

**PENGUJIAN TORSI DAN DAYA PADA MOTOR  
BENSIN SATU SILINDER MENGGUNAKAN WATER  
*BRAKE DYNAMOMETER***



Skripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata  
Satu Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan

**YOSSI PURWA AJI WARHAYADI**

**5315097077**


**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd</u> (Dosen Pembimbing I)	.....	(.....)
<u>Imam Mahir, S.Pd, M.Pd</u> (Dosen Pembimbing II)	.....	(.....)

## PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Prof. Dr. Hj. Hartati .M, M.Pd. (Ketua Penguji)	.....	(.....)
Ragil Sukarno, ST., MT. (Sekretaris)	 .....	(.....)
H. Wardoyo, ST., MT. (Dosen Ahli)	.....	(.....)

Tanggal Lulus : 04 Februari 2015

### Mengetahui,

Ketua Jurusan  
Teknik Mesin

Ketua Program Studi  
Pendidikan Teknik Mesin

Dr. Eng. Agung Premono, MT.  
NIP.197705012001121002

Ahmad Kholil, ST., MT.  
NIP.197908312005011001

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya :

Nama : Yossi Purwa Aji Warhayadi

No. Reg : 5315097077

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis (skripsi) dengan judul **“Pengujian Torsi dan Daya Pada Motor Bensin Satu Silinder Menggunakan *Water Brake Dynamometer*”**. Merupakan murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.

Hal-hal yang bukan karya saya secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2015

Yossi Purwa Aji Warhayadi

## PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

Laporan Skripsi dengan judul :

**“Pengujian Torsi dan Daya Pada Motor Bensin Satu Silinder Menggunakan  
*Water Brake Dynamometer*”**

Dibuat untuk memenuhi sebagian persyaratan kelulusan pada Program Studi Strata Satu (S1) Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji.

Dosen Pembimbing I

Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd  
NIP.196105211986021001

Jakarta, Januari 2015

Dosen Pembimbing II

Imam Mahir, S.Pd, M.Pd  
NIP.198404182009121002

## ABSTRAK

**Yossi Purwa Aji, W.** *Pengujian Torsi dan Daya pada Motor Bensin Satu Silinder Menggunakan Water Brake Dynamometer*. Skripsi, Jakarta : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Januari 2015.

Performa suatu motor pembakaran dalam sering kali dikaitkan dengan torsi dan daya mesin. Untuk melakukan pengujian performa mesin digunakan alat yang dinamakan *dynamometer*. Di Laboratorium Otomotif Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta sudah ada *dynamometer* tipe *water brake* namun kondisinya tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga melalui penelitian ini akan dibangun ulang sebuah *dynamometer* dan mengujinya untuk mengukur torsi dan daya. Pengujian ini perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari peralatan tersebut dalam mengukur torsi yang dihasilkan mesin uji. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pengujian torsi dan daya pada motor bensin satu silinder menggunakan *water brake dynamometer*.

Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode eksperimen yang digunakan untuk mengetahui data-data hasil pengujian secara aktual dan metode deskriptif yang bertujuan untuk membuat deskripsi dari fenomena yang terjadi secara faktual, pengujian dilakukan sebanyak tiga kali sehingga didapatkan perbandingan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *water brake dynamometer* memberikan beberapa karakteristik yang sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya. Pengujian torsi dan daya secara aktual menunjukkan hasil pengukuran sebesar 10,8 Nm pada putaran  $\pm 2294$  rpm dan 2,68 kW pada putaran  $\pm 2395$  rpm, hasil ini berdasarkan rata-rata pengujian torsi dan daya tahap I – III.

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan bahwa *dynamometer* secara fungsional sudah dapat digunakan untuk memberikan pembebanan terhadap mesin uji sehingga dapat mengukur torsi dan menentukan daya yang dihasilkan mesin. Pada pengujian secara aktual terdapat beberapa kendala teknis seperti keterbatasan kemampuan alat ukur sehingga pengujian tidak dilakukan mencapai putaran kritis karena pertimbangan keamanan, oleh karena itu ditentukan daerah kerja pada pengujian ini, dimulai dari putaran 2000 rpm sampai 3000 rpm dengan pembebanan secara bertahap.

Kata kunci : Pengujian Torsi dan Daya, *Water Brake Dynamometer*, Motor Bensin Satu Silinder.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Pengujian Torsi dan Daya Pada Motor Bensin Satu Silinder Menggunakan *Water Brake Dynamometer*”, yang merupakan persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Keterbatasan kemampuan penulis dalam penelitian ini menyebabkan menemukan beberapa kendala. Oleh karena itu, skripsi ini tidak dapat terwujud dengan baik tanpa adanya bimbingan, motivasi, saran-saran dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini sudah selayaknya penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Riyadi, ST. MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Eng. Agung Premono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
3. Bapak Ahmad Kholil, ST. MT, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin dan Koordinator Skripsi Teknik Mesin.
4. Bapak Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd dan Bapak Imam Mahir, S.Pd. M.Pd selaku dosen pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan nasehat, motivasi, arahan dan petunjuk hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Bapak Drs. H. Sopiyan selaku Pembimbing Akademik selama menjalani studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
7. Bapak Widodo dari pihak Bengkel Jonin Motor dan para mekanik yang telah membantu proses pengerjaan dan perakitan *dynamometer* untuk penelitian skripsi ini.

8. Kedua orang tua, kakak, adik, kerabat, sahabat yang selalu mengingatkan, mendukung dan memberikan doa serta semangatnya kepada penulis.
9. Seluruh rekan seperjuangan S1 Pendidikan Teknik Mesin Angkatan 2009 dan pihak-pihak yang telah memberikan bantuan yang berguna bagi penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih ditemui kekurangan dan ketidaksempurnaan baik dalam segi materi maupun teknis, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Semoga karya tulis (skripsi) ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan untuk para pembaca sekalian pada umumnya. Amin.

Jakarta, Januari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Perumusan Masalah .....	4
1.5 Ruang Lingkup .....	5
1.6 Tujuan Penelitian .....	5
1.7 Kegunaan Penelitian .....	6
BAB II KAJIAN TEORI	
2.1 Metode Pengukuran Momen dan Daya.....	7
2.2 Dasar Teori Motor Bensin .....	9
2.3 Prinsip Kerja Motor Bensin.....	10
2.3.1 Dasar Kerja Motor Empat Langkah .....	12
2.3.2 Dasar Kerja Motor Dua Langkah.....	14
2.4 Motor <i>Gasoline</i> Serbaguna.....	15
2.4.1 Konstruksi.....	16
2.4.2 Data Prestasi Motor .....	19
2.5 Parameter Prestasi Mesin .....	23
2.6 <i>Dynamometer</i> .....	26
2.6.1 Prinsip Kerja .....	28
2.6.2 Tipe-tipe <i>Dynamometer</i> .....	29
2.6.3 Prinsip Operasi Daya <i>Dynamometer</i> .....	33



2.7 <i>Water Brake Dynamometer</i> .....	35
2.7.1 Prinsip Kerja .....	37
2.7.2 Komponen.....	38

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	39
3.2 Alat dan Bahan .....	39
3.3 Diagram Alur Penelitian.....	40
3.4 Metode Penelitian .....	41
3.5 Deskripsi Alat-alat Uji .....	41
3.5.1 <i>Dynamometer</i> .....	42
3.5.2 Mesin Uji.....	43
3.5.3 <i>Inductive Proximity Sensor (Pulse Meter)</i> .....	44
3.5.4 Neraca Pegas.....	45
3.6 Tahap Reparasi .....	45
3.7 Tahap Perakitan dan Pemasangan.....	49
3.8 Tahap Kalibrasi.....	52
3.9 Prosedur Pengujian .....	52
3.10 Tahap Pengujian dan Pengambilan Data.....	54
3.11 Metode Perhitungan (Analisis Data).....	56

### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian .....	58
4.2 Analisa Grafik Hasil Penelitian .....	61
4.2.1 Analisa Grafik Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap-I).....	61
4.2.2 Analisa Grafik Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap-II) .....	66
4.2.3 Analisa Grafik Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap-III) .....	69
4.3 Pembahasan .....	73
4.4 Keterbatasan Pengujian .....	74

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA .....	79
LAMPIRAN	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Data spesifikasi mesin uji .....	43
Tabel 4.1 Data hasil pengujian torsi dan daya (Tahap I) .....	59
Tabel 4.2 Data hasil pengujian torsi dan daya (Tahap II).....	59
Tabel 4.3 Data hasil pengujian torsi dan daya (Tahap III).....	60
Tabel 4.4 Data komparasi dan rata-rata hasil pengujian torsi (Tahap I-III) .....	60
Tabel 4.5 Data komparasi dan rata-rata hasil pengujian daya (Tahap I-III) .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema perubahan energi pada motor bakar torak .....	11
Gambar 2.2	Siklus kerja motor bakar 4 tak .....	13
Gambar 2.3	Siklus kerja motor bakar 2 tak .....	15
Gambar 2.4	Konstruksi motor bensin 4-langkah .....	17
Gambar 2.5	Konstruksi motor bensin 2-langkah .....	18
Gambar 2.6	Kurva prestasi motor dengan pengatur (Governor) .....	19
Gambar 2.7	Hubungan <i>Output</i> dengan suhu atmosfer dan tekanan .....	22
Gambar 2.8	Komponen utama motor bakar dan siklus kerja.....	24
Gambar 2.9	<i>Setup</i> pengujian mesin menggunakan <i>engine dynamometer</i> ..	27
Gambar 2.10	<i>Setup</i> pengujian mesin menggunakan <i>chassis dynamometer</i> .	28
Gambar 2.11	Prinsip kerja <i>dynamometer</i> .....	28
Gambar 2.12	<i>Dynamometer</i> penggerak (Motor-Generator).....	30
Gambar 2.13	Mekanisme kerja <i>prony brake dynamometer</i> .....	31
Gambar 2.14	<i>Water brake dynamometer</i> .....	31
Gambar 2.15	<i>Eddy current dynamometer air cooled type</i> .....	31
Gambar 2.16	<i>Dynamometer</i> transmisi tipe <i>strain gage</i> .....	32
Gambar 2.17	Pengukuran daya / tes prestasi motor .....	33
Gambar 2.18	Skematik <i>water brake dynamometer</i> .....	37
Gambar 2.19	Perputaran air pada <i>disk</i> .....	38
Gambar 2.20	Konstruksi <i>Dynamometer</i> hidrolis .....	38
Gambar 3.1	Diagram alur penelitian .....	40
Gambar 3.2	Skematik <i>setup</i> komponen <i>dynamometer</i> .....	42
Gambar 3.3	<i>Housing water brake dynamometer</i> .....	42
Gambar 3.4	Motor bensin 4-tak 1-silinder.....	43
Gambar 3.5	<i>Proximity sensor</i> dan <i>display</i> .....	44
Gambar 3.6	Neraca pegas kapasitas 100N.....	45
Gambar 3.7	Mesin lama dan mesin baru .....	46
Gambar 3.8	Membongkar <i>housing water brake dynamometer</i> .....	47
Gambar 3.9	Instalasi selang-selang air pada <i>dynamometer</i> .....	48

