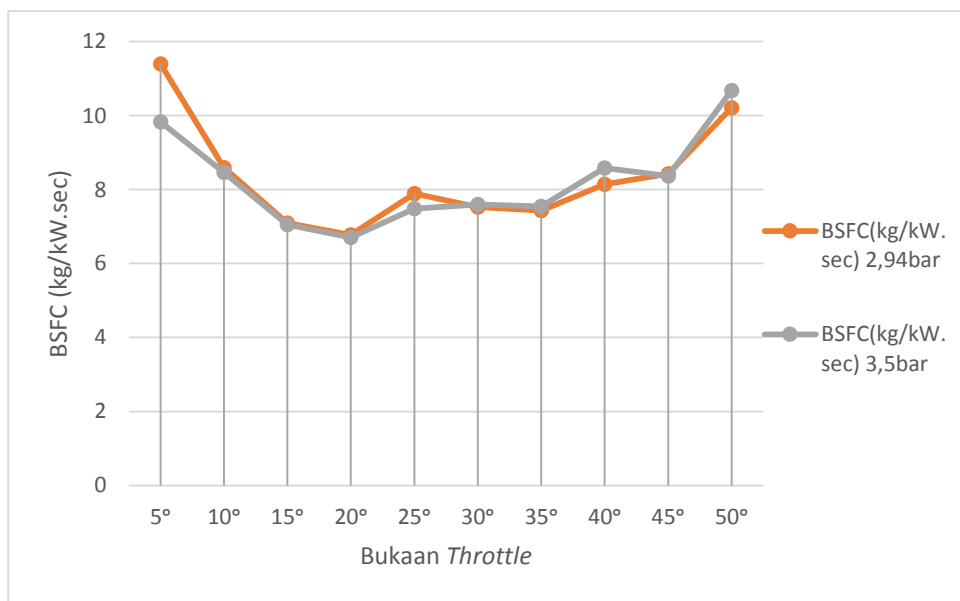
Pada dynamometer juga dilakukan pengujian untuk mengambil data konsumsi bahan bakar. Data mengenai konsumsi bahan bakar mesin motor Vario PGM-FI 125 cc di bawah ini didapatkan dari hasil pengujian langsung menggunakan dynamometer sasis pengujian dilakukan pada dynamometer agar tercipta kondisi seperti pada saat motor dikendarai yang terdapat beban pengendara, pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel 10ml bahan bakar. Temperatur ruangan yang tercatat adalah $32,8^\circ\text{C}$ sampai $33,4^\circ\text{C}$. Pengujian kendaraan bermotor tersebut menggunakan dua tekanan pompa bahan bakar yang berbeda secara bergantian dan pengujian dilakukan setiap keilpatan 5° bukaan *throttle* sampai dengan bukaan paling besar yaitu 50° .

Dibawah ini merupakan hasil pengujian konsumsi bahan bakar yang dilakukan diatas dynamometer, sebagai berikut :

Tabel 4.3. Konsumsi Bahan Bakar Mesin Vario PGM-FI 125cc

RPM	BUKAAN THROTTLE	BSFC(kg/kW.sec)	
		2,94bar	3,5bar
4750	5	11,397	9,827
5250	10	8,593	8,458
6000	15	7,091	7,046
6500	20	6,773	6,706
7000	25	7,893	7,483
7750	30	7,523	7,599
8250	35	7,428	7,545
8500	40	8,144	8,584
9000	45	8,427	8,364
9750	50	10,21	10,68

Dari data hasil konsumsi bahan bakar mesin dengan menggunakan tekanan pompa bahan bakar yang berbeda, maka didapatkan grafik torsi – *engine speed*-bukaan *throttle* sebagai berikut :



Gambar 4.3. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Daya Mesin

Data konsumsi bahan bakar mesin tersebut diambil dari setiap bukaan *throttle*, dimana bukaan *throttle* yang diuji yaitu kelipatan 5° bukaan *throttle* sampai dengan bukaan paling besar yaitu 50° dengan dua tekanan pompa bahan bakar yang berbeda. Pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) memiliki konsumsi yang lebih baik pada putaran 4750-7000 RPM (5° -25° bukaan *throttle*), sedangkan pada putaran atas mesin yaitu pada putaran 8250-9750 RPM (35° -50° bukaan *throttle*) konsumsi bahan bakar menjadi lebih boros dibandingkan dengan putaran bawah mesin. Sedangkan untuk pengujian tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar) memiliki konsumsi yang lebih baik pada putaran untuk masing – masing tekanan pompa bahan bakar yang diujikan. Dapat terlihat nilai torsi dengan tekanan 3,5 bar cenderung lebih tinggi dari tekanan 2,94 bar (standar) 8250-9750 RPM (30° -50° bukaan *throttle*), sedangkan pada putaran bawah mesin yaitu pada putaran 4750-7000 RPM (5° -25° bukaan *throttle*) konsumsi bahan bakar menjadi lebih boros dibandingkan dengan putaran atas mesin. dilihat dari grafik yang posisinya sedikit lebih tinggi.

Berdasarkan persamaan $BSFC = m_f/W_b$ kendaraan bisa dikatakan hemat bahan bakar, jika waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan sejumlah bahan bakar dengan menghasilkan daya yang besar maka besaran nilai BSFC yang dihasilkan adalah kecil. Jika nilai BSFC yang dihasilkan besar, akan terjadi kemungkinan nilai daya

yang dihasilkan tidak terlalu besar walaupun waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan sejumlah bahan bakar relatif lebih lama.

Selain daya , torsi dan konsumsi bahan bakar , skripsi ini juga dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh dari menaikkan tekanan pompa bahan bakar terhadap emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan. Pengujian dilakukan di laboratorium otomotif UNJ dengan menggunakan mesin uji emisi yang telah tersedia. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua tekanan pompa bahan bakar yang berbeda secara bergantian , pengujian dilakukan setiap 5° bukaan *throttle* sampai dengan bukaan paling besar yaitu 50° . Dibawah ini merupakan hasil pengujian alat uji emisi, sebagai berikut :

Tabel 4.4. Uji Emisi Gas Buang Mesin Vario PGM-FI 125cc

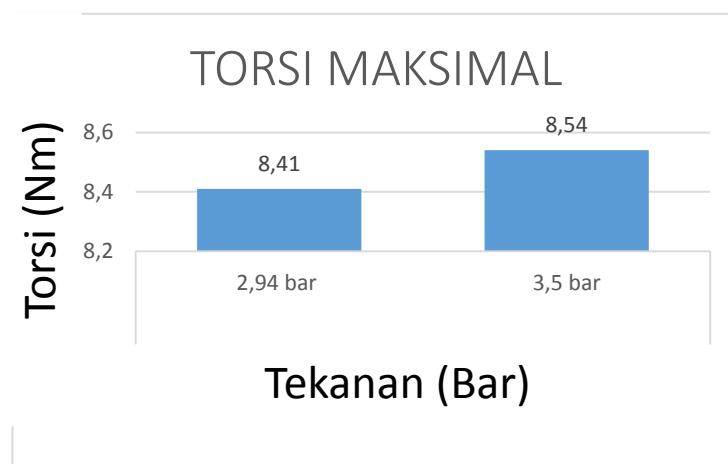
BUKAAN THROTTLE	KADAR CO		KADAR HC		KADAR CO ₂		KADAR O ₂	
	2,94	3,5	2,94	3,5	2,94	3,5	2,94	3,5
5	1,14%	1,63%	534 ppm	145 ppm	4,00%	8,60%	20,35%	19,25%
10	0,26%	2,40%	189 ppm	261 ppm	4,20%	8,20%	21,98%	21,53%
15	0,33%	0,50%	88 ppm	65 ppm	11,50%	11,50%	20,35%	19,25%
20	0,81%	1,00%	289 ppm	110 ppm	3,10%	5,60%	22,70%	21,53%
25	0,41%	1,62%	87 ppm	156 ppm	10,00%	10,50%	19,80%	18,70%
30	0,24%	0,36%	156 ppm	166 ppm	10,50%	5,90%	18,70%	23,06%
35	0,29%	0,12%	36 ppm	20 ppm	2,70%	3,10%	23,06%	21,85%
40	1,77%	0,23%	87 ppm	30 ppm	10,50%	7,60%	23,06%	21,53%
45	1,43%	1,56%	84 ppm	41 ppm	13,80%	10,50%	23,06%	21,85%
50	1,69%	3,87%	155 ppm	307 ppm	9,00%	7,20%	19,25%	18,70%

Data emisi gas buang tersebut diambil dari setiap bukaan *throttle*, dimana bukaan *throttle* yang diuji yaitu kelipatan 5° bukaan *throttle* sampai dengan bukaan paling besar yaitu 50° dengan dua tekanan pompa bahan bakar yang berbeda. Pada tekanan pompa bahan bakar 3,5 bar kadar emisi gas buang cenderung mengalami kenaikan pada CO, CO₂, dan HC sedangkan untuk kadar O₂ terlihat pada data yang telah diambil mengalami penurunan dibandingkan dengan data hasil pengujian tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar) yang hasil dari pengujianya lebih baik dari tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar).

4.2. Analisis Data Hasil Penelitian

4.2.1. Analisis Torsi

Dari hasil pengujian dinamometer didapatkan torsi maksimal dari masing – masing tekanan pompa bahan bakar yang telah diuji. Torsi maksimal dari kedua tekanan pompa bahan bakar yang telah diuji dapat dilihat pada diagram sebagai berikut :



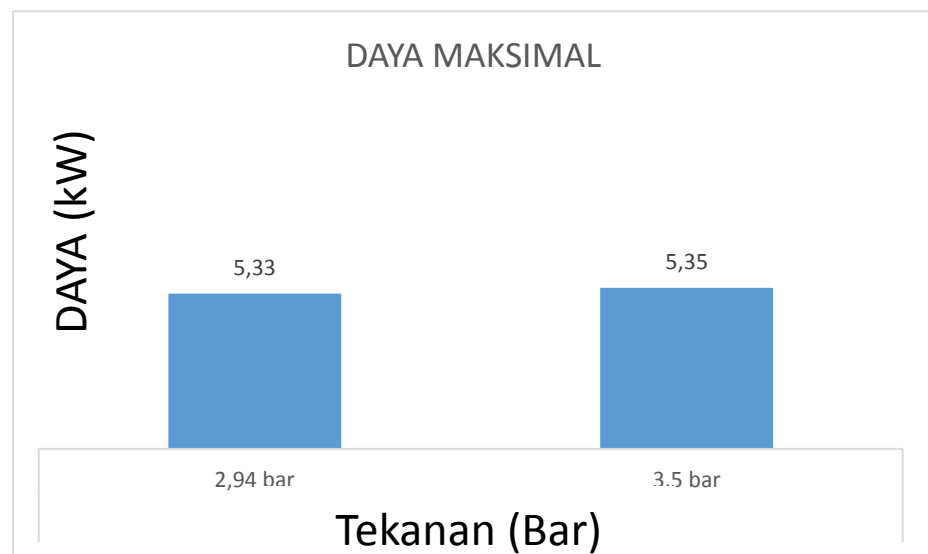
Gambar 4.4. Diagram Torsi Maksimal Mesin

Di bukaan 40° throttle pada kecepatan mesin yang sama yaitu 8500 RPM, tekanan pompa bahan bakar 3,5 bar mencapai torsi 8,54 Nm, kemudian tekanan pompa bahan bakar 2,94 bar (standar) mencapai torsi 8,41 Nm. Sehingga urutan tekanan pompa bahan bakar yang menghasilkan torsi mesin terbesar ke yang terkecil adalah sebagai berikut ;

Jika dilihat dari perbandingan torsi antar tekanan pompa bahan bakar tiap rpm – nya pada tabel 4.1 , maka tekanan pompa bahan bakar 3,5 bar memiliki nilai torsi tiap rpm yang lebih tinggi dibanding dengan tekanan 2,94 bar. Ini berhubungan dengan *flowrate* injeksi yang terukur pada masing – masing tiap tekanan pompa bahan bakar yang diujikan. Dimana tekanan pompa bahan bakar 2,94 bar memiliki *flowrate* sebesar 104 ml, sedangkan tekanan pompa bahan bakar 3,5 bar memiliki *flowrate* sebesar 108 ml.

4.2.2. Analisis Daya

Dari hasil pengujian dinamometer didapatkan juga daya maksimal dari masing – masing tekanan yang telah diuji. Daya maksimal dari kedua tekanan pompa bahan bakar yang telah diuji dapat dilihat pada diagram sebagai berikut :



Gambar 4.5. Diagram Daya Mesin Maksimal

Daya mesin maksimal didapatkan pada bukaan 50° throttle pada kecepatan mesin sebesar 9750 RPM .Tekanan pompa bahan bakar 2,94(standar) menghasilkan daya maksimal sebesar 5,33 kW, sedangkan tekanan pompa bahan bakar 3,5 bar menghasilkan daya maksimal sebesar 5,35 kW pada bukaan throttle dan kecepatan mesin yang sama. Sehingga urutan dari tekanan pompa bahan bakar penghasil daya tertinggi ke yang terendah adalah sebagai berikut :

Serupa dengan torsi, jika dilihat dari perbandingan daya antar tekanan pompa bahan bakar pada tabel 4.2 , maka tekanan pompa bahan bakar 3,5 bar memiliki nilai daya rata – rata tiap rpm yang lebih tinggi. Ini juga berhubungan dengan *flowrate* injeksi yang terukur pada masing – masing tekanan pompa bahan bakar yang telah diujikan. Jadi jika berdasarkan teori sebelumnya, tekanan pompa bahan bakar 3,5 bar yang memiliki hasil daya rata – rata terbesar di semua rpm - nya, dibanding dengan tekanan pompa bahan bakar 2,94 bar disebabkan oleh *flowrate* injeksi yang lebih tinggi dimana akan dihasilkan bmep yang tinggi pula. Kemudian diambil dari rumus $\dot{W} = 2\pi N\tau$, sehingga bila bmep tinggi dan torsinya besar maka daya yang dihasilkan juga semakin besar. Dan berdasarkan rumus $P = \frac{\tau \times N}{5252}$, untuk putaran mesin yang sama , jika torsi mesin meningkat maka daya mesin juga meningkat.

4.2.3. Analisis Konsumsi Bahan Bakar

Terdapat pengaruh dari naiknya tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) kenaikan yang terjadi pada daya mesin, berdampak terhadap konsumsi bahan bakar yang menjadi lebih baik pada putaran mesin yaitu pada putaran 4750-7000 RPM (5 ° -25 ° bukaan *throttle*), sedangkan pada putaran atas mesin yaitu pada putaran 8250-9750 RPM (35 ° -50 ° bukaan *throttle*) konsumsi bahan bakar menjadi lebih meningkat kebutuhannya dibandingkan dengan putaran bawah mesin, terjadinya peningkatan konsumsi bahan bakar dipengaruhi penurunan nilai daya pada putaran 8250-9750 RPM (35 ° -50 ° bukaan

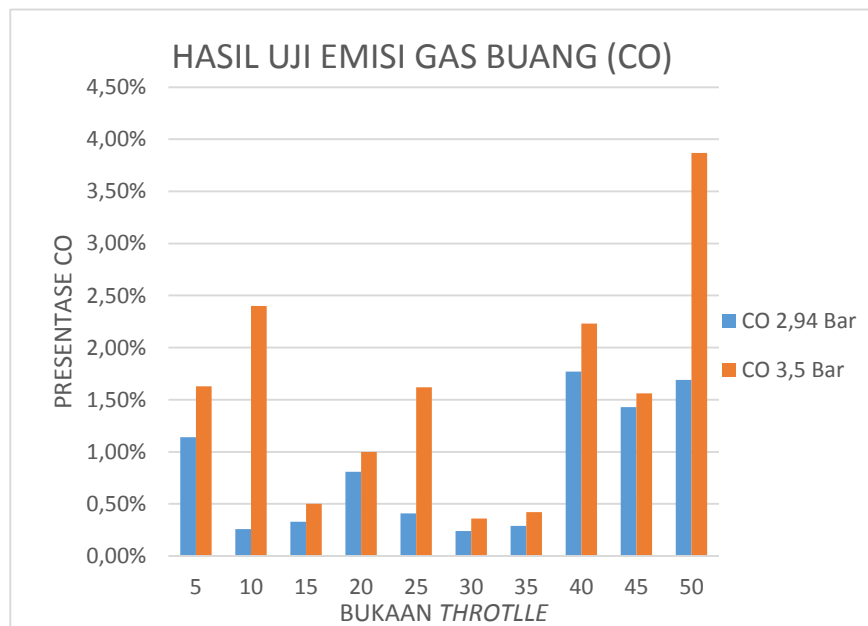
throttle) ditambah gesekan yang terus semakin besar akibat dari perubahan dari RPM rendah menuju RPM tinggi yang membuat kerja mesin semakin berat. Jika dibandingkan dengan tekanan pompa bahan bakar dari data hasil yang telah diuji konsumsi bahan bakar menjadi lebih baik pada putaran atas mesin yaitu pada putaran 8250-9750 RPM (30° - 50° bukaan *throttle*) hal ini juga terjadi karena pengaruh dari naiknya nilai daya, sedangkan pada putaran bawah mesin yaitu pada putaran 4750-7000 RPM (5° - 25° bukaan *throttle*) nilai daya yang terdapat tidak sebesar nilai torsi yang terdapat pada putaran atas mesin, *flowrate* injeksi yang terhitung pada tekanan 2,94 bar juga turut andil membuat putaran bawah mesin menjadi lebih boros, jumlah *flowrate* yang lebih sedikit membuat kerja mesin menjadi lebih berat yang menjadikan pada tekanan pompa bahan bakar 2,94 bar memiliki nilai daya yang kecil dan hal ini menjadikan konsumsi bahan bakar menjadi lebih meningkat kebutuhannya dibandingkan dengan putaran atas mesin.

Berdasarkan persamaan $BSFC = m_f/W_b$ kendaraan bisa dikatakan hemat bahan bakar, jika waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan sejumlah bahan bakar dengan menghasilkan daya yang besar maka besaran nilai BSFC yang dihasilkan adalah kecil. Jika nilai BSFC yang dihasilkan besar, akan terjadi kemungkinan nilai daya yang dihasilkan tidak terlalu besar walaupun waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan sejumlah bahan bakar relatif lebih lama.

4.2.4. Analisis Uji Emisi Gas Buang

Perbedaan flowrate injeksi yang terdapat pada masing-masing tekanan pompa bakar berdampak pada hasil uji emisi gas buang, tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) memiliki *flowrate* injeksi sebesar 108 ml menjadikan pembakaran cenderung tidak sempurna sehingga berdampak pada meningkatnya kadar CO, CO₂, dan HC serta menurunnya kadar dari O₂, dibandingkan dengan tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar) yang memiliki *flowrate* injeksi sebesar 104 ml, hal ini menyebabkan pembakaran menjadi lebih sempurna dan dapat menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik.

4.2.4.1. Analisis Kadar CO

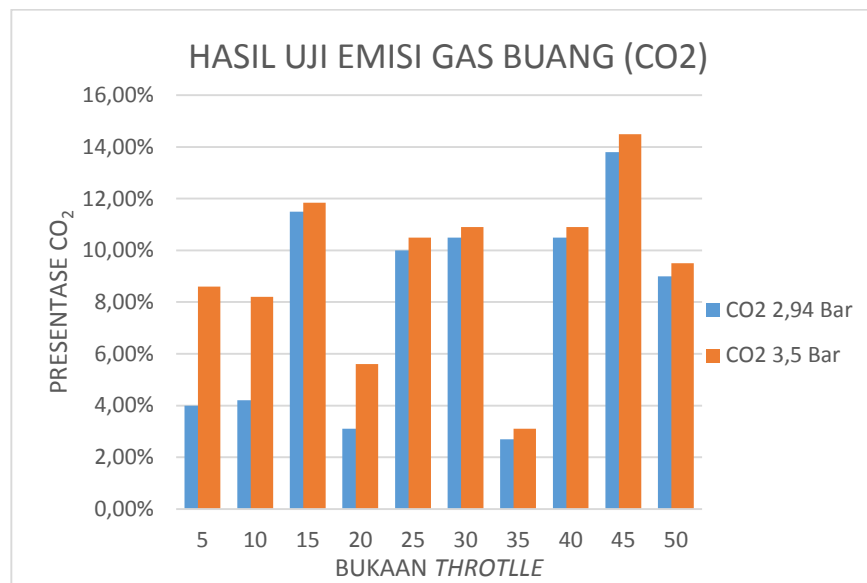


Gambar 4.6. Diagram Kadar CO

Terdapat pengaruh naiknya tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) pada kadar CO yang dapat dilihat pada diagram kadar CO. Terlihat pada diagram kadar CO terdapat nilai kadar yang naik

dari setiap bukaan throttle yang diuji (5° - 50°), kenaikan yang paling signifikan terdapat pada bukaan 40° dan 50° bukaan throttle. Hal ini bisa terjadi karena disebabkan karena tidak seimbangnya jumlah udara dan bahan bakar .