Gambar 3.10 Pemasangan <i>housing water brake dynamometer</i> .....	50
Gambar 3.11 Pemasangan <i>water hose</i> .....	50
Gambar 3.12 Poros yang terhubung oleh <i>flange coupling</i> .....	51
Gambar 3.13 Instalasi peralatan .....	51
Gambar 4.1 Grafik pengaruh gaya pembebanan terhadap kecepatan putaran mesin (Pengujian Tahap-I).....	61
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin dengan torsi (Pengujian Tahap-I).....	62
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin dengan daya (Pengujian Tahap-I).....	63
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin, torsi dan daya (Pengujian Tahap-I).....	64
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara torsi dengan daya (Pengujian Tahap-I).....	65
Gambar 4.6 Grafik pengaruh gaya pembebanan terhadap kecepatan putaran mesin (Pengujian Tahap-II) .....	66
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin dengan torsi (Pengujian Tahap-II) .....	67
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin dengan daya (Pengujian Tahap-II) .....	67
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin, torsi dan daya (Pengujian Tahap-II) .....	68
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara torsi dengan daya (Pengujian Tahap-II) .....	69
Gambar 4.11 Grafik pengaruh gaya pembebanan terhadap kecepatan putaran mesin (Pengujian Tahap-III).....	69
Gambar 4.12 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin dengan torsi (Pengujian Tahap-III) .....	70
Gambar 4.13 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin dengan daya (Pengujian Tahap-III) .....	71

Gambar 4.14 Grafik hubungan antara kecepatan putaran mesin, torsi dan daya (Pengujian Tahap-III) .....	71
Gambar 4.15 Grafik hubungan antara torsi dengan daya (Pengujian Tahap-III) .....	72

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Motor bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah campuran bahan bakar (bensin dan udara) menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik. Secara garis besar motor bensin empat langkah tersusun oleh beberapa komponen utama meliputi blok silinder (*cylinder block*), kepala silinder (*cylinder head*), bak engkol (*crank case*), poros engkol (*crank shaft*), piston, batang piston (*connecting rod*), roda penerus (*fly wheel*), poros cam (*cam shaft*) dan mekanik katup (*valve mechanic*).<sup>1</sup>

Pada motor pembakaran dalam (*Internal Combustion engine*), torak digerakkan oleh gas hasil pembakaran yang bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi pula, dengan demikian motor pembakaran dalam ini dapat dibuat dengan konstruksi yang ringan sehingga perbandingan antara daya dan berat menjadi besar.<sup>2</sup> Performa suatu motor pembakaran dalam sering kali dikaitkan dengan torsi dan daya mesin. Untuk melakukan pengukuran performa mesin digunakan alat yang dinamakan *dynamometer*. Dalam proses pengujian performa mesin perlu juga adanya sistem pendinginan karena pembebanan *dynamometer* mengakibatkan panas. *Water brake dynamometer*

---

<sup>1</sup> Wahyu Hidayat, *Motor bensin modern*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2012) h.1

<sup>2</sup> Nakoela Soenarta, *Motor Serbaguna*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 1985) h.4

adalah salah satu jenis *dynamometer* yang menggunakan air sebagai media pembebanan.<sup>3</sup>

Menurut tipenya *dynamometer* dibagi menjadi *dynamometer* transmisi, *dynamometer* penggerak dan *dynamometer* absorsi. *Dynamometer* tipe *water brake* adalah salah satu macam dari *dynamometer* absorsi. Konsep *dynamometer* tipe *water brake* sama dengan pompa sentrifugal tetapi yang tidak efisien.<sup>4</sup> Alat tersebut digunakan untuk mengukur torsi dan putaran poros (*rotation per minute/rpm*) yang dihasilkan oleh mesin yang diuji. Untuk menentukan kapasitas *dynamometer* tergantung dari daya pada mesin tersebut, biasanya daya *dynamometer* ditentukan lebih besar 10-20% dari daya mesin yang diuji.<sup>5</sup>

Di Laboratorium Otomotif Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta sudah ada *dynamometer* tipe *water brake* namun kondisinya tidak dapat berfungsi dengan baik sehingga melalui penelitian ini akan dibangun atau merakit ulang sebuah *dynamometer*. Setelah direparasi dan dirakit maka *dynamometer* perlu diuji unjuk kerjanya untuk mengetahui kemampuan dalam mengukur torsi yang dihasilkan oleh mesin uji, sebagai sarana pendukung pengujian maka digunakan penggerak mula berjenis motor bensin empat tak (langkah) satu silinder.

---

<sup>3</sup> Winarko,A &Wulandari,D. 2013. “Rancang Bangun *Engine Water Brake Dynamometer* Sebagai Media Pembelajaran Praktek Pengujian Performa Mesin”, *JTM UNESA* Vol.01(02): 303-310

<sup>4</sup> Sinaga,N & Dewangga,A. 2012. “Pengujian & Pembuatan Buku Petunjuk Operasi *Chassis Dynamometer* Tipe *Water Brake*”, *ROTASI* Vol.14(3): 8-12

<sup>5</sup> Supriyo. 2012. “Perancangan dan Pembuatan *Dynamometer* Arus Eddy Untuk Pengujian Kendaraan Bermotor Kapasitas 130 KW”. [*tesis*]. Semarang : Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro.h.16



Atas dasar inilah diperlukan Pengujian Torsi dan Daya Pada Motor Bensin Satu Silinder Menggunakan *water brake dynamometer* sehingga akan dapat diketahui apakah alat tersebut mampu berfungsi dengan baik untuk mengukur torsi mesin. Keberhasilan dari penelitian ini diharapkan dapat menambah kapasitas Laboratorium Otomotif Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta dalam hal penerapan metode pengukuran dan pengujian mesin, khususnya pada motor bensin satu silinder menggunakan *dynamometer tipe water brake*.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Terdapat beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi dari latar belakang masalah yang sudah dipaparkan, antara lain :

1. Bagaimana metode pengujian torsi dan daya yang diterapkan dengan menggunakan *water brake dynamometer* ?
2. Hal-hal apa saja yang menjadi parameter pengukuran dan pengujian unjuk kerja motor bensin pada penelitian ini ?
3. Bagaimana cara mempersiapkan *setup dynamometer*, mesin (*gasoline engine*) dan peralatan pendukung untuk prosedur pengujian ?
4. Hal-hal apa saja yang dijadikan indikator untuk mengetahui kinerja dari *water brake dynamometer* ?
5. Bagaimana cara mengolah data-data hasil pengujian unjuk kerja mesin yang didapatkan dengan menggunakan *water brake dynamometer* ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Karena luasnya cakupan permasalahan yang sudah dipaparkan dalam identifikasi masalah, maka dalam penelitian ini dibuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Hal-hal apa saja yang dijadikan indikator untuk mengetahui kinerja dari *water brake dynamometer* ?
2. Bagaimana metode pengujian torsi dan daya yang diterapkan dengan menggunakan *water brake dynamometer* ?
3. Bagaimana cara mengolah data-data hasil pengujian unjuk kerja mesin yang didapatkan dengan menggunakan *water brake dynamometer* ?

### **1.4 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang pemikiran dan permasalahan yang sudah dijelaskan di atas, maka selanjutnya disusun suatu rumusan masalah sebagai berikut : “Bagaimanakah hasil pengujian torsi dan daya pada motor bensin satu silinder menggunakan *water brake dynamometer* ?” sehingga akan dapat diketahui secara aktual kemampuan *dynamometer* serta hasil pengujian torsi dan daya pada mesin uji tersebut.

## **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian mesin yang dilakukan yaitu untuk mengukur nilai torsi dan daya yang dihasilkan oleh mesin uji secara aktual menggunakan *water brake dynamometer*, jenis mesin uji yang digunakan adalah motor bensin satu silinder.
2. Hasil penelitian tidak akan membahas dari segi pengujian performansi mesin secara keseluruhan, seperti pengujian konsumsi bahan bakar, perbandingan udara-bahan bakar (AFR), efisiensi termal maupun efisiensi volumetriknya.

## **1.6 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membangun ulang sebuah *engine dynamometer* tipe *water brake*.
2. Mengetahui hasil pengujian torsi dan daya pada motor bensin satu silinder serta kemampuan ukur (kinerja) dari *water brake dynamometer*.
3. Menerapkan metode pengukuran torsi pada motor bensin satu silinder dengan menggunakan *water brake dynamometer*.
4. Memberikan saran-saran untuk meningkatkan kinerja *dynamometer* tipe *water brake*.

## 1.7 Kegunaan Penelitian

### 1. Secara teoritis :

Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam teknik pengukuran torsi mesin menggunakan *dynamometer tipe water brake* sehingga dapat memberikan informasi kepada khalayak umum dan khususnya kepada seluruh mahasiswa teknik mesin Universitas Negeri Jakarta.

### 2. Secara praktis :

- a. Memperoleh hasil pengujian torsi dan *output* daya terhadap berbagai tingkat kecepatan putaran mesin pada motor bensin satu silinder (Tipe mesin uji : GE160F) serta mengetahui kinerja dari *dynamometer tipe water brake* secara aktual.
- b. Menambah kapasitas Laboratorium Otomotif Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dalam penerapan teknik pengukuran torsi mesin menggunakan *dynamometer tipe water brake*.
- c. Dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa teknik mesin untuk mengetahui metode pengujian torsi dan daya mesin secara aktual, khususnya pada motor bensin satu silinder menggunakan *water brake dynamometer*.

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **2.1 Metode Pengukuran Torsi dan Daya**

Pengukuran daya mesin merupakan pengukuran torsi yang berhubungan dengan tenaga mekanik, baik untuk tenaga yang diperlukan maupun tenaga yang dikembangkan oleh mesin. Dalam hal ini perlengkapan-perlengkapan pengukur torsi itu biasanya disebut sebagai *dynamometer*. Dewasa ini *dynamometer* dipergunakan untuk pengukuran pada seluruh perkembangan dari kerja mesin, mulai dari percobaan dan pengetesan motor bersilinder tunggal sampai motor pesawat terbang, tetapi dalam hal ini bila mesin dalam keadaan tetap atau diam maka pengukuran dayanya sederhana dan mudah untuk dibuat, sedangkan untuk keadaan dinamis mungkin sukar untuk menentukan pengukuran dayanya. Ukuran atau besaran untuk kerja suatu motor biasanya dalam bentuk torsi dan tenaga kuda.

Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros engkol atau kemampuan motor untuk melakukan kerja, tetapi disini torsi merupakan jumlah gaya putar yang diberikan ke suatu mesin atau motor pembakaran terhadap panjang lengannya. Satuan torsi adalah *Pounds-feet* atau *pounds-inch*, dalam satuan *British* adalah ft.lb. Tenaga kuda adalah harga dari kerja yang dilakukan untuk menaikkan beban 33.000 *pounds* setinggi satu *feet* dalam waktu satu menit. Jadi untuk satuan tenaga kuda adalah *feet-pounds* per

menit, dalam satuan *British* adalah Hp. Hubungan torsi dan tenaga kuda dapat ditulis atau ditunjukkan dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{T \times n}{5252} \quad (2.1)^6$$

Dimana :

P = Daya (Hp)

T = Torsi (ft.lb)

n = Putaran (rpm)

5252 = Konstanta (jumlah harga yang tidak bisa diubah)

Catatan :

$$1 \text{ ft} = \frac{30}{100} \text{ m}$$

$$1 \text{ lb} = \frac{1}{2,2} \text{ kg}$$

$$1 \text{ Hp} = 75 \text{ kg.m/dt}$$

Maka :

$$P = T \cdot n \left( \frac{30}{100} \text{ m} \times \frac{1}{2,2} \text{ kg}(T) \right) \left( \frac{2\pi}{60} (n) \right) \frac{1}{75} \text{ kg.m/dt}$$

$$\frac{1}{75} \text{ kg.m/dt} = (0,1364 \text{ kg.m})(0,1047 \text{ dt})$$

$$= \frac{75 \text{ kg.m/dt}}{0,01428108 \text{ kg.m.dt}}$$

$$= 5251,7 \approx 5252$$

$$T = \frac{P \times 5252}{n}$$

Jika kita ketahui putaran dan tenaga kuda dari mesin yang akan di uji maka torsinya dapat dicari ataupun sebaliknya.

---

<sup>6</sup> Winther, J.B, *Dynamometer Handbook of Basic Theory and Applications*, (Cleveland, Ohio: Eaton Corporation, 1975)

## 2.2 Dasar Teori Motor Bensin

Sumber tenaga mesin (motor bensin) adalah mengubah campuran bahan bakar dan udara menjadi energi gerak berputar, yang sering diukur dengan *Horse Power* (Hp). Campuran bahan bakar yang dikabutkan dengan udara melalui karburator mengalir deras ke dalam silinder. Campuran ini akan diledakkan di dalam silinder, menciptakan pengembangan panas yang akan menghasilkan tekanan. Piston terdorong turun hingga mampu memutar poros engkol. Bahan bakar adalah sebuah sumber energi kimia. Seberapa banyak bensin yang mampu dibakar secara efektif di dalam mesin sangat berhubungan dengan hasil *output* tenaganya.

Jika campuran udara dengan bahan-bakar terlalu basah, mesin tidak akan bekerja normal, hal ini justru akan membuat mesin menghasilkan tenaga lebih kecil. Cara terbaik adalah membuat campuran bahan-bakar dengan udara ideal yaitu sekitar 1 : 15 sampai 1 : 13. Semakin besar kapasitas karburator sebagai jantung dalam mesin untuk menghisap udara dan bahan-bakar dalam ruang silinder, maka mesin dengan kapasitas besar akan menghasilkan tenaga lebih besar.

Kemampuan mesin adalah prestasi suatu mesin atau motor yang erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan. Beberapa hal yang mempengaruhi kemampuan mesin, antara lain volume silinder, perbandingan kompresi, efisiensi volumetrik, pemasukan campuran udara dan bahan-bakar (efisiensi pengisian) dan efisiensi daya motor. Ada 3 faktor yang menentukan besarnya tenaga pada sebuah mesin :

1. Efisiensi mesin, yaitu seberapa dorongan pada piston yang dihasilkan oleh gaya putaran roda penerus (*fly wheel*).
2. Efisiensi thermal (panas), yaitu seberapa banyak bahan bakar yang harus dibakar atau dipanaskan dalam silinder untuk mendorong piston turun menuju TMB (Titik Mati Bawah) secara efisien.
3. Efisiensi volumetrik yaitu membuat saluran atau ukuran yang tepat untuk memompa gas (campuran bahan-bakar dan udara) secara optimal.<sup>7</sup>

### **2.3 Prinsip Kerja Motor Bensin**

Prinsip kerja motor bensin adalah mesin yang bekerja memanfaatkan energi dari hasil gas panas hasil proses pembakaran, dimana proses pembakaran berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja menjadi tenaga atau energi panas. Motor bakar piston atau torak mempergunakan satu atau lebih silinder dimana terdapat piston yang bergerak bolak-balik atau translasi diubah menjadi gerak putar atau rotasi poros engkol (*crank shaft*). Di dalam silinder terjadi proses pembakaran bahan bakar dan oksigen dari udara menghasilkan gas pembakaran bertekanan sangat tinggi. Gas hasil pembakaran mampu menggerakkan piston yang diteruskan batang penghubung (*connecting rod*) dan dihubungkan dengan poros engkol.

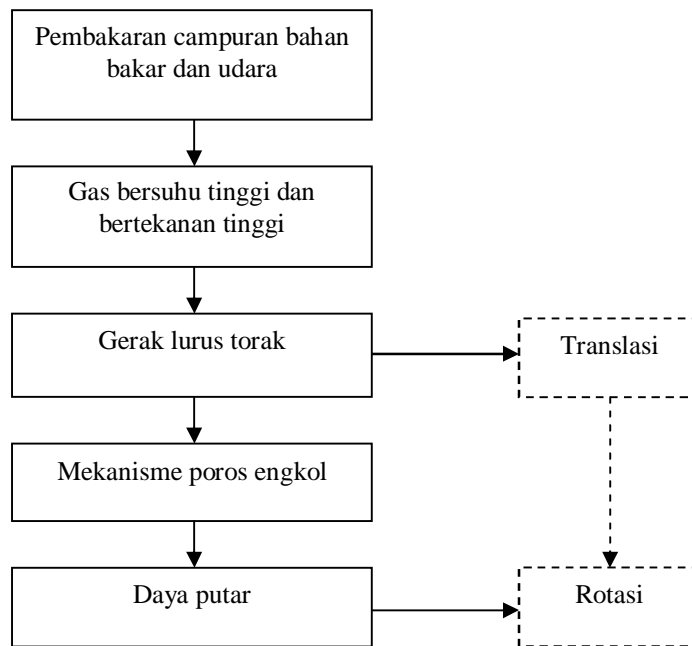
Gerak translasi torak menyebabkan gerak rotasi pada poros engkol dan sebaliknya, gerak rotasi poros engkol menimbulkan gerak translasi pada

---

<sup>7</sup>Wahyu Hidayat, *Motor bensin modern*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2012) h.22-23



torak. Langkah / *stroke* / tak adalah jarak gerak piston dari TMA ke TMB atau sebaliknya. Agar motor dapat bekerja optimal, syarat yang harus dipenuhi adalah dapat menghisap bahan bakar (campuran bensin dan udara) masuk ke dalam ruang silinder secara maksimal. Menaikkan tekanan atau kompresi gas campuran bensin dan udara agar diperoleh tekanan kompresi tinggi, maksimal mencapai 11 : 1 sehingga pembakaran maksimal maka tenaga yang dihasilkan motor lebih maksimal.<sup>8</sup> Skematik di bawah ini menunjukkan perubahan energi thermal menjadi energi mekanik pada motor bakar torak.



Gambar 2.1 Skema Perubahan Energi Pada Motor Bakar Torak (sumber : Hidayat. W, 2012, 15)

---

<sup>8</sup> *Ibid.*, h.14

### 2.3.1 Dasar Kerja Motor Empat Langkah

Motor empat langkah adalah motor yang setiap siklus kerjanya diselesaikan dalam empat kali gerak bolak-balik langkah piston atau dua kali putaran poros engkol. Langkah piston adalah gerak piston tertinggi, disebut Titik Mati Atas (TMA) sampai yang terendah disebut Titik Mati Bawah (TMB). Sedangkan siklus kerja ialah rangkaian proses yang dilakukan oleh gerak bolak-balik piston yang membentuk rangkaian siklus tertutup.

Proses siklus motor empat langkah dilakukan oleh gerak piston dalam silinder tertutup, yang bersesuaian dengan pengaturan gerak kerja katup hisap dan katup buang di setiap langkah kerjanya. Proses yang terjadi meliputi langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja (tenaga) dan langkah buang. Lebih jelasnya dapat diuraikan sebagai berikut :

#### 1. Langkah Hisap

Piston bergerak dari TMA menuju TMB. Katup hisap dibuka dan katup buang ditutup, karena terjadi tekanan *negative* atau *vacum* dalam silinder, selanjutnya campuran udara dan bahan bakar terhisap masuk melalui katup hisap untuk mengisi ruang silinder.

#### 2. Langkah Kompresi

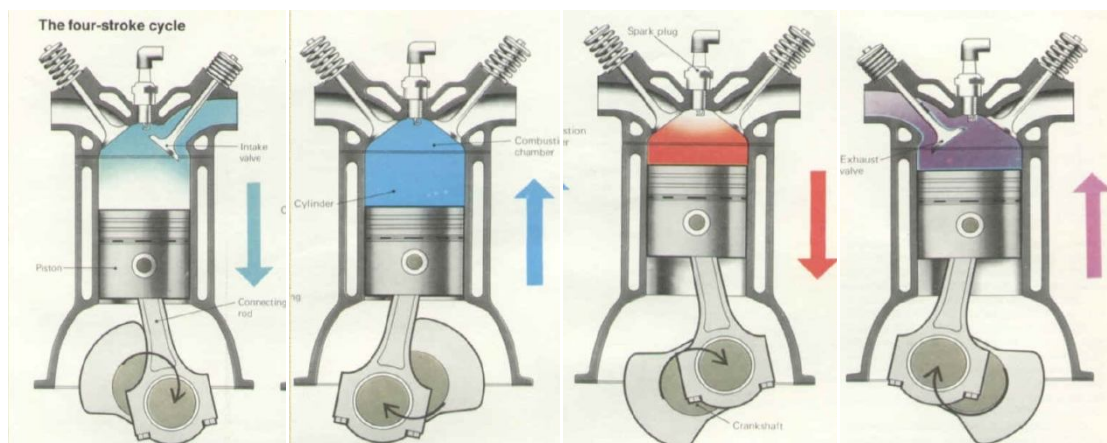
Piston bergerak dari TMB menuju TMA. Katup hisap dan katup buang ditutup. Pada proses ini campuran bahan bakar dan udara ditekan atau kompresi, akibatnya tekanan dan temperaturnya naik sehingga akan memudahkan proses pembakaran.

### 3. Langkah Kerja (Tenaga)

Piston bergerak dari TMA menuju TMB. Katup hisap dan katup buang masih ditutup. Sesaat piston menjelang akhir langkah TMA, busi pijar menyalakan percikan api seketika campuran bahan bakar dan udara terbakar secara cepat berupa ledakan. Dengan terjadinya ledakan, maka menghasilkan tekanan sangat tinggi untuk mendorong piston ke bawah, sebagai tenaga atau usaha yang dihasilkan mesin.