4.2.4.2. Analisis Kadar CO₂

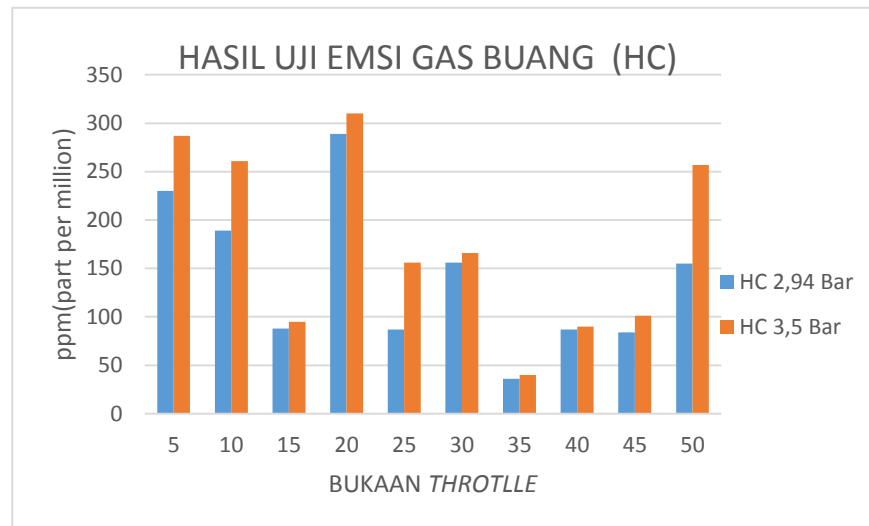


Gambar 4.7. Diagram Kadar CO₂

Terdapat juga pengaruh yang signifikan dari naiknya tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) terhadap kadar CO₂ yang dapat dilihat pada diagram diatas. Terlihat pada diagram kadar CO₂ secara keseluruhan terdapat kenaikan nilai kadar CO₂ dari setiap bukaan throttle yang diuji (5° - 50°), secara keseluruhan nilai pada kadar CO₂ pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) cenderung naik dibandingkan dengan tekanan 2,94 bar, akan tetapi kenaikan yang paling signifikan terdapat pada bukaan

5° dan 10° bukaan throttle. Hal ini bisa terjadi karena disebabkan terdapat hasil dari pembakaran yang tidak sempurna .

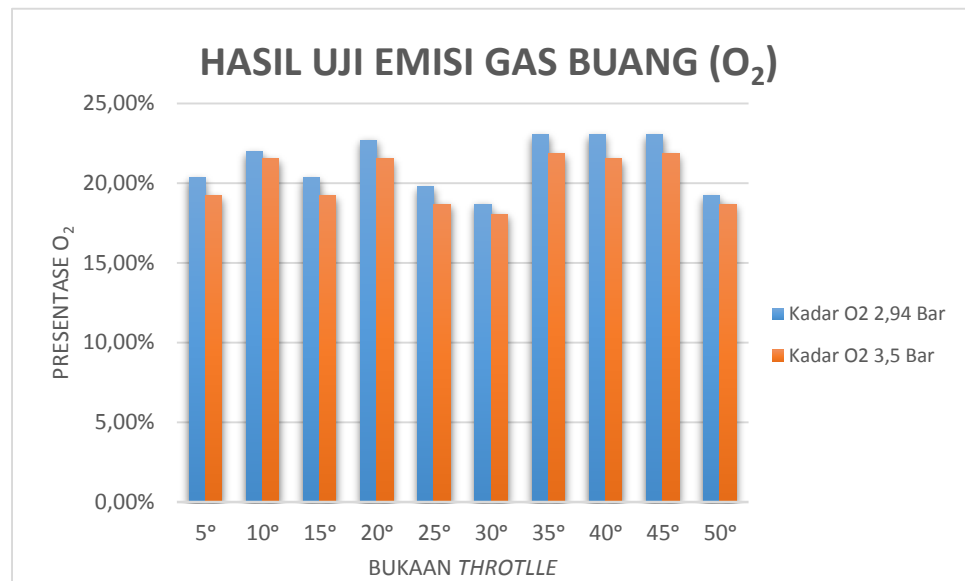
4.2.4.3. Analisis Kadar HC



Gambar 4.8. Diagram Kadar HC

Selain CO dan CO₂ yang mengalami peningkatan nilai kadar emisi gas buang pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar), perubahan serta peningkatan juga terjadi pada kadar HC yang ada pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan, secara keseluruhan kadar HC pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan mengalami peningkatan kadar dibandingkan dengan dengan kadar HC pada tekanan standar (2,94 bar) yang relatif mempunyai nilai kadar lebih kecil, yang menandakan bahwa emisi gas buang dapat dikatakan lebih baik. Akan tetapi kenaikan yang paling signifikan terdapat pada bukaan 5° dan 10° bukaan throttle. Hal ini bisa terjadi karena disebabkan terdapat hasil dari pembakaran yang tidak sempurna .

4.2.4.4. Analisis Kadar O₂



Gambar 4.9. Diagram Kadar O₂

Tidak hanya kadar CO, CO₂ dan HC yang mengalami perubahan akibat ditingkatkannya tekanan pada pompa bahan bakar, berbeda dengan kadar CO, CO₂ dan HC yang mengalami peningkatan kadar, kadar O₂ yang terkandung pada emisi gas buang pada tekanan yang ditingkatkan (3,5 bar) secara keseluruhan mengalami penurunan, yang dapat diartikan bahwa emisi gas buang tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) itu belum bisa lebih baik dibandingkan dengan emisi gas buang tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar) .

4.3. Pembahasan

Tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) menjadi yang terbaik pada daya dan torsi mesin tertinggi. Berdasarkan pengujian pada dinamometer maka tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) menghasilkan puncak daya terbesar, yaitu 5,35 kW pada kecepatan putaran mesin 9750 RPM. Kemudian berdasarkan perbandingan torsi tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) juga menghasilkan torsi terbesar pada putaran mesin 8500 RPM yaitu sebesar 8,54 Nm, dibandingkan dengan tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar). Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar, nilai terbaik tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) terdapat pada putaran mesin bawah yaitu putaran 4750-7000 RPM (5° - 25° bukaan *throttle*), sedangkan tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar) mempunyai nilai terbaik pada putaran 8250-9750 RPM (30° - 50° bukaan *throttle*). Selain daya, torsi dan konsumsi bahan bakar, penelitian ini juga meneliti pengaruh naiknya tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) terhadap uji emisi yang dihasilkan oleh kendaraan, dari hasil pengujian terlihat, pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) terdapat peningkatan pada kadar CO, CO₂, dan HC serta menurunnya kadar dari O₂.

Sesuai dengan tujuan penelitian ini adalah bagaimana pengaruh kenaikan tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) terhadap daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Yaitu bahwa kenaikan tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar). Dengan kenaikan tekanan pompa bahan bakar mesin mendapatkam peningkatan daya dan torsi, untuk konsumsi bahan bakar

terlihat perbedaan dibandingkan dengan tekanan pompa standar (2,94 bar) ,tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) memiliki tingkat konsumsi yang lebih baik pada putaran bawah mesin yaitu pada putaran 4750-7000 RPM (5° - 25° bukaan *throttle*) , sedangkan untuk tekanan pompa bakar standar (2,94 bar) didapatkan koumsi bahan bakar yang lebih baik pada putaran bawah mesin yiatsu pada putaran 8250-9750 RPM (30° - 50° bukaan *throttle*) . Sedangkan hasil uji emisi gas buang menunjukkan pada tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) terdapat peningkatan pada kadar CO, CO₂, dan HC serta menurunnya kadar dari O₂ , dibandingkan dengan tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar) yang memiliki hasil emsis gas buang yang lebih baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan hasil analisa data dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kenaikan tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) menghasilkan puncak daya mesin sebesar 5,35 kW dibandingkan dengan tekanan 2,94 bar yaitu 5,33 kW, kedua tekanan pompa bahan bakar yang diuji tersebut memberikan daya maksimalnya pada kecepatan mesin 9750 RPM.
2. Kenaikan tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) menghasilkan puncak torsi mesin sebesar 8,54 Nm dibandingkan dengan tekanan 2,94 bar yaitu 8,41 Nm, kedua tekanan pompa bahan bakar yang diuji tersebut memberikan daya maksimalnya pada kecepatan mesin 8500 RPM.
3. Tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih baik pada putaran bawah mesin yaitu pada putaran 4750-7000 RPM (5° - 25° bukaan *throttle*) dengan nilai BSFC 9,827 kg/kw.sec 8,458 kg/kw.sec 7,046 kg/kw.sec 6,706 kg/kw.sec dan 7,483 kg/kw.sec, sedangkan pada putaran atas mesin yaitu pada putaran 8250-9750 RPM (35° - 50° bukaan *throttle*) dengan nilai BSFC 7,599 kg/kW.sec 7,545 kg/kW.sec 8,584 kg/kW.sec 8,364 kg/kW.sec dan 10,68 kg/kW.sec, konsumsi bahan bakar menjadi lebih

meningkat kebutuhannya dibandingkan dengan putaran bawah mesin. Tekanan pompa bahan bakar standar (2,94 bar) memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih baik pada putaran atas mesin yaitu pada putaran 8250-9750 RPM (30° - 50° bukaan *throttle*) dengan nilai BSFC 7,523 kg/kW.sec 7,428 kg/kW.sec 8,144 kg/kW.sec 8,427 kg/kW.sec dan 10,21 kg/kW.sec, sedangkan pada putaran bawah mesin yaitu pada putaran 4750-7000 RPM (5° - 25° bukaan *throttle*) konsumsi dengan nilai BSFC 11,397 kg/kW.sec 8,593 kg/kW.sec 7,091 kg/kW.sec 6,773 kg/kW.sec dan 7,893 kg/kW.sec, bahan bakar menjadi lebih meningkat kebutuhannya dibandingkan dengan putaran atas mesin.

4. Naiknya tekanan pompa bahan bakar (3,5 bar) yang diuji berpengaruh pada hasil emisi gas buang, pada hasil pengujian terlihat meningkatnya kadar CO, CO₂, dan HC serta menurunnya kadar dari O₂.

5.2. Saran

Berdasarkan kegiatan selama penelitian dan hasil penelitian, maka penulis mempunyai saran sebagai berikut :

1. Dengan menaikkan tekanan pompa bahan bakar (3,5bar) memang dapat meningkatkan unjuk kerja mesin. Bila ingin mendapatkan daya dan torsi yang optimal maka tekanan pompa bahan bakar yang ditingkatkan (3,5 bar) tersebut merupakan pilihan yang tepat.
2. Dengan menaikkan tekanan pompa bahan bakar (3,5bar) dapat diterapkan pada kehidupan sehari-hari dengan menggunakan metode *eco drive* karena pada tekanan yang ditingkatkan konsumsi bahan bakar

lebih baik hasilnya pada putaran mesin bawah yaitu 4750-7000 RPM (5° - 25° bukaan *throttle*).

3. Meningkatkan ketelitian dengan lebih merapatkan angka dari bukaan *throttle* yang pada penelitian ini per 5° dengan misalnya pada penelitian selanjutnya di uji per 1° sangat dianjurkan , karena agar pada penelitian selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Untuk penelitian selanjutnya yang mungkin berhubungan dengan penelitian ini, penulis menyarankan sebaiknya penelitian tentang menaikkan tekanan pompa bahan bakar harus lebih mengikuti teknologi yang terus maju salah satunya dengan menggunakan pompa bahan bakar *electric* yang dapat dirubah atau di naik turunkan tekanan pada pompa bahan bakar tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, Wiranto, 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, (Institut Teknologi Bandung)

Cengel, Yunus A., John M. Cimbala, Robert H. Turner. 2005.. *Fundmental Of Thermal Fluid Sciences*. Boston : McGraw-Hill Higher Education.

Halderman, James D. 2012. *Automotive Technology : Principles, Diagnosis, and Service*. New Jersey : Pearson Education, Inc.

Pulkrabek, Willard W. 1997. *Engineering Fundamentals Of the Internal Combustion Engine* . New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

Raymond A. Serway and John W. Jewett, *Principles of Physics* (London:David Harris)

Serway, Raymond A. and John W. Jewett. 2006. *Principles of Physics*. London:David Harris.