### 4. Langkah Buang

Piston bergerak dari TMB menuju TMA. Katup hisap ditutup dan katup buang dibuka. Pada proses ini gas yang telah dibakar dibuang oleh dorongan piston ke atas dan selanjutnya mengalir melalui katup buang. Pada posisi ini poros engkol telah berputar dua kali putaran penuh dalam satu siklus dari empat langkah.<sup>9</sup>



Gambar 2.2 Siklus Kerja Motor Bakar 4 Tak  
(Sumber : <http://on-webb.com/mechanics/4stroke.htm>)

<sup>9</sup> *Ibid.*, h.16-18

### 2.3.2 Dasar Kerja Motor Dua Langkah

Motor bakar dua langkah adalah mesin pembakaran dalam yang dalam satu siklus pembakaran akan mengalami dua langkah piston, berbeda dengan putaran empat tak yang mengalami empat langkah piston dalam satu kali siklus pembakaran, meskipun keempat proses *intake*, kompresi, tenaga dan pembuangan juga terjadi pada motor bakar dua tak.<sup>10</sup>

#### 1. Langkah Hisap atau Masuk (*intake*)

Campuran bahan bakar dan udara dihisap masuk ke dalam rumah engkol akibat tekanan vakum yang terjadi pada saat piston bergerak ke atas. Pada saat piston bergerak ke bawah, katup tertutup akibat tekanan pada rumah engkol. Campuran bahan bakar dan udara kemudian tertekan masuk ke silinder pada sisa langkah ke bawah.

#### 2. Langkah Tekan (*compression*)

Selanjutnya piston bergerak ke atas dan menekan campuran bahan bakar dan udara. (pada saat yang sama terjadi langkah masuk yang berikutnya di bagian bawah piston).

#### 3. Langkah Tenaga (*power*)

Pada saat mendekati posisi titik mati atas, busi akan menyala dan membakar campuran bahan bakar dan udara sehingga terjadi ledakan yang mendorong piston ke bawah.

---

<sup>10</sup> [http://id.wikipedia.org/wiki/Motor\\_bakar\\_dua\\_langkah](http://id.wikipedia.org/wiki/Motor_bakar_dua_langkah) [diakses 4 September 2014]

#### 4. Langkah Buang (*exhaust*)

Pada saat mendekati posisi titik mati bawah, saluran masuk terbuka dan campuran bahan bakar dan udara masuk ke dalam silinder. Pada saat yang sama masuknya campuran bahan bakar dan udara tersebut mendorong sisa hasil pembakaran keluar melalui saluran pengeluaran pada sisi yang berlawanan dari saluran atau lubang pemasukan.<sup>11</sup>



Gambar 2.3 Siklus Kerja Motor Bakar 2 Tak  
(Sumber : <http://www.google.co.id/search>)

## 2.4 Motor Gasoline Serbaguna

Motor serbaguna, pemakaiannya dari yang ukuran kecil (maksimum satu daya kuda atau lebih rendah) sampai ukuran besar. Motor-motor tidak didesain untuk kegunaan kombinasi dengan macam-macam mesin (misalnya mesin konstruksi, mesin industri dan mesin pertanian). Pada umumnya motor yang memiliki daya lebih kecil daripada 20 PS ( 19,7 Hp atau 14,7 Kw)

<sup>11</sup> <http://web.ipb.ac.id/Bahan/Ajar/Motor/Dan/Tenaga.htm> [Diakses 4 September 2014]

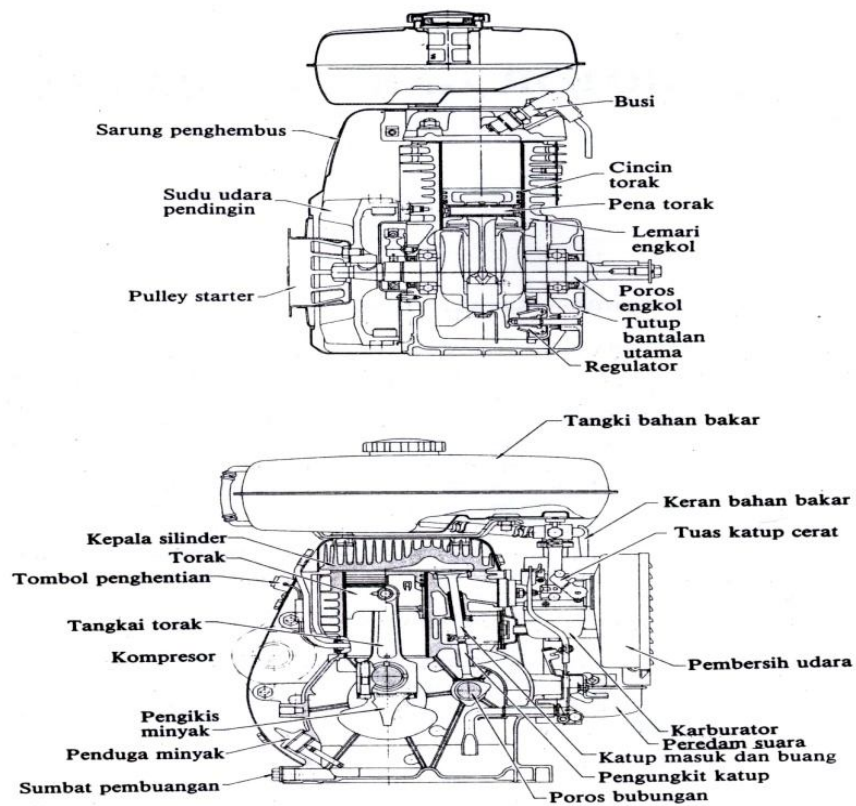
adalah yang paling banyak digunakan dan berikut ini adalah karakteristik daripada mengapa motor tersebut banyak digunakan, antara lain :

1. Ukuran yang kecil dan ringan, kebanyakan didinginkan dengan udara.
2. Baik sekali dalam ketahanannya dan baik untuk operasi terus menerus dengan beban berat beberapa jam.
3. Konstruksi sederhana, pelayanan dan perawatan juga mudah. Motornya berbentuk 4-langkah dengan katupnya di sisi atau berbentuk 2-langkah dengan torak sebagai katupnya (Tipe mesin lama).
4. Dilengkapi dengan pengatur, motornya berputar stabil pada deretan putaran tertentu.
5. Baik dengan penggerak sabuk ataupun penggerak langsung, dayanya dapat mudah dihubungkan dengan semua mesin.
6. Untuk memenuhi kebutuhan segala macam mesin yang akan digunakan, tersedia perlengkapan tambahan.

#### **2.4.1 Konstruksi**

Berikut ini akan dijelaskan tentang konstruksi dari motor bakar 4-langkah dan 2-langkah, antara lain potongan daripada motor dengan katup sisi, didinginkan dengan udara dan 4-langkah, kemudian motor yang toraknya juga bekerja sebagai katup, didinginkan dengan air dan bekerja 2-langkah. Keduanya motor vertikal tipe silinder tunggal. Silindernya dibuat dari aluminium *alloy* dan diberi sirip pendingin, dilengkapi dengan tabung (silinder) terbuat dari besi tuang yang mudah dilumasi, sedangkan torak yang dibuat dari aluminium *alloy* bergerak naik turun di dalam tabung tersebut.

Kepala silinder yang menutup silinder juga dibuat dari aluminium dan dilengkapi pula dengan sirip pendingin. Kepala silinder ini dilengkapi dengan busi yang menimbulkan percikan api dan tangki bahan bakarnya ditempatkan di atas kepala silinder.

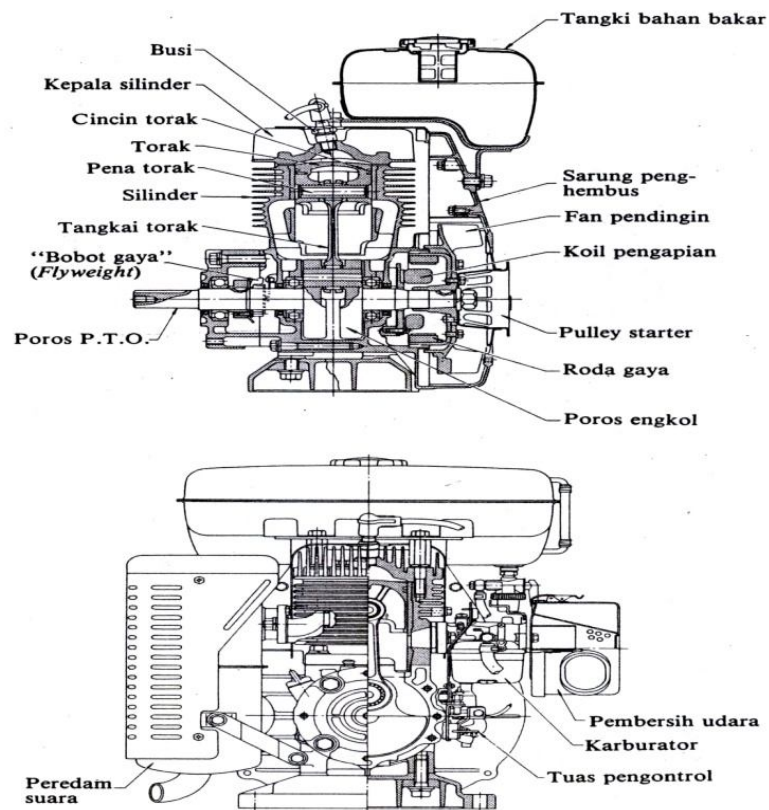


Gambar 2.4 Konstruksi Motor Bensin 4-Langkah  
(Sumber : Soenarta.N, 1985, 62)

Roda gaya dengan sudu untuk udara pendingin dibuat pada ujung poros engkolnya berhadapan dengan ujung pengambil daya, biasanya disebut *power take off shaft*.

Sistem pengapiannya adalah tipe magnet dan bagian utamanya, pemutus arus, kumparan pengapian dan sebagainya semuanya ditempatkan di dalam roda gayanya. *Pulley* untuk *menstart* dipasang di ujung poros engkol.