Thomas Krist. 1993.*Dasar - Dasar Pneumatik* (Jakarta: Erlangga,)

Tive Technology, 2012. : *Principles, Diagnosis, and Service*. New Jersey : Pearson Education, Inc.

<http://Eprints.undip.ac.id/41619/3/BAB.II.pdf>, (Universitas Diponogoro : Semarang

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar (BSFC)

BSFC bukaan 5° Tekanan 3,5 bar

$$HP = 3,27 = 2,43 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{33,5}$$

$$= 0,00023 \text{ (kg/sec) / (2,43 kW)}$$

$$= 9,827 \times 10^{-5} \text{ kg/kW.sec}$$

BSFC bukaan 5° Tekanan 2,94 bar

$$HP = 3,27 = 2,43 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{32,8}$$

$$= 0,00024 \text{ (kg/sec) / (2,14kW)}$$

$$= 11,397 \times 10^{-5} \text{ kg/kW.sec}$$

BSFC bukaan 10° Tekanan 3,5 bar

$$HP = 3,91 = 2,91 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{32,5}$$

$$= 0,00024 \text{ (kg/sec) / (2,91kW)}$$

$$= 8,458 \times 10^{-5} \text{ kg/kW} \cdot \text{sec}$$

BSFC bukaan 10° Tekanan 2,94 bar

$$\text{HP} = 3,90 = 2,90 \text{ kW}$$

$$\text{fm} = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{32,1}$$

$$= 0,00024 \text{ (kg/sec) / (2,90kW)}$$

$$= 8,593 \times 10^{-5} \text{ kg/kW} \cdot \text{sec}$$

BSFC bukaan 15° Tekanan 3,5 bar

$$\text{HP} = 4,95 = 3,69 \text{ kW}$$

$$\text{fm} = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{30,8}$$

$$= 0,00026 \text{ (kg/sec) / (3,69kW)}$$

$$= 7,046 \times 10^{-5} \text{ kg/kW} \cdot \text{sec}$$

BSFC bukaan 15° Tekanan 2,94 bar

$$\text{HP} = 4,80 = 3,57 \text{ kW}$$

$$\text{fm} = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{31,6}$$

$$= 0,00025 \text{ (kg/sec) / (2,90kW)}$$

$$= 7,091 \times 10^{-5} \text{ kg/kW} \cdot \text{sec}$$

BSFC bukaan 20° Tekanan 3,5 bar

$$\text{HP} = 5,31 = 3,95 \text{ kW}$$

$$\text{fm} = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{30,2}$$

$$= 0,00026 \text{ (} \frac{kg}{sec} \text{)} / (3,95kW)$$

$$= 6,706 \times 10^{-5} \text{ } kg/kW \cdot sec$$

BSFC bukaan 20° Tekanan 2,94 bar

$$HP = 5,11 = 3,81 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{31}$$

$$= 0,00025 \text{ (} \frac{kg}{sec} \text{)} / (3,81kW)$$

$$= 6,773 \times 10^{-5} \text{ } kg/kW \cdot sec$$

BSFC bukaan 25° Tekanan 3,5 bar

$$HP = 5,48 = 4,08 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{26,2}$$

$$= 0,00030 \text{ (} \frac{kg}{sec} \text{)} / (4,08kW)$$

$$= 7,483 \times 10^{-5} \text{ } kg/kW \cdot sec$$

BSFC bukaan 25° Tekanan 2,94 bar

$$HP = 5,12 = 3,81 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{26,6}$$

$$= 0,00025 \text{ (} \frac{kg}{sec} \text{)} / (3,81kW)$$

$$= 7,893 \times 10^{-5} \text{ } kg/kW \cdot sec$$

BSFC bukaan 30° Tekanan 3,5 bar

$$HP = 5,84 = 4,35 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{24,2}$$

$$= 0,00033 \text{ (kg/sec) / (4,35kW)}$$

$$= 7,599 \times 10^{-5} \text{ kg/kW.sec}$$

BSFC bukaan 30° Tekanan 2,94 bar

$$HP = 5,60 = 4,17 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{25,5}$$

$$= 0,00031 \text{ (kg/sec) / (4,17kW)}$$

$$= 7,523 \times 10^{-5} \text{ kg/kW.sec}$$

BSFC bukaan 35° Tekanan 3,5 bar

$$HP = 6,16 = 4,59 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{23,1}$$

$$= 0,00034 \text{ (kg/sec) / (4,59kW)}$$

$$= 7,545 \times 10^{-5} \text{ kg/kW.sec}$$

BSFC bukaan 35° Tekanan 2,94 bar

$$HP = 5,98 = 4,45 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{24,2}$$

$$= 0,00033 \text{ (} \frac{kg}{sec} \text{)} / (4,45kW)$$

$$= 7,428 \times 10^{-5} \text{ } kg/kW \cdot sec$$

BSFC bukaan 40° Tekanan 3,5 bar

$$HP = 6,72 = 5,01 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{18,6}$$

$$= 0,00043 \text{ (} \frac{kg}{sec} \text{)} / (5,01kW)$$

$$= 8,584 \times 10^{-5} \text{ } kg/kW \cdot sec$$

BSFC bukaan 40° Tekanan 2,94 bar

$$HP = 6,31 = 4,70 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{20,9}$$

$$= 0,00038 \text{ (} \frac{kg}{sec} \text{)} / (4,70kW)$$

$$= 8,144 \times 10^{-5} \text{ } kg/kW \cdot sec$$

BSFC bukaan 45° Tekanan 3,5 bar

$$HP = 6,62 = 4,93 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{19,4}$$

$$= 0,00041 \text{ (} \frac{kg}{sec} \text{)} / (4,93kW)$$

$$= 8,364 \times 10^{-5} \text{ } kg/kW \cdot sec$$

BSFC bukaan 45° Tekanan 2,94 bar

$$HP = 6,37 = 4,75 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{20}$$

$$= 0,00040 \text{ (kg/sec) / (4,75kW)}$$

$$= 8,421 \times 10^{-5} \text{ kg/kW.sec}$$

BSFC bukaan 50° Tekanan 3,5 bar

$$HP = 7,18 = 5,35 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

$$= \frac{0,008}{14}$$

$$= 0,00057 \text{ (kg/sec) / (5,35kW)}$$

$$= 10,680 \times 10^{-5} \text{ kg/kW.sec}$$

BSFC bukaan 50° Tekanan 2,94 bar

$$HP = 7,15 = 5,33 \text{ kW}$$

$$fm = 0,008 \text{ kg}$$

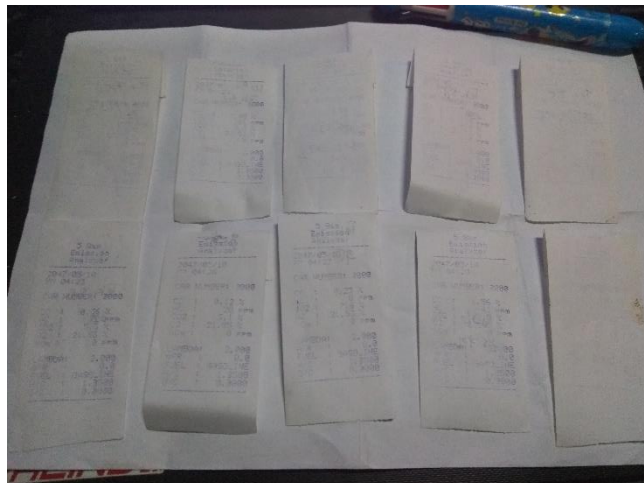
$$= \frac{0,008}{14,7}$$

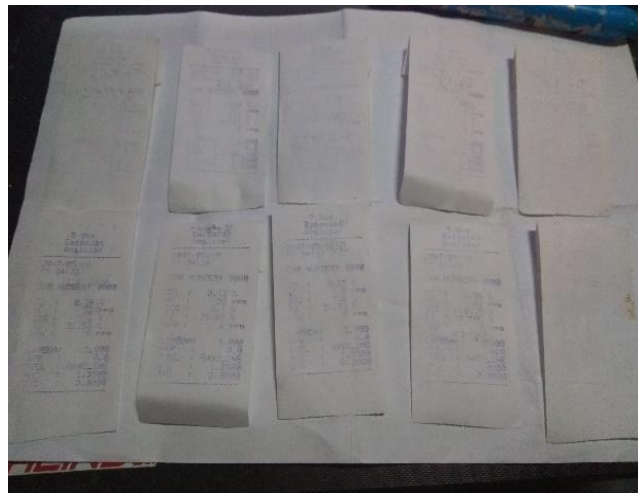
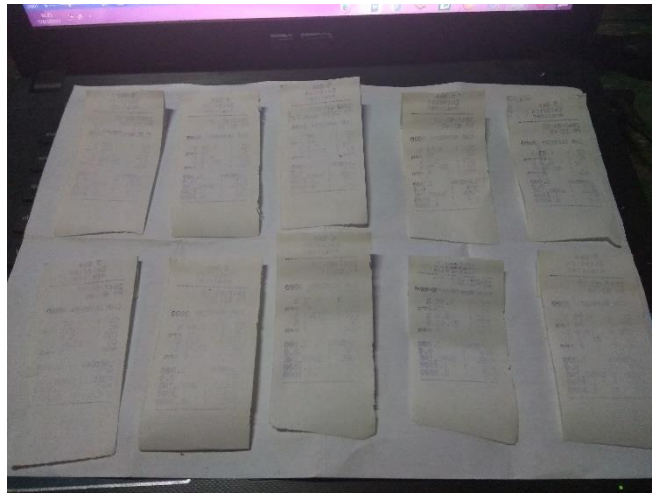
$$= 0,00054 \text{ (kg/sec) / (5,33kW)}$$

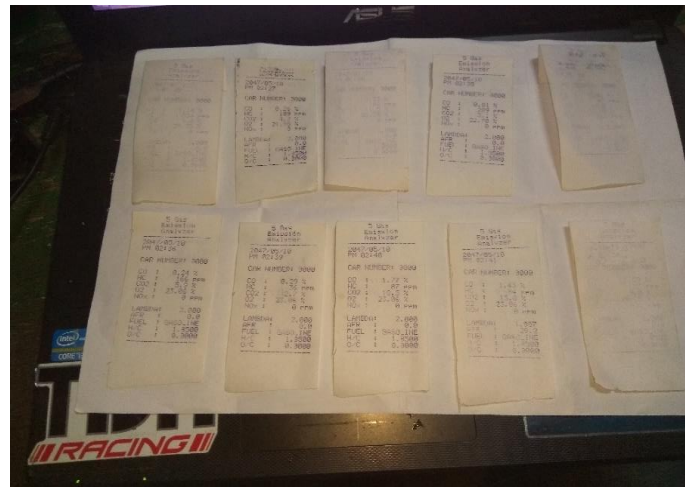
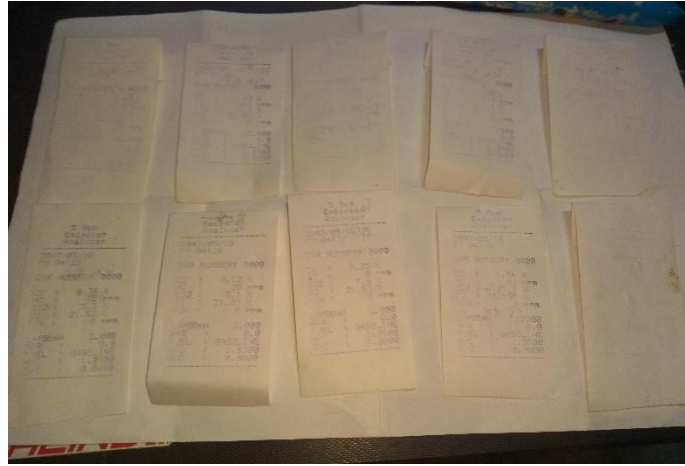
$$= 10,210 \times 10^{-5} \text{ kg/kW.sec}$$

LAMPIRAN 2

Hasil Uji Emisi Gas Buang







LAMPIRAN 3

Tabel Data Puncak Torsi

RPM	BUKAAN THROTTLE	TORQUE (lbs-ft)	
		2,94 bar	3,5 bar
4750	5	3,3	3,7
5250	10	4,7	4,7
6000	15	5,3	5,3
6500	20	5,4	5,5
7000	25	5,4	5,8
7750	30	5,7	5,9
8250	35	6,1	6,2
8500	40	6,2	6,3
9000	45	6,1	6,2
9750	50	6,1	6,2

RPM	BUKAAN THROTTLE	TORSI (Nm)	
		2,94 bar	3,5 bar
4750	5	4,47	5,02
5250	10	6,37	6,37
6000	15	7,19	7,19
6500	20	7,32	7,46
7000	25	7,32	7,86
7750	30	7,73	8
8250	35	8,27	8,41
8500	40	8,41	8,54
9000	45	8,27	8,41
9750	50	8,27	8,41

Data torsi mesin hasil pengujian diatas dynamometer berdasarkan torsi puncak pada setiap bukaan *throttle*

LAMPIRAN 4

Tabel Data Puncak Daya

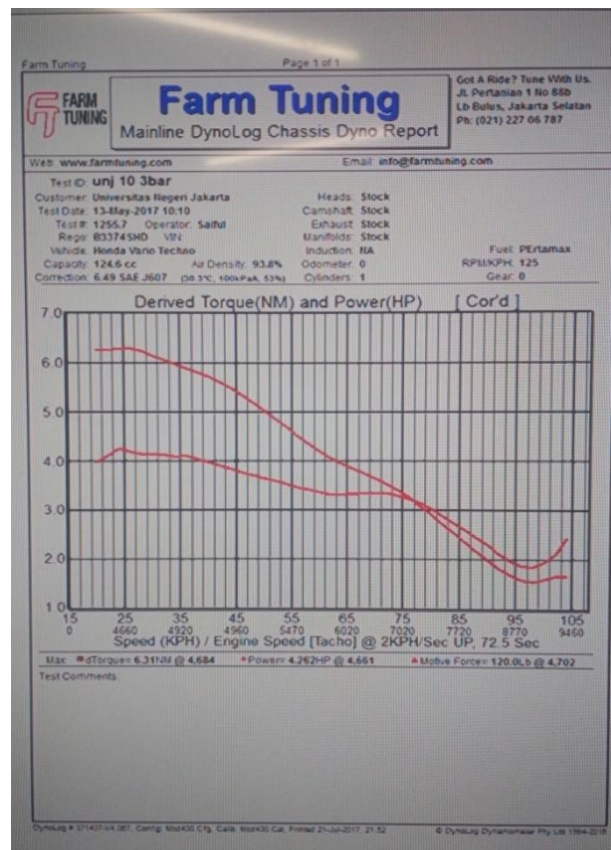
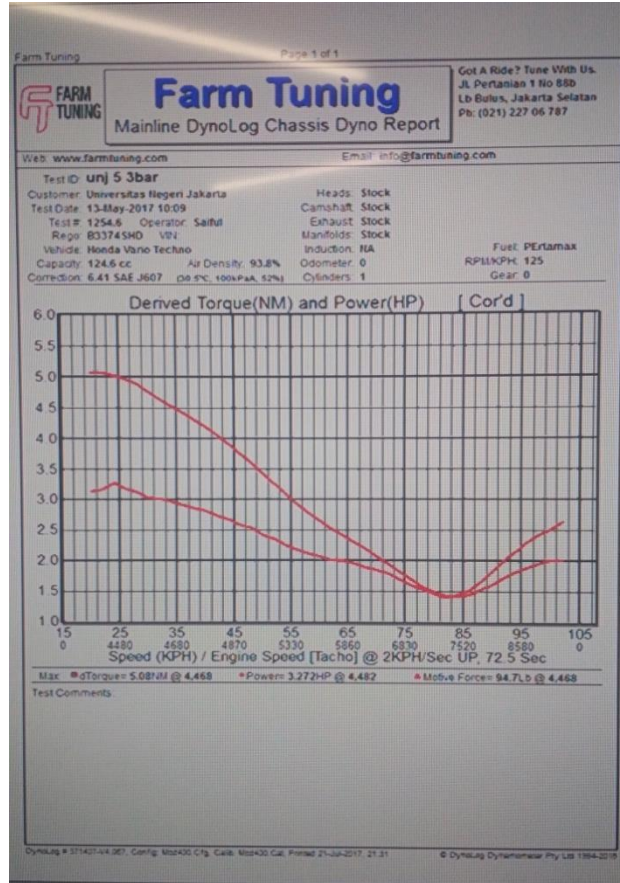
RPM	BUKAAN THROTTLE	Daya(hp)	
		2,94 bar	3,5 bar
4750	5	2,88	3,27
5250	10	3,9	3,91
6000	15	4,8	4,95
6500	20	5,11	5,31
7000	25	5,12	5,48
7750	30	5,6	5,84
8250	35	5,98	6,16
8500	40	6,31	6,72
9000	45	6,37	6,62
9750	50	7,15	7,18

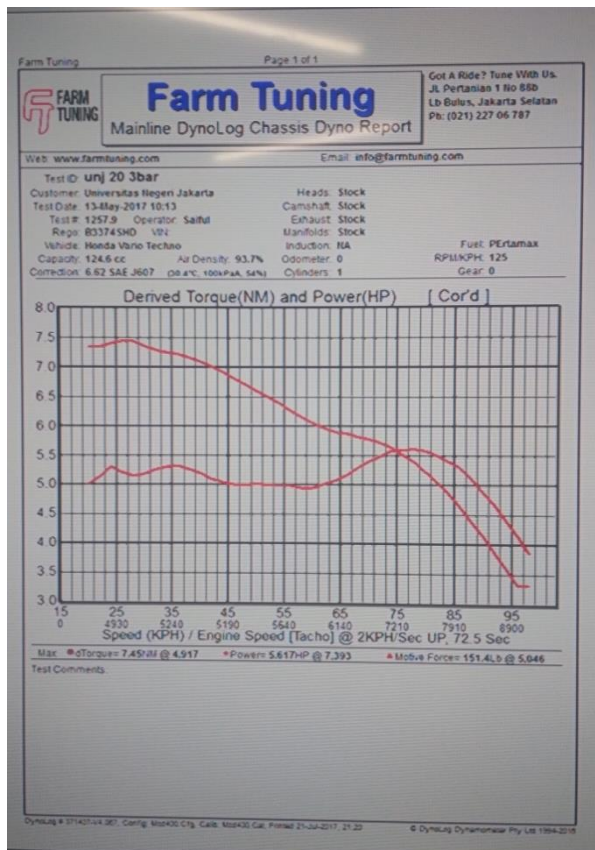
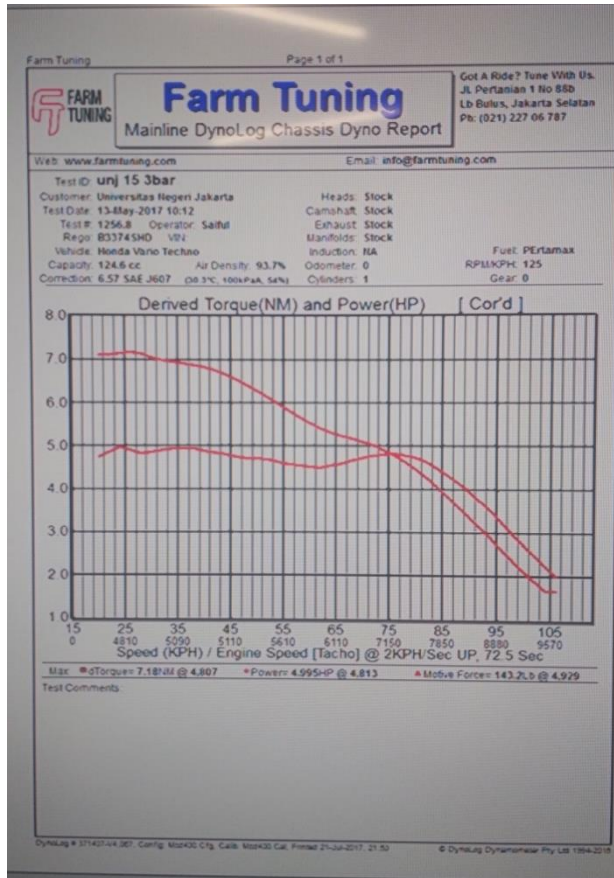
RPM	BUKAAN THROTTLE	Daya(kw)	
		2,94 bar	3,5 bar
4750	5	2,14	2,43
5250	10	2,9	2,91
6000	15	3,57	3,69
6500	20	3,81	3,95
7000	25	3,81	4,08
7750	30	4,17	4,35
8250	35	4,45	4,59
8500	40	4,7	5,01
9000	45	4,75	4,93
9750	50	5,33	5,35