Untuk *menstart* motornya maka seutas tali diikatkan pada *pulley* tersebut lalu ditarik. (selain tipe ini ada juga sebuah *starter* yang setelah talinya ditarik dapat kembali lagi terikat atau *recoil starter* dan yang lainnya adalah *starter* listrik). Alat pengatur yang mengontrol putaran motor digabungkan di dalam karter.<sup>12</sup>



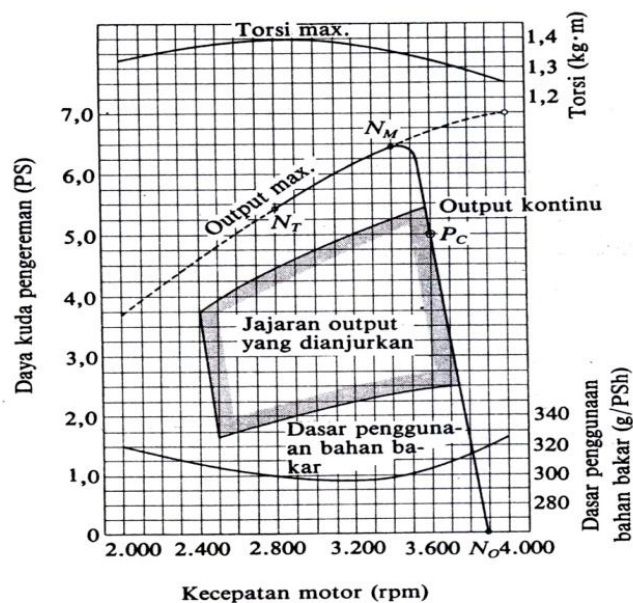
Gambar 2.5 Konstruksi Motor Bensin 2-Langkah  
(Sumber : Soenarta.N, 1985, 63)

<sup>12</sup> Nakoela Soenarta, *Motor Serbaguna*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 1985), h.61-62



## 2.4.2 Data Prestasi Motor

Pada umumnya sebuah katalog menunjukkan diagram kurva prestasi seperti terlihat pada gambar 2.6. Diagram menunjukkan yang sebenarnya data prestasi operasional dari motor dengan alat pengaturnya (regulator). Hal ini didasarkan pada hasil tes prestasi dan memberikan *output* karakteristiknya, momen putar dan penggunaan bahan bakar pada bermacam-macam kecepatan motor. Penjelasan mengenai arti diagram akan diuraikan di bawah sebagai berikut :



Gambar 2.6 Kurva Prestasi Motor Dengan Pengatur (Governor)  
(Sumber : Soenarta.N, 1985, 64)

### 1. Keluaran Maksimum (*output maximum*)

*Output maximum* adalah daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh sebuah motor untuk waktu yang pendek dengan gas dibuka penuh. Biasanya ditunjukkan pada putaran berapa motor menghasilkan *output*

maksimum. Sebagai contoh yang ditunjukkan dalam gambar 2.6, *output* maksimum motor tersebut adalah 7 PS (6,9 Hp atau 5,14 Kw) pada putaran 4.000 rpm, artinya daya maksimum 7 PS akan didapat jika putaran motornya 4.000 rpm.

## 2. Torsi Maksimum

Torsi maksimum artinya gaya putar maksimum dari sebuah motor yang berbeda dengan *output* maksimum. Dalam contoh yang ditunjukkan pada gambar 2.6, torsi maksimum 1,4 kg.m dihasilkan pada putaran 2.800 rpm. Dengan kata lain ledakan gaya yang maksimum berada pada putaran ini.

## 3. *Output* yang Direncanakan Kontinu

*Output* yang direncanakan kontinu adalah daya maksimum yang dapat dihasilkan motor tersebut secara kontinu untuk waktu yang lama. Hal ini ditentukan atas dasar pertimbangan ekonomi, ketahanan dan keamanan motor, karena itu *output* yang direncanakan kontinu akan lebih rendah dibandingkan dengan *output* maksimum. Akan lebih praktis kalau dapat memilih daya sebuah motor yang cocok dengan daya yang dibutuhkan oleh mesin yang akan digerakkan.

## 4. Deretan *Output* yang Dianjurkan

Deretan *output* yang dianjurkan adalah deretan operasi dari motor yang dianjurkan oleh pabrik pembuat untuk menjamin umur panjang dari motornya. Jika motornya dipergunakan untuk menggerakkan

mesin lain, maka dianjurkan untuk beroperasi dalam deretan *output* yang disediakan.

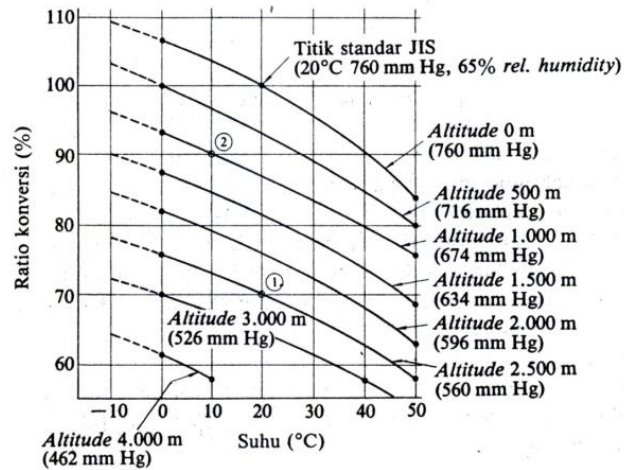
#### 5. Penggunaan Bahan Bakar Spesifik

Penggunaan bahan bakar spesifik berarti penggunaan bahan bakar motor tersebut secara ekonomis. Gambar 2.6 menunjukkan bahwa nilai minimum penggunaan bahan bakar adalah 297 g/PSh (404 g/kWh) sedangkan *output* pada penggunaan bahan bakar yang minimum adalah 6 PS (4,4 kW) pada 3.100 rpm.

Selanjutnya akan dibahas hubungan antara kecepatan motor dan *output* jika motor dioperasikan berdasarkan kurva prestasi motor seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6.

Jika tuas pengontrol kecepatan diletakkan pada *RUN* di titik  $N_o$ , maka motor beroperasi maksimum tanpa beban dengan putaran 3.900 rpm. Jika motornya lalu dibebani, maka putarannya akan menurun berangsur-angsur dan *output* motornya naik sampai  $P_c$  5 PS (4,9 Hp atau 3,6 kW) pada putaran 3.600 rpm. Titik ini menunjukkan *output* yang direncanakan kontinu dari motor. Jika beban motor selanjutnya dinaikkan, maka *outputnya* akan bertambah sampai nilai maksimum  $N_M$  6,3 PS (6,1 Hp atau 4.6 kW) pada 3.400 rpm. Pembebanan selanjutnya akan bertahap menurunkan putaran motor. Maka beban (torsinya) naik sampai titik maksimum  $N_T$  pada putaran 2.800 rpm. Pada putaran yang lebih rendah dari titik  $N_T$ , maka motornya akan mati karena torsinya menurun.

## 6. Hubungan Antara *Output* Motor dengan Suhu dan Tekanan Atmosfer



Gambar 2.7 Hubungan *Output* Dengan Suhu Atmosfer Dan Tekanan  
(Sumber : Soenarta.N, 1985, 65)

*Output* motor tergantung daripada *density* udara yang dihisap ke dalam motor, maka karena itu ada hubungannya dengan suhu dan tekanan atmosfer (Gambar 2.7). Suhu atmosfer berpengaruh pada *output* motor, karena *output* akan turun 2 sampai 3% pada tiap kenaikan suhu  $10^{\circ}\text{C}$  pada deretan antara  $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $30^{\circ}\text{C}$ , karena akan menurunkan *density* udara. Pengaruh tekanan atmosfer pada *output* motor berubah dengan ketinggian kedudukannya : artinya *output* motor akan turun kira-kira 7% tiap kenaikan tinggi 500 m dari 0 sampai tinggi 1.500 m dan kira-kira turun 6% pada tiap kenaikan 500 m dari ketinggian 1.500 m sampai 3.000 m.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> *Ibid.*, h.63-65

## 2.5 Parameter Prestasi Mesin

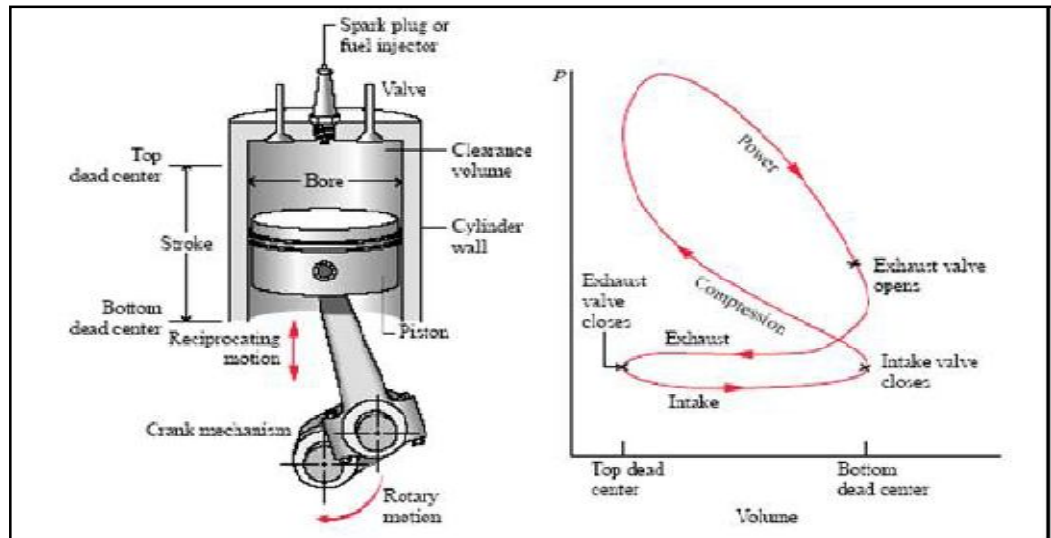
Motor bensin yang digunakan sebagai penggerak tenaga termal pembakaran bekerja berdasarkan siklus Otto. Siklus Otto yang ideal memiliki tahapan-tahapan antara lain: langkah hisap (proses tekanan konstan), langkah kompresi (isentropik), pembakaran (pemasukan kalor pada volume konstan), langkah kerja (isentropik), proses pembuangan (pengeluaran kalor pada volume konstan) dan langkah buang (tekanan konstan). Motor bensin sering pula disebut sebagai *Spark Ignition Engine*, karena penyalaan bahan bakarnya menggunakan loncatan bunga api listrik yang dihasilkan oleh busi. Hal ini yang membedakan prinsip kerja antara motor bensin dengan motor diesel.

Komponen lainnya yang cukup penting pada motor bensin adalah karburator yang memiliki fungsi sebagai tempat pencampuran bahan bakar dengan udara (Tipe mesin konvensional). Pencampuran tersebut terjadi karena bahan bakar terhisap masuk ke dalam karburator. Beberapa parameter prestasi motor bakar torak adalah :

1. Daya poros ( $N_p$ ).
2. Tekanan efektif rata-rata, efisiensi termal, efisiensi volumetrik.
3. Pemakaian bahan bakar ( $m_f$ ) dan pemakaian bahan bakar spesifik ( $B_e$ ).
4. Perbandingan bahan bakar udara (AFR).

Untuk berbagai kondisi operasi, nilai parameter prestasi tersebut akan bervariasi nilainya. Dengan variasi kondisi operasi, nilai parameter juga akan bervariasi. Dari data-data ini, karakteristik motor bakar dapat digambarkan.