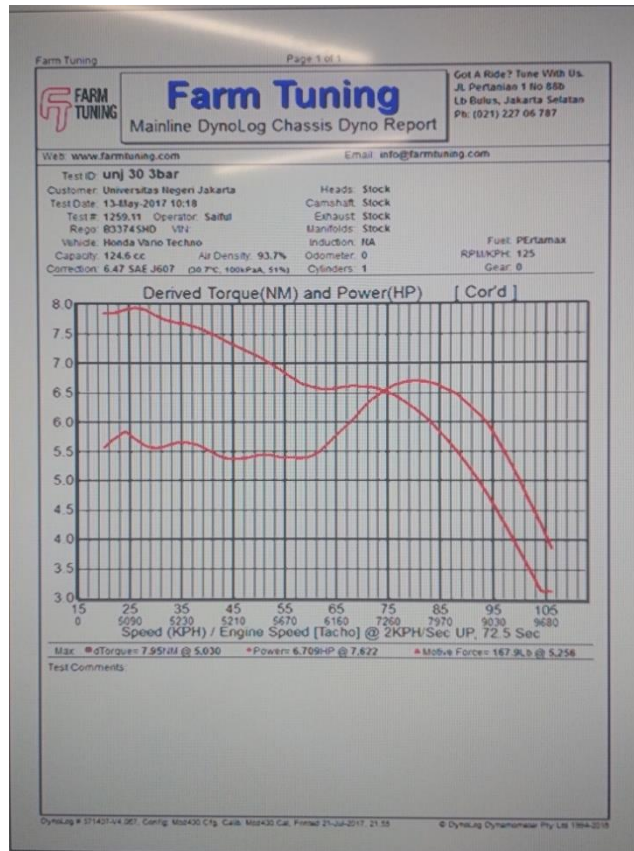
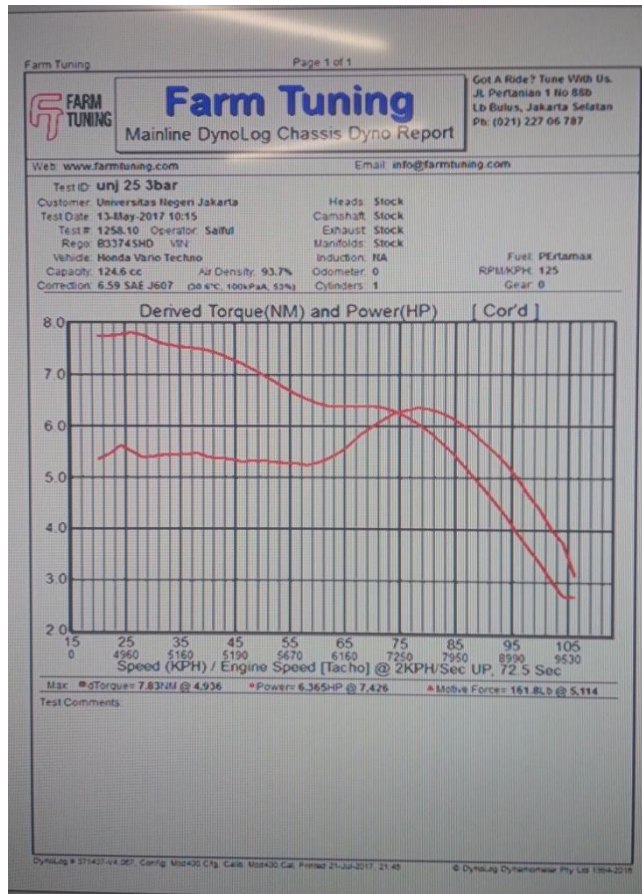
Data daya mesin hasil pengujian diatas dynamometer berdasarkan daya puncak pada setiap bukaan *throttle*

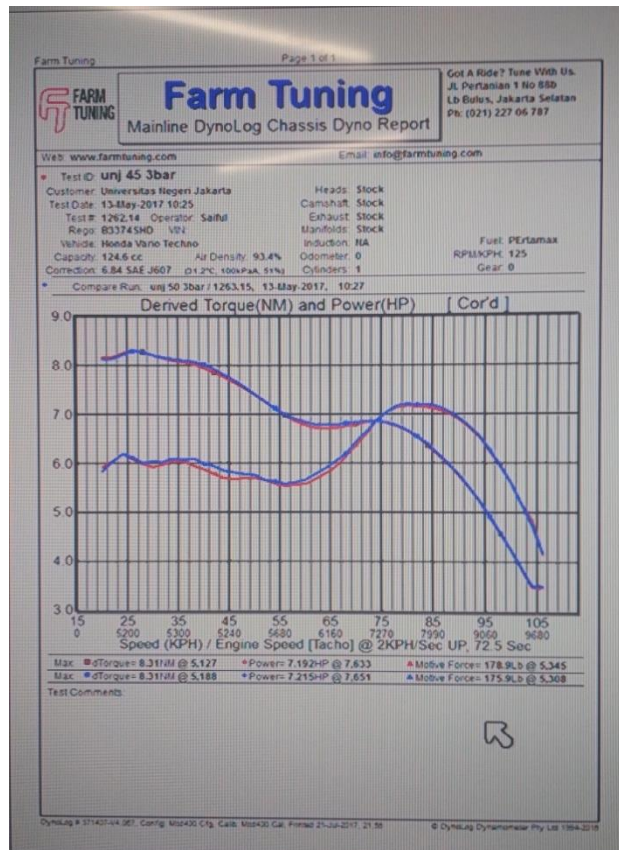
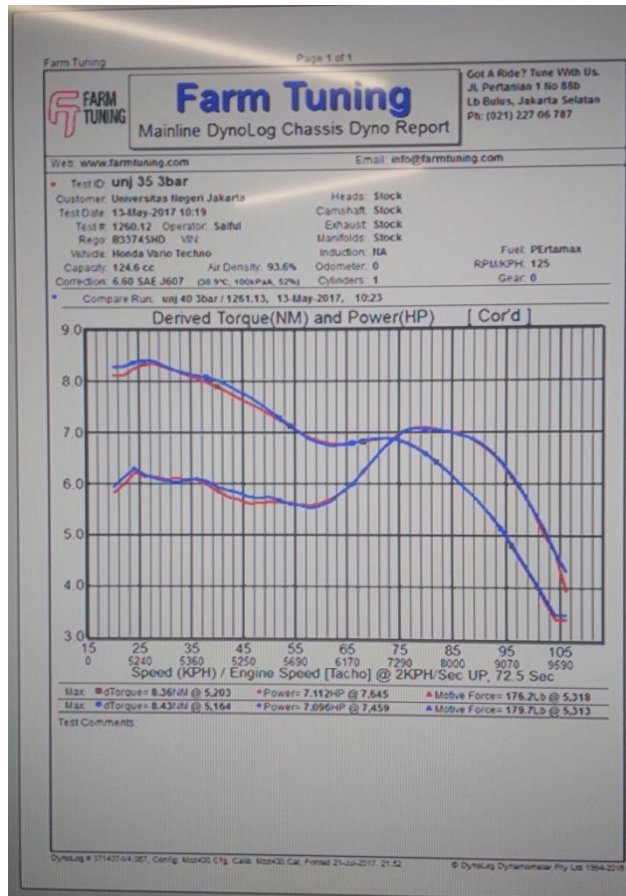
LAMPIRAN 5

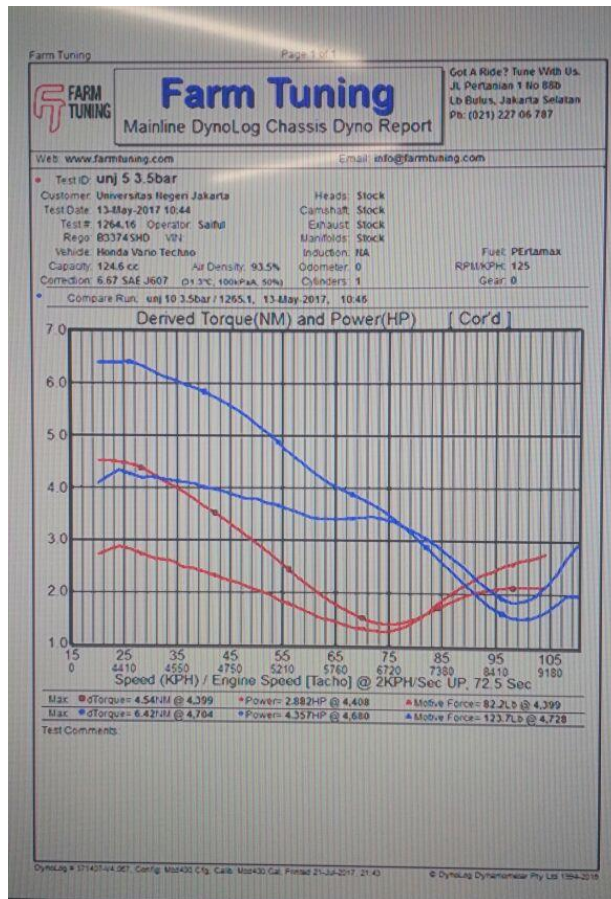
Data Grafik Daya dan Torsi hasil Dyno

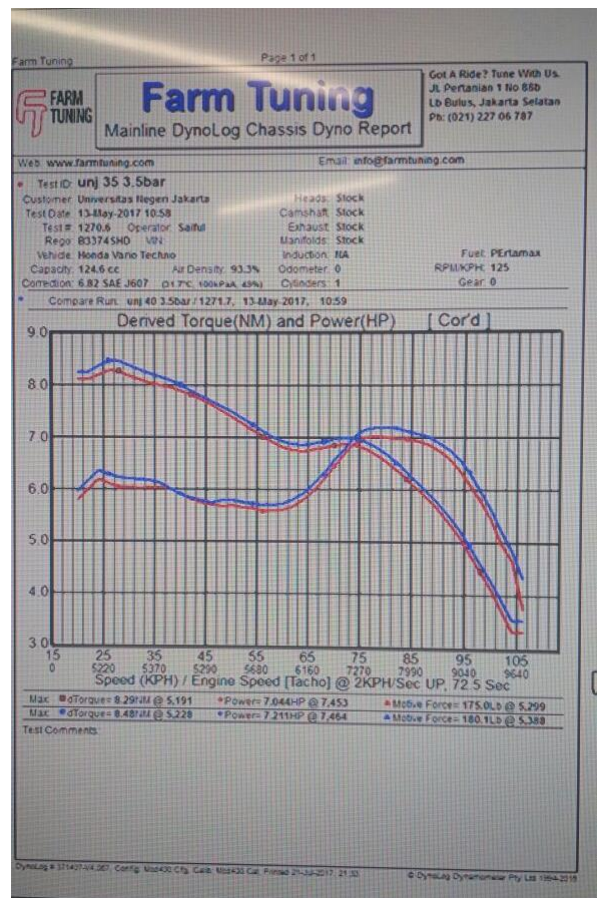
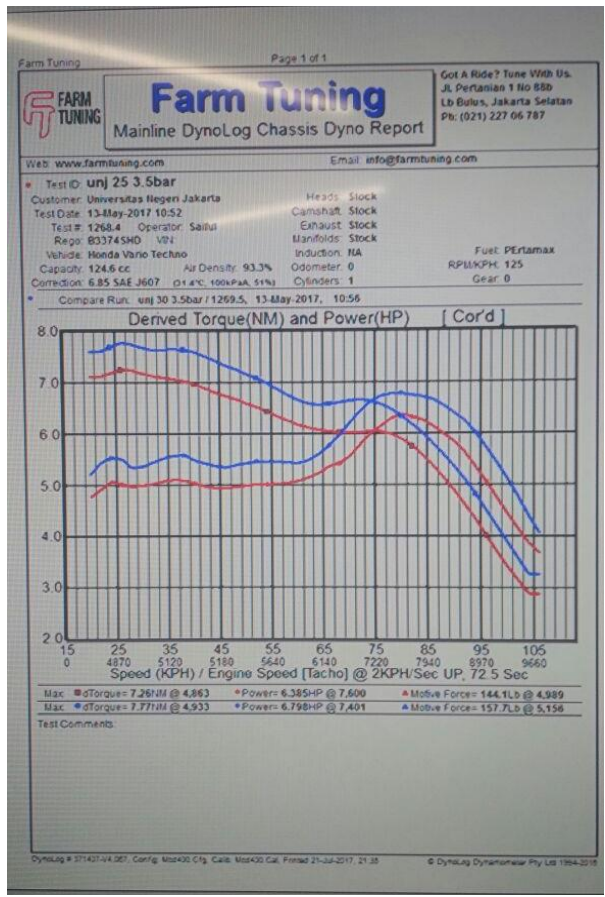














Farm Tuning

Mainline DynoLog Chassis Dyno Report

Got A Ride? Tune With Us.
Jl. Pertanian 1 No 88b
Lb Bulus, Jakarta Selatan
Ph: (021) 227 06 787

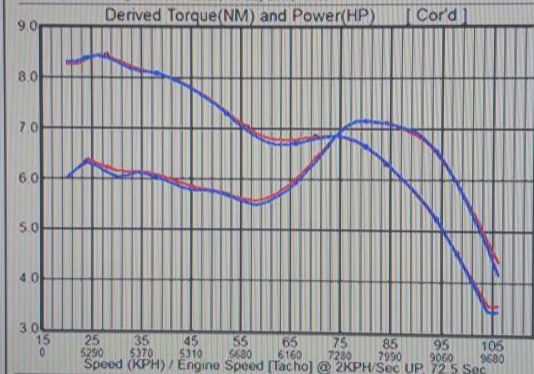
Web: www.farmtuning.com

Email: info@farmtuning.com

Test ID: **unj 50 3.5 bar**

Customer: Universitas Heger Jakarta	Heads: Stock		
Test Date: 13-May-2017 11:05	Camshaft: Stock		
Test #: 127310 Operator: Saiful	Exhaust: Stock		
Reps: 833745HD VRL	Manifolds: Stock		
Vehicle: Honda Vano Techno	Induction: NA	Fuel: PERTAMAX	
Capacity: 124.6 cc	Air Density: 93.2%	Odometer: 0	RPM/KPH: 125
Correction: 6.89 SAE J607 (32.1% 100kPa/43%)	Cylinders: 1		Gear: 0

Compare Run: unj 45 3.5 bar / 12729, 13-May-2017, 11:03



Max. dTorque= 8.45Nm @ 5.240 *Power= 7.638HP @ 7.638 A Mobile Force= 181.3Lb @ 5.390
 Max. dTorque= 8.45Nm @ 5.161 *Power= 7.448HP @ 7.448 A Mobile Force= 182.3Lb @ 5.387

Test Comments:

LAMPIRAN 6

Tabel Daya dan Torsi Perbukaan Throttle

Tabel Torsi dan Daya Bukaán Throttle 5°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94 bar	3,5 bar	2,94 bar	3,5 bar
2750	4,47	5,01	2,10	2,35
3000	4,47	5,01	2,14	2,43
3250	4,47	5,01	2,12	2,36
3500	4,33	4,88	2,04	2,32
3750	4,33	4,74	1,99	2,25
4000	4,20	4,60	1,96	2,24
4250	4,06	4,47	1,93	2,20
4500	3,93	4,47	1,85	2,17
4750	3,79	4,33	1,83	2,12

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94 bar	3,5 bar	2,94 bar	3,5 bar
2750	4,47	5,01	2,14	2,35
3000	4,47	5,01	2,14	2,43
3250	4,33	5,00	2,12	2,36
3500	4,33	4,88	2,04	2,32
3750	4,33	4,74	1,99	2,25
4000	4,20	4,60	1,96	2,24
4250	4,06	4,47	1,93	2,18
4500	3,93	4,47	1,85	2,17
4750	3,71	4,30	1,83	2,10

Tabel Torsi dan Daya Bukaán Throttle 10°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	6,23	6,37	2,48	2,48
3000	6,23	6,37	2,50	2,50
3250	6,37	6,37	2,51	2,51
3500	6,23	6,37	2,58	2,58
3750	6,10	6,23	2,54	2,54
4000	6,10	6,10	2,57	2,57
4250	5,96	6,10	2,63	2,63
4500	5,96	5,96	2,78	2,78
4750	5,83	5,96	2,84	2,84
5000	5,69	5,83	2,90	2,91

5250	5,55	5,83	2,90	2,90
------	------	------	-------------	------

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	6,23	6,37	2,48	2,48
3000	6,37	6,37	2,50	2,50
3250	6,37	6,37	2,51	2,51
3500	6,23	6,37	2,58	2,58
3750	6,10	6,23	2,54	2,54
4000	6,10	6,10	2,57	2,57
4250	5,96	6,10	2,63	2,63
4500	5,96	5,96	2,78	2,78
4750	5,72	5,85	2,84	2,84
5000	5,69	5,83	2,90	2,91
5250	5,55	5,83	2,90	2,91

Tabel Torsi dan Daya Buka Throttle 15°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	7,05	7,05	3,53	3,53
3000	7,05	7,19	3,54	3,54
3250	7,19	7,19	3,56	3,56
3500	7,05	7,19	3,57	3,57
3750	7,05	7,05	3,69	3,55
4000	6,91	7,05	3,55	3,54
4250	6,91	6,91	3,54	3,52
4500	6,77	6,91	3,52	3,55
4750	6,77	6,91	3,55	3,57
5000	6,64	6,77	3,69	3,52
5250	6,64	6,77	3,57	3,47
5500	6,50	,64	3,52	3,44
5750	6,37	6,50	3,47	3,39
6000	6,23	6,37	3,44	3,32

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	7,05	7,05	3,53	3,53
3000	7,05	7,19	3,54	3,54
3250	7,19	7,19	3,56	3,56
3500	7,05	7,19	3,57	3,57
3750	7,05	7,05	3,69	3,55
4000	6,91	7,05	3,55	3,54

4250	6,91	6,91	3,54	3,52
4500	6,77	6,91	3,52	3,55
4750	6,77	6,91	3,55	3,57
5000	6,64	6,77	3,69	3,52
5250	6,64	6,77	3,69	3,47
5500	6,50	,64	3,52	3,44
5750	6,37	6,50	3,47	3,39
6000	6,33	6,37	3,44	3,32

Tabel Torsi dan Daya Buka Throttle 20°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	7,19	7,19	3,71	3,95
3000	7,19	7,19	3,81	3,95
3250	7,32	7,32	3,74	3,84
3500	7,32	7,32	3,69	3,81
3750	7,19	7,32	3,76	3,80
4000	7,19	7,19	3,79	3,73
4250	7,19	7,19	3,84	3,73
4500	7,19	7,19	3,81	3,69
4750	7,05	7,05	3,80	3,73
5000	7,05	7,05	3,73	3,69
5250	6,91	6,91	3,69	3,76
5500	6,91	6,91	3,62	3,79
5750	6,78	6,78	3,70	3,84
6000	6,64	6,64	3,67	3,81
6250	6,64	6,64	3,71	3,71
6500	6,51	6,64	3,74	3,74

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	7,19	7,19	3,71	3,95
3000	7,32	7,19	3,81	3,95
3250	7,32	7,32	3,74	3,84
3500	7,32	7,32	3,69	3,81
3750	7,19	7,30	3,76	3,80
4000	7,19	7,19	3,79	3,73
4250	7,19	7,19	3,84	3,73
4500	7,19	7,19	3,81	3,69
4750	7,05	7,05	3,81	3,73
5000	7,05	7,05	3,73	3,69

5250	6,91	6,91	3,69	3,76
5500	6,91	6,91	3,62	3,79
5750	6,78	6,78	3,70	3,84
6000	6,64	6,64	3,81	3,81
6250	6,64	6,64	3,71	3,71
6500	6,51	6,64	3,74	3,74

Tabel Torsi dan Daya Bukaan Throttle 25°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	7,19	7,32	3,67	3,67
3000	7,19	7,32	3,80	3,80
3250	7,32	7,46	3,74	3,74
3500	7,32	7,46	3,72	3,73
3750	7,32	7,46	3,73	3,73
4000	7,19	7,32	3,75	3,75
4250	7,19	7,32	3,80	3,75
4500	7,05	7,32	3,82	3,82
4750	7,05	7,19	3,81	3,81
5000	7,05	7,19	3,75	3,75
5250	7,05	7,05	3,71	3,71
5500	6,91	7,05	3,69	3,71
5750	6,78	6,91	3,68	3,68
6000	6,78	6,78	3,72	3,72
6250	6,64	6,64	3,74	3,74
6500	6,64	6,64	3,78	3,80
6750	6,51	6,51	3,84	3,96
7000	6,37	6,37	3,81	4,08

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	7,19	7,32	3,67	3,67
3000	7,19	7,32	3,80	3,80
3250	7,32	7,46	3,74	3,74
3500	7,32	7,46	3,72	3,73
3750	7,32	7,46	3,73	3,73
4000	7,32	7,32	3,75	3,75
4250	7,19	7,32	3,80	3,75
4500	7,05	7,32	3,82	3,82
4750	7,05	7,19	3,81	3,81
5000	7,05	7,19	3,75	3,75
5250	7,05	7,05	3,71	3,71

5500	6,90	7,05	3,69	3,71
5750	6,78	6,91	3,68	3,68
6000	6,78	6,78	3,72	3,72
6250	6,64	6,64	3,74	3,74
6500	6,64	6,64	3,78	3,80
6750	6,51	6,50	3,84	3,96
7000	6,37	6,37	3,81	4,08

Tabel Torsi dan Daya Buka Throttle 30°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	7,59	7,86	4,07	4,10
3000	7,73	7,86	4,14	4,12
3250	7,73	8	4,17	4,13
3500	7,73	8	3,99	4,16
3750	7,73	7,86	4,00	4,16
4000	7,59	7,73	4,09	4,17
4250	7,59	7,73	4,12	4,17
4500	7,59	7,73	4,16	4,20
4750	7,59	7,59	4,17	4,22
5000	7,59	7,59	4,11	4,27
5250	7,59	7,46	4,05	4,34
5500	7,46	7,32	4,01	4,35
5750	7,32	7,32	3,98	4,35
6000	7,32	7,19	4,02	4,24
6250	7,19	7,19	4,06	4,24
6500	7,05	6,91	4,08	4,22
6750	7,05	6,91	4,08	4,21
7000	6,91	6,78	4,07	4,17
7250	6,78	6,64	4,06	4,17
7500	6,64	6,64	4,05	4,18
7750	6,64	6,64	4,09	4,24

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	7,59	7,86	4,14	4,10
3000	7,73	7,86	4,17	4,12
3250	7,73	8	4,17	4,13
3500	7,73	8	3,99	4,16
3750	7,73	7,86	4,00	4,16
4000	7,59	8	4,09	4,17

4250	7,59	7,73	4,12	4,17
4500	7,59	7,73	4,16	4,20
4750	7,59	7,59	4,11	4,22
5000	7,59	7,59	4,11	4,27
5250	7,59	7,46	4,05	4,35
5500	7,46	7,32	4,01	4,35
5750	7,32	7,32	3,98	4,35
6000	7,32	7,19	4,02	4,24
6250	7,19	7,19	4,06	4,24
6500	7,05	6,91	4,08	4,22
6750	7,05	6,91	4,08	4,21
7000	6,91	6,78	4,07	4,17
7250	6,78	6,64	4,06	4,17
7500	6,64	6,64	4,05	4,18
7750	6,64	6,64	4,09	4,24