Variabel-variabel operasi yang dapat digunakan dalam pengujian adalah :  
 Putaran  $n$  [rpm], Beban (momen puntir)  $T$  [Nm], Katup gas (*throttle valve*)<sup>14</sup>



Gambar 2.8 Komponen Utama Motor Bakar Dan Siklus Kerja  
 (Sumber : Panduan Praktikum Pengujian Mesin 2012)

Parameter prestasi motor bensin dihitung dengan memanfaatkan persamaan-persamaan sebagai berikut :

a. Daya poros efektif

$$N_e = T \omega$$

$$N_e = \frac{T \cdot n}{9549,305} \text{ (kW)} \quad (2.2)^{15}$$

Dimana :  $T$  = Momen putar

$n$  = Putaran motor (rpm)

<sup>14</sup> Panduan Praktikum Pengujian Mesin 2012.pdf [Modul : Pengujian Motor Bensin]. h.36

<sup>15</sup> Ibid., h.40

b. Tekanan efektif rata-rata

$$P_e = \frac{\text{Kerja per siklus}}{\text{volume langkah torak}}$$

$$P_e = \frac{N_e}{(V_1 \cdot z) \cdot n \cdot a} 60 \cdot 10^6 \text{ (kPa)} \quad (2.3)^{16}$$

Dimana :  $V_1$  = Volume langkah torak ( $\text{cm}^3$ )

$z$  = jumlah silinder

$a$  = jumlah siklus per putaran

c. Laju pemakaian bahan bakar

$$\dot{m}_b = \frac{50}{t} \cdot \rho_b \cdot 3,6 \text{ (kg/jam)} \quad (2.4)^{17}$$

Dimana :  $t$  = waktu pemakaian bahan bakar sebanyak  $50 \text{ cm}^3$  (detik)

$\rho_b$  = massa jenis bensin  $0,7329 \text{ g/cm}^3$

d. Pemakaian bahan bakar spesifik

$$B_e = \frac{\dot{m}_b}{N_e} \text{ (kg/kW-jam)} \quad (2.5)^{18}$$

e. Laju aliran massa udara

$$\dot{m}_u = 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta p_{or} \cdot P_u}{T_u}} \text{ (kg/jam)} \quad (2.6)^{19}$$

Dimana :  $\Delta p_{or}$  = Beda tekanan pada *orifice*

$P_u$  = Tekanan udara luar  $T_u$  = Temperatur udara luar

$D$  = Diameter *orifice*

<sup>16</sup> *Ibid.*

<sup>17</sup> *Ibid.*

<sup>18</sup> *Ibid.*

<sup>19</sup> *Ibid.*

f. Perbandingan udara – bahan bakar

$$AFR = \frac{\dot{m}_u}{\dot{m}_b} \quad (2.7)^{20}$$

g. Efisiensi volumetrik

Adalah perbandingan antara laju aliran massa udara sebenarnya dengan laju aliran massa udara ideal.

$$\eta_v = \frac{\dot{m}_u}{\dot{m}_{iu}} 100 \text{ (\%)} \quad (2.8)^{21}$$

h. Efisiensi termal

$$\eta_t = \frac{N_e}{\dot{m}_b \cdot LHV} \cdot 3,6 \cdot 10^5 \text{ (\%)} \quad (2.9)^{22}$$

$LHV \text{ bensin} = 42697 \text{ kJ/kg}$

## 2.6 Dynamometer

*Dynamometer* yaitu alat untuk mengukur atau membaca kekuatan tenaga (*power*) yang dikeluarkan oleh mesin kendaraan bermotor baik mesin tunggal atau mesin kendaraan bermotor yang dikalkulasikan dari pengukuran secara simultan dari torsi dan kecepatan rotasi (rpm). Dalam kegunaannya *dynamometer* digunakan untuk mengukur kemampuan yang dihasilkan suatu mesin. Hasil dari pengukuran tersebut dapat digunakan untuk menganalisa

---

<sup>20</sup> *Ibid.*, h.41

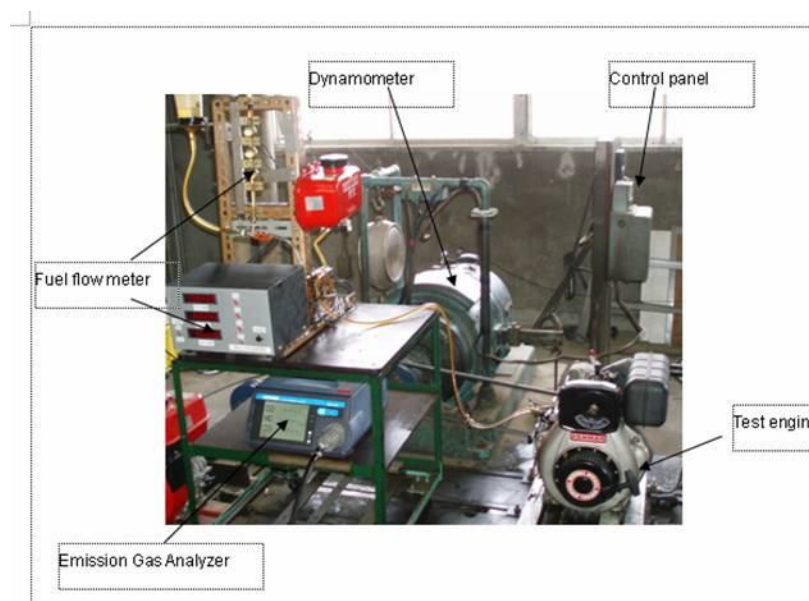
<sup>21</sup> *Ibid.*

<sup>22</sup> *Ibid.*



tenaga yang dihasilkan, hasil analisa dari grafik tersebut akan dapat mengetahui sejauh mana *power* mesin atau motor tersebut.<sup>23</sup>

Menurut cara atau metode pengukurannya, *dynamometer* dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu *Engine Dynamometer* (ED) dan *Chassis Dynamometer* (CD). Berikut ini akan ditunjukkan gambar dari *engine dynamometer* dan *chassis dynamometer*.



Gambar 2.9 *Setup* Pengujian Mesin Menggunakan *Engine Dynamometer*  
(Sumber : web.ipb.ac.id)

Metode pengukuran dengan *dynamometer* tipe (ED), poros *output* mesin dihubungkan langsung dengan *dynamometer*, sedangkan untuk tipe CD pengukuran daya dilakukan melalui roda penggerak kendaraan. Mesin dihidupkan dalam waktu yang relatif singkat hingga mencapai kecepatan putar maksimal lalu besar hasil pengukuran dapat dilihat melalui monitor atau panel analog yang terdapat pada unit *dynamometer*.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> <http://dyno-wave.blogspot.com> [diakses 15 Agustus 2014]

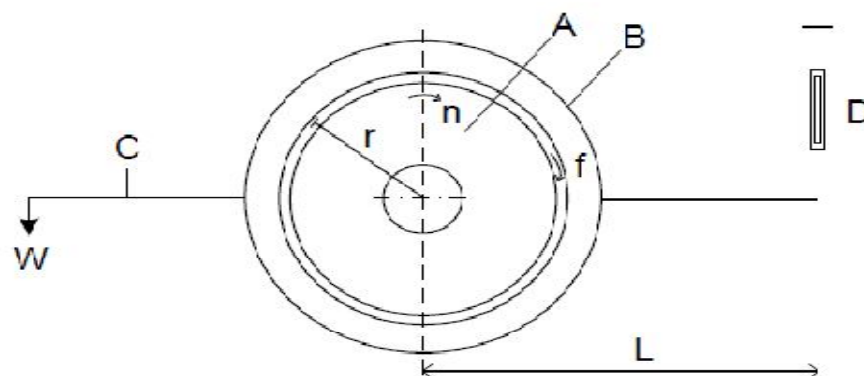
<sup>24</sup> Sinaga,N & Dewangga,A., 2012. “Pengujian & Pembuatan Buku Petunjuk Operasi *Chassis Dynamometer* Tipe *Water Brake*”, *ROTASI* Vol.14(3), h.8



Gambar 2.10 *Setup* Pengujian Mesin Menggunakan *Chassis Dynamometer*  
(Sumber : [www.bankspower.com](http://www.bankspower.com))

### 2.6.1 Prinsip Kerja

*Dynamometer* merupakan suatu mesin elektro-mekanik yang digunakan untuk mengukur torsi dan kecepatan dari tenaga yang diproduksi oleh suatu mesin motor atau penggerak berputar lain. Meskipun banyak tipe-tipe *dynamometer* yang digunakan, tetapi pada prinsipnya semua itu bekerja seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11.



Keterangan :

- r : Jari-jari rotor (ft)
- W : Beban pengimbang (N)
- f : Gaya kopel (ft.lb)

Gambar 2.11 Prinsip Kerja *Dynamometer*  
(Sumber : Pusat Pengembangan Bahan Ajar UMB)

Prinsip kerjanya adalah : Rotor (A) diputar oleh sumber daya motor yang diuji, dengan stator dalam keadaan setimbang. Bila dalam keadaan diam maka ditambahkan sebuah beban pengimbang (W) yang dipasangkan pada lengan (C) dan diengselkan pada stator (B). Karena gesekan yang timbul, maka gaya yang terjadi di dalam stator diukur dengan timbangan (D) dan penunjukannya merupakan beban atau muatan *dynamometer*. Dalam satu poros, keliling rotor bergerak sepanjang  $2\pi.r$  melawan gaya kopel  $f$ . Jadi tiap putaran adalah :  $2\pi.r.f$  Momen luar yang dihasilkan dari pembacaan (D) dan lengan (L) harus setimbang dengan momen putar yaitu  $r \times f$ , maka  $r \times f = D \times L$ . Jika motor berputar dengan (n) putaran tiap menit, maka kerja per menit harus sama dengan  $2\pi.D.L.n$ , harga ini merupakan suatu daya, karena menurut definisi daya dibatasi oleh waktu, kecepatan putar dan kerja yang terjadi.<sup>25</sup>

### 2.6.2 Tipe-tipe *Dynamometer*

#### 1. *Dynamometer* Penggerak

*Dynamometer* ini dalam bentuk motor-generator. Prinsip kerjanya adalah bila *dynamometer* memutar suatu alat, maka momen yang diukur akan mempengaruhi *dynamometer* berputar ke arah yang berlawanan dengan arah putarannya sendiri. *Dynamometer* ini bisa sebagai motor atau generator. Keuntungan dan kerugian *dynamometer* ini sama dengan generator.

---

<sup>25</sup> Supriyo, 2012. "Perancangan dan Pembuatan *Dynamometer* Arus Eddy Untuk Pengujian Kendaraan Bermotor Kapasitas 130 kW". [tesis]. Semarang : Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, h.19

**Motor Generator (M-G) SET**  
Model : XK-MG03



Gambar 2.12 *Dynamometer Penggerak (Motor-Generator)*  
(Sumber : [www.indonetwork.co.id](http://www.indonetwork.co.id))

## 2. *Dynamometer Absorber*

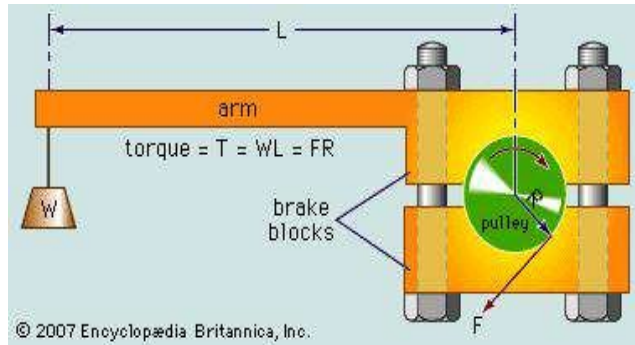
Sesuai dengan namanya *dynamometer* ini menyerap daya yang diukur kemudian disebarkan kesekelilingnya dalam bentuk panas, karenanya *dynamometer* ini secara khusus bermanfaat untuk pengukuran tenaga atau daya, torsi yang dikembangkan oleh sumber-sumber tenaga seperti motor bakar, motor listrik dan sebagainya. *Dynamometer* ini dibagi menjadi empat macam yaitu:

- a. *Dynamometer* mekanis, yang terdiri dari jenis rem jepit (*prony brake*) dengan bahan kayu dan rem tali (*rope brake*).
- b. *Dynamometer* hidrolik, yang terdiri dari jenis *dynamometer* air tipe gesekan fluida dan *dynamometer* air tipe agitasi (semburan).
- c. *Dynamometer* udara (*fan brake*).
- d. *Dynamometer* listrik, yang terdiri dari jenis *dynamometer* arus eddy dan generator.<sup>26</sup>

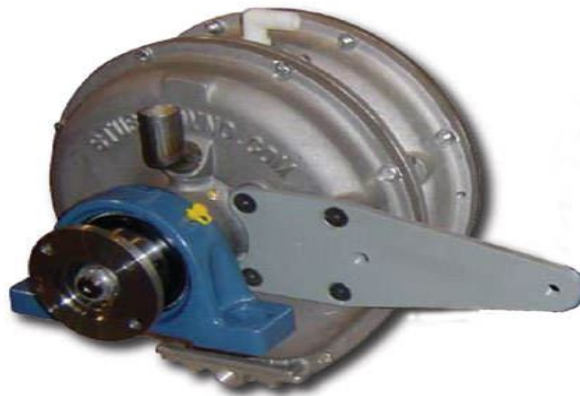
---

<sup>26</sup> *Ibid.*, h.20

Berikut ini akan ditunjukkan gambar dari macam-macam *dynamometer absorber* yang dimaksud, antara lain :



Gambar 2.13 Mekanisme Kerja *Prony Brake Dynamometer*  
(Sumber : [www.britannica.com](http://www.britannica.com))



Gambar 2.14 *Water Brake Dynamometer*  
(Sumber : [www.highpowermedia.com](http://www.highpowermedia.com))



Gambar 2.15 *Eddy Current Dynamometer Air Cooled Type*  
(Sumber : [www.land-and-sea.com](http://www.land-and-sea.com))

### 3. *Dynamometer* Transmisi

*Dynamometer* transmisi digunakan untuk mengukur daya yang sulit dilaksanakan dengan cara biasa, pemasangannya bisa dilakukan dengan cara meletakkan pada bagian mesin atau diantara dua buah mesin dan daya yang diukur adalah daya setempat dan biasanya daya ini dimanfaatkan sebagai energi mekanis atau energi listrik. Salah satu contoh dari *dynamometer* transmisi adalah tipe *strain gage*.

Pengukurannya berdasarkan tegangan kawat dan perubahan pada tegangan kawat akan merubah tahanan listrik. Dengan pemasangan elemen ukur, maka untuk tiap pasang elemen ukur yang satu akan mengalami kompresi murni sedangkan elemen yang lainnya mengalami tarikan murni. Pada tiap pasang elemen ini akan terjadi perubahan tahanan listrik karena lengkungan yang mungkin terjadi pada poros, sehingga yang diukur adalah puntiran poros.<sup>27</sup>



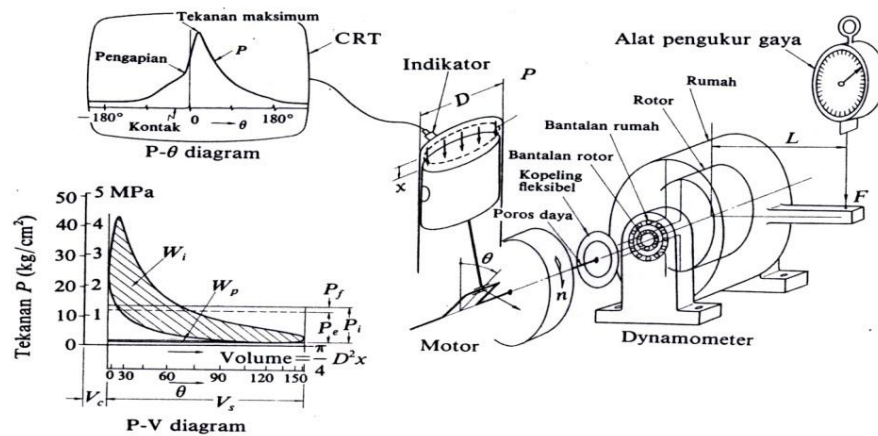
Gambar 2.16 *Dynamometer* Transmisi Tipe *Strain Gage*  
(Sumber : [www.fordmuscleforums.com](http://www.fordmuscleforums.com))

---

<sup>27</sup> *Ibid.*, h.27

### 2.6.3 Prinsip Operasi Daya *Dynamometer*

*Dynamometer* berfungsi untuk menyerap beban yang digerakkan oleh penggerak utama yang sedang diuji. *Dynamometer* harus mampu beroperasi pada kecepatan dan beban apapun untuk setiap tingkat torsi yang dibutuhkan. Daya yang diserap oleh *dynamometer* diubah menjadi panas dan panas umumnya terdisipasi ke udara atau ditransfer ke pendingin air yang terdisipasi ke udara.



Gambar 2.17 Pengukuran Daya / Tes Prestasi Motor  
(Sumber : Soenarta.N, 1985, 17)

Pada *dynamometer*, daya ( $P$ ) tidak diukur secara langsung, melainkan dihitung dari torsi ( $T$ ) dan nilai-nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) atau gaya ( $F$ ) dan kecepatan linear ( $v$ ) :

$$P = T \cdot \omega \text{ Atau } P = F \cdot v \quad (2.9)^{28}$$

Dimana :

$P$  adalah daya dalam watt

<sup>28</sup> *Ibid.*, h.30

T adalah torsi dalam Newton meter

$\omega$  adalah kecepatan sudut dalam radian per detik

F adalah gaya dalam Newton

v adalah kecepatan linear dalam meter per detik

Pembagian dengan konversi yang konstan mungkin diperlukan tergantung pada unit ukuran yang digunakan.

Untuk satuan Hp :

$$P_{hp} = \frac{T \cdot n}{5252} \quad (2.10)^{29}$$

Dimana :

P *hp* adalah daya *horse power*

T *lb.ft* adalah torsi dalam *pound-feet*

n *rpm* adalah kecepatan rotasi dalam revolusi per menit.

Untuk satuan kW :

$$P_{kW} = \frac{T \cdot n}{9549} \quad (2.11)^{30}$$

Dimana :

P *kW* adalah daya dalam Kilowatt

T *N.m* adalah torsi dalam Newton meter

n *rpm* adalah kecepatan rotasi dalam revolusi per menit.

---

<sup>29</sup> *Ibid.*

<sup>30</sup> *Ibid.*, h.31



## 2.7 Water Brake Dynamometer

*Dynamometer* absorsi bertindak sebagai pemberi beban yang digerakkan oleh mesin pada saat pengujian. *Dynamometer* harus mampu beroperasi pada kecepatan putaran mesin yang bervariasi dan memberi beban pada mesin tersebut pada tingkatan torsi yang bervariasi pula selama pengujian berlangsung. *Dynamometer* pada umumnya dilengkapi dengan beberapa cara operasi pengukuran torsi dan kecepatan. *Dynamometer* harus dapat menyerap tenaga yang dikeluarkan oleh mesin. Tenaga yang diserap oleh *dynamometer* harus dapat diteruskan atau ditransfer ke air pendingin. Hanya torsi dan kecepatan putaran (rpm) yang dapat diukur.

Untuk jenis *absorber* rem air terkadang disebut sebagai *dynamometer* hidrolik. Diciptakan oleh insinyur Inggris, William Froude pada tahun 1877. *Dynamometer* jenis ini terkenal karena kemampuan daya yang tinggi, ukurannya yang kecil, ringan dan biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan dengan jenis yang lainnya serta lebih cepat bereaksi pada jenis penyerap tenaga pengereman air.<sup>31</sup>

Pada dasarnya *dynamometer* tipe ini terdiri dari sebuah rotor atau elemen putar dengan kedua belah permukaannya memiliki sudu-sudu, berputar dalam sebuah *casing* serta *casing* tersebut diisi dengan air, selanjutnya fluidanya disirkulasi secara kontinu. Akibat sirkulasi tersebut terjadi gesekan pada bagian fluidanya. Kapasitas *dynamometer* jenis ini tergantung pada 2 faktor yaitu kecepatan putaran poros dan tinggi permukaan

---

<sup>31</sup> <http://mechanicalbase.blogspot.com/2009/08/dynamometer.html> [diakses 5 September 2014]

air. Penyerapan dayanya mendekati fungsi pangkat tiga dari kecepatan putaran poros atau rotor.