Tabel Torsi dan Daya Bukaan Throttle 35°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	8,13	8,13	4,10	4,10
3000	8,27	8,27	4,12	4,12
3250	8,27	8,41	4,13	4,13
3500	8,27	8,41	4,16	4,16
3750	8,13	8,27	4,16	4,16
4000	8,13	8,27	4,17	4,17
4250	8	8,13	4,17	4,17
4500	8	8,13	4,20	4,20
4750	8	8	4,22	4,22
5000	7,86	7,86	4,27	4,27
5250	7,86	7,86	4,34	4,34
5500	7,72	7,72	4,29	4,29
5750	7,72	7,59	4,26	4,26
6000	7,45	7,45	4,24	4,24
6250	7,32	7,32	4,24	4,24
6500	7,32	7,32	4,22	4,22
6750	7,18	7,18	4,21	4,21
7000	7,05	7,05	4,17	4,17
7250	6,91	6,91	4,17	4,17
7500	6,77	6,77	4,18	4,18
7750	6,77	6,77	4,32	4,40
8000	6,77	6,77	4,38	4,45
8250	6,77	6,77	4,45	4,59

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	8,13	8,13	4,10	4,10
3000	8,27	8,27	4,12	4,12
3250	8,27	8,41	4,13	4,13
3500	8,27	8,41	4,16	4,16
3750	8,13	8,41	4,16	4,16
4000	8,13	8,27	4,17	4,17
4250	8	8,13	4,17	4,17
4500	8	8,13	4,20	4,20
4750	8	8	4,22	4,22
5000	7,86	7,86	4,27	4,27
5250	7,86	7,86	4,34	4,34
5500	7,72	7,72	4,29	4,29
5750	7,72	7,59	4,26	4,26
6000	7,45	7,45	4,24	4,24
6250	7,32	7,32	4,24	4,24
6500	7,32	7,32	4,22	4,22
6750	7,18	7,18	4,21	4,21
7000	7,05	7,05	4,17	4,17
7250	6,91	6,91	4,17	4,17
7500	6,77	6,77	4,18	4,18
7750	6,77	6,77	4,32	4,40
8000	6,77	6,77	4,38	4,45
8250	6,77	6,77	4,45	4,59

Tabel Torsi dan Daya Buka-an Throttle 40°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	8,27	8,27	4,55	4,70
3000	8,41	8,54	4,60	4,77
3250	8,41	8,54	4,62	4,85
3500	8,27	8,41	4,70	4,94
3750	8,27	8,27	4,58	5,01
4000	8,27	8,27	4,56	4,56
4250	8,27	8,13	4,55	4,55
4500	8,13	8,13	4,53	4,53
4750	8,13	8,13	4,49	4,49
5000	8	8	4,41	4,41

5250	8	8	4,36	4,36
5500	7,86	7,86	4,33	4,33
5750	7,72	7,72	4,28	4,28
6000	7,45	7,45	4,33	4,33
6250	7,32	7,32	4,33	4,33
6500	7,32	7,32	4,30	4,30
6750	7,18	7,18	4,27	4,27
7000	7,05	7,05	4,27	4,27
7250	6,91	6,91	4,26	4,26
7500	6,91	6,77	4,27	4,27
7750	6,91	6,77	4,34	4,34
8000	6,91	6,77	4,42	4,42
8250	6,91	6,77	4,56	4,56
8500	6,91	6,91	4,58	4,58

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	8,27	8,27	4,55	4,70
3000	8,41	8,54	4,60	4,77
3250	8,41	8,54	4,62	4,85
3500	8,27	8,54	4,70	4,94
3750	8,27	8,27	4,58	5,01
4000	8,27	8,27	4,56	4,56
4250	8,27	8,13	4,55	4,55
4500	8,13	8,13	4,53	4,53
4750	8,13	8,13	4,49	4,49
5000	8	8	4,41	4,41
5250	8	8	4,36	4,36
5500	7,86	7,86	4,33	4,33
5750	7,72	7,72	4,28	4,28
6000	7,45	7,45	4,33	4,33
6250	7,32	7,32	4,33	4,33
6500	7,32	7,32	4,30	4,30
6750	7,18	7,18	4,27	4,27
7000	7,05	7,05	4,27	4,27
7250	6,91	6,91	4,26	4,26
7500	6,91	6,77	4,27	4,27
7750	6,91	6,77	4,34	4,34
8000	6,91	6,77	4,42	4,42
8250	6,91	6,77	4,56	4,56
8500	6,91	6,91	4,58	4,58

Tabel Torsi dan Daya Buka Throttle 45°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	8,13	8,13	4,62	4,62
3000	8,13	8,41	4,73	4,73
3250	8,27	8,41	4,65	4,65
3500	8,27	8,41	4,57	4,57
3750	8,27	8,41	4,51	4,51
4000	8,27	8,27	4,53	4,53
4250	8,13	8,25	4,58	4,58
4500	8,13	8,13	4,55	4,55
4750	8,13	8	4,50	4,50
5000	8	8	4,44	4,44
5250	8	7,86	4,39	4,39
5500	7,86	7,72	4,34	4,34
5750	7,72	7,72	4,31	4,31
6000	7,45	7,45	4,31	4,31
6250	7,32	7,32	4,29	4,29
6500	7,18	7,18	4,24	4,24
6750	7,18	7,18	4,18	4,18
7000	7,05	7,05	4,13	4,13
7250	6,91	6,91	4,10	4,10
7500	6,91	6,77	4,14	4,14
7750	6,77	6,77	4,21	4,21
8000	6,64	6,77	4,30	4,30
8250	6,77	6,77	4,42	4,42
8500	6,77	6,77	4,59	4,59
8750	6,77	6,77	4,75	4,75
9000	6,91	6,91	4,75	4,93

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,94bar	3,5 bar	2,94bar	3,5 bar
2750	8,13	8,13	4,62	4,62
3000	8,13	8,41	4,73	4,73
3250	8,27	8,41	4,65	4,65
3500	8,27	8,41	4,57	4,57
3750	8,27	8,27	4,51	4,51
4000	8,27	8,13	4,53	4,53
4250	8,13	8,13	4,58	4,58
4500	8,13	8,13	4,55	4,55
4750	8,13	8	4,50	4,50
5000	8	8	4,44	4,44
5250	8	7,86	4,39	4,39
5500	7,86	7,72	4,34	4,34
5750	7,72	7,72	4,31	4,31
6000	7,45	7,45	4,31	4,31
6250	7,32	7,32	4,29	4,29
6500	7,18	7,18	4,24	4,24
6750	7,18	7,18	4,18	4,18
7000	7,05	7,05	4,13	4,13
7250	6,91	6,91	4,10	4,10
7500	6,91	6,77	4,14	4,14
7750	6,77	6,77	4,21	4,21
8000	6,64	6,77	4,30	4,30
8250	6,77	6,77	4,42	4,42
8500	6,77	6,77	4,59	4,59
8750	6,77	6,77	4,75	4,75
9000	6,91	6,91	4,75	4,93

Tabel Torsi dan Daya Buka Throttle 50°

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,5 bar	2,94 bar	2,5 bar	2,94 bar
2750	8,27	8,41	4,62	4,62
3000	8,27	8,41	4,77	4,77
3250	8,27	8,41	4,70	4,70
3500	8,27	8,41	4,65	4,65
3750	8,13	8,41	4,60	4,60
4000	8,13	8,13	4,59	4,59
4250	8,13	8,13	4,58	4,58
4500	8,13	8,13	4,58	4,58
4750	8,13	8	4,54	4,54
5000	8	8	4,49	4,49
5250	8	7,86	4,43	4,43
5500	7,86	7,72	4,39	4,39
5750	7,72	7,72	4,35	4,35
6000	7,45	7,45	4,33	4,33
6250	7,32	7,32	4,30	4,30
6500	7,18	7,18	4,27	4,27
6750	7,18	7,18	4,21	4,21
7000	7,05	7,05	4,17	4,17
7250	6,91	6,91	4,16	4,16
7500	6,91	6,77	4,20	4,20
7750	6,77	6,77	4,27	4,27
8000	6,64	6,77	4,39	4,39
8250	6,77	6,77	4,48	4,48
8500	6,77	6,77	4,63	4,63
8750	6,77	6,77	4,80	4,80
9000	6,91	6,91	4,97	4,97
9250	6,77	6,77	5,12	5,12
9500	6,77	6,77	5,22	5,22
9750	6,77	6,77	5,33	5,35

RPM	TORSI (Nm)		DAYA (kW)	
	2,5 bar	2,94 bar	2,5 bar	2,94 bar
2750	8,27	8,41	4,62	4,62
3000	8,27	8,41	4,77	4,77
3250	8,27	8,41	4,70	4,70
3500	8,27	8,41	4,65	4,65
3750	8,13	8,27	4,60	4,60
4000	8,13	8,13	4,59	4,59
4250	8,13	8,13	4,58	4,58
4500	8,13	8,13	4,58	4,58
4750	8,13	8	4,54	4,54
5000	8	8	4,49	4,49
5250	8	7,86	4,43	4,43
5500	7,86	7,72	4,39	4,39
5750	7,72	7,72	4,35	4,35
6000	7,45	7,45	4,33	4,33
6250	7,32	7,32	4,30	4,30
6500	7,18	7,18	4,27	4,27
6750	7,18	7,18	4,21	4,21
7000	7,05	7,05	4,17	4,17
7250	6,91	6,91	4,16	4,16
7500	6,91	6,77	4,20	4,20
7750	6,77	6,77	4,27	4,27
8000	6,64	6,77	4,39	4,39
8250	6,77	6,77	4,48	4,48
8500	6,77	6,77	4,63	4,63
8750	6,77	6,77	4,80	4,80
9000	6,91	6,91	4,97	4,97
9250	6,77	6,77	5,12	5,12
9500	6,77	6,77	5,22	5,22
9750	6,77	6,77	5,33	5,35

RIWAYAT HIDUP



Hendarko Ghany S dilahirkan di DKI Jakarta, pada tanggal 3 November 1994. Putra sulung dari 2 bersaudara pasangan Bapak Edy Ruskaedy dan Ibu Wijiyanti Astuti. Bertempat tinggal di Jl SMP 160 No.58 RT007/03 Ceger, Cipayang, Jakarta Timur.

Menempuh pendidikan di SD Negeri Ceger 02, SMP Negeri 192 Jakarta, SMK Islam PB Soedirman 1 Jakarta, dan Universitas Negeri Jakarta (UNJ) pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT). Pengalaman di organisasi pada Batavia Team UNJ yaitu, *Engine Division* dan *Chasis Division* di Batavia Team UNJ 2014-2017, Pada awal tahun 2014 sampai 2017 setiap tahunnya penulis selalu mengikuti ajang *Shell eco marathon asia* di Filipina dan Singapura serta *Kontes Mobil Hemat Energi* di Malang dan Yogyakarta mewakili Universitas Negeri Jakarta. Khususnya Jurusan Teknik Mesin dan *mendapatkan Juara 1 Nasional pada Kontes Mobil Hemat Energi 2016.*