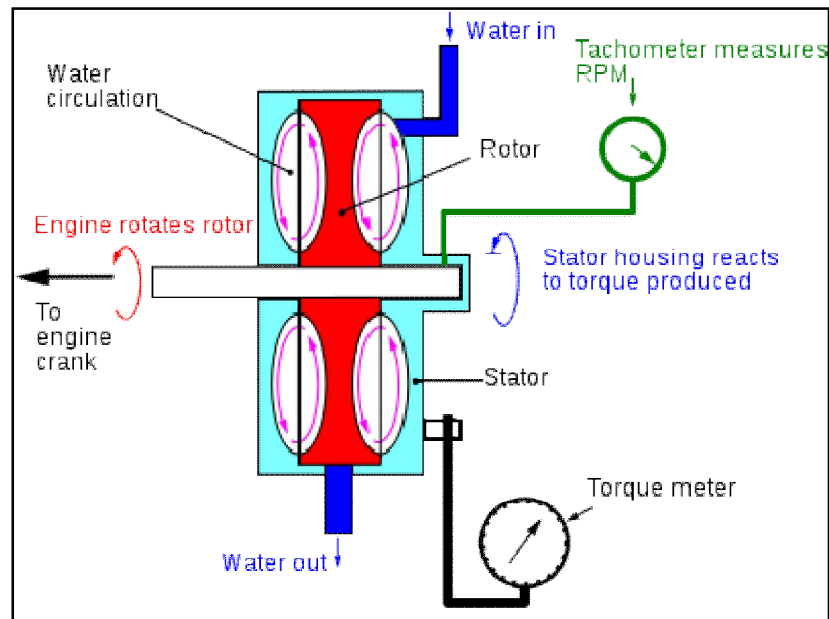
Penyerapan pada kecepatan tertentu bisa dilakukan dengan pengaturan tinggi permukaan air pada atau dalam *casing*. Jumlah air yang bersirkulasi harus cukup banyak agar tidak sampai terjadi uap dibagian manapun dari alat, karena dengan timbulnya uap tersebut akan mengakibatkan hilangnya beban sesaat ataupun tidak. Rem air hanya cocok untuk menyerap kerja yang umum dan cukup baik untuk menguasai beban konstan yang terpecah-pecah pada kecepatan yang diinginkan, karena efek tenaganya disebabkan oleh perubahan air.<sup>32</sup>

Kelemahannya adalah *dynamometer* jenis ini membutuhkan waktu yang relatif lebih lama untuk menstabilkan jumlah beban dan membutuhkan pasokan air yang konstan ke dalam *housing water brake* untuk pendinginan. Air ditambahkan sampai mesin berada di rpm yang stabil terhadap beban. *Water brake housing* mencoba untuk memutar dalam merespon torsi yang dihasilkan. Skematik ini menunjukkan *water brake* yang sebenarnya adalah sebuah kopling fluida yang berputar mirip dengan pompa air.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> Supriyo, *Loc. Cit.*,

<sup>33</sup> <http://mechanicalbase.blogspot.com/2009/08/dynamometer.html> [diakses 5 September 2014]

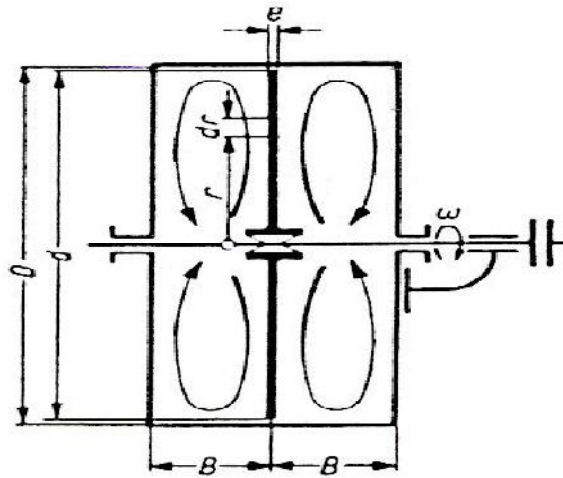


Gambar 2.18 Skematik *Water Brake Dynamometer*

(Sumber : [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dyno\\_schematic.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dyno_schematic.svg))

### 2.7.1 Prinsip Kerja

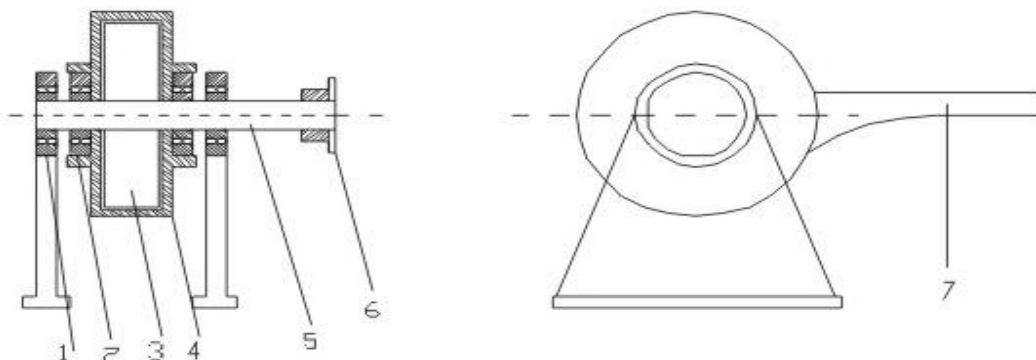
Pada dasarnya prinsip kerja *dynamometer* hidrolik sama dengan prinsip kerja pompa sentrifugal, akan tetapi pada *dynamometer* ini digunakan pompa sentrifugal yang memiliki efisiensi rendah, hal ini bertujuan agar daya serap energi *dynamometer* semakin besar. Gambar berikut menunjukkan sebuah konstruksi pompa yang sederhana yang terdiri dari *disk* lingkaran datar dengan diameter luar "d" berputar dengan kecepatan sudut " $\omega$ " pada rumah (*casing*) dengan diameter "D" dan lebar *gap* adalah B yang sudah diisi penuh dengan cairan.



Gambar 2.19 Perputaran Air Pada Disk  
 (Sumber : <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>)

### 2.7.2 Komponen

*Water brake dynamometer* merupakan salah satu jenis *dynamometer* hidrolis. *Dynamometer* hidrolis terdiri dari beberapa komponen yaitu 1) Bantalan poros, 2) Bantalan stator, 3) rotor (impeler), 4) stator, 5) poros, 6) *flange coupling*, 7) lengan torsi dan yang lain-lain seperti timbangan pegas dan *mechanical seal*.<sup>34</sup> Konstruksi *dynamometer* hidrolis terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.20 Konstruksi Dynamometer hidrolis  
 (Sumber : <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>)

<sup>34</sup> Sinaga, N & Dewangga, A. *Loc. cit.*,

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Otomotif gedung M Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Kampus A, Universitas Negeri Jakarta yang beralamat di jalan Rawamangun Muka No.1, Rawamangun, Jakarta Timur. Adapun proses reparasi dan perakitan alat (*water brake dynamometer*) dilakukan di bengkel Jonin Motor yang beralamat di jalan Caringin Bojong menteng, Bekasi. Waktu yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini kurang lebih selama 8 bulan, yaitu dari bulan Mei sampai dengan Desember 2014.

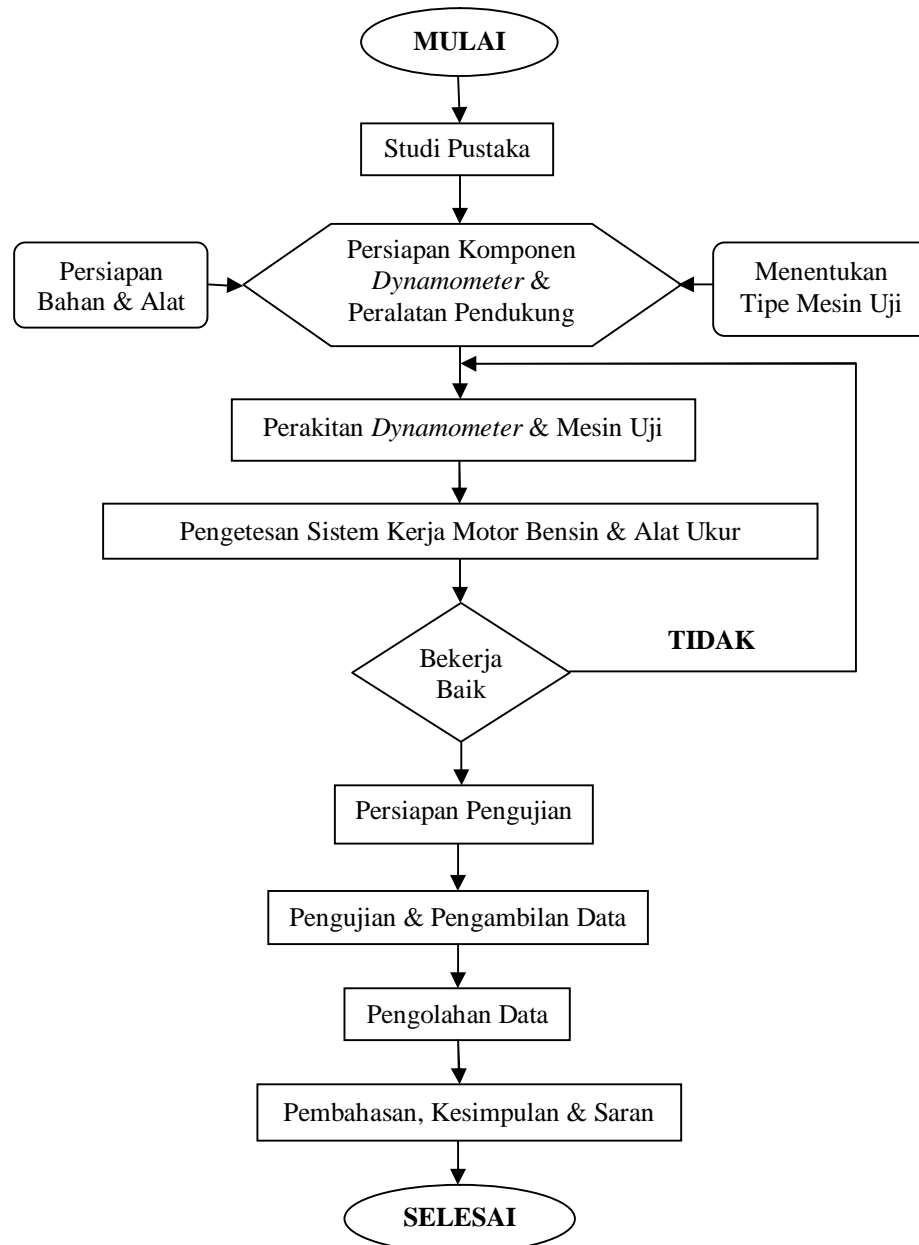
#### **3.2 Alat dan Bahan**

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. satu unit mesin penggerak mula (mesin uji) berjenis motor bensin empat tak (langkah) satu silinder.
2. satu unit *engine dynamometer* tipe *water brake*.
3. Bahan bakar (bensin / premium) dan pasokan air yang mencukupi.
4. Peralatan pendukung antara lain *digital tachometer (pulse meter)*, neraca (timbangan) pegas, *water hose*, klem selang dan lain-lain.

### 3.3 Diagram Alur Penelitian

Pada diagram alur berikut ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan selama proses pengujian agar dapat berjalan dengan lancar, sistematis dan sesuai dengan prosedur.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

### 3.4 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan dua jenis metode, yaitu metode deskriptif yang bertujuan untuk membuat deskripsi atau gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat atau menjelaskan fenomena yang terjadi.<sup>35</sup> Hal ini dilakukan untuk memberikan gambaran terhadap kinerja *dynamometer* tipe *water brake* dalam menguji torsi dan daya pada motor bensin satu silinder.

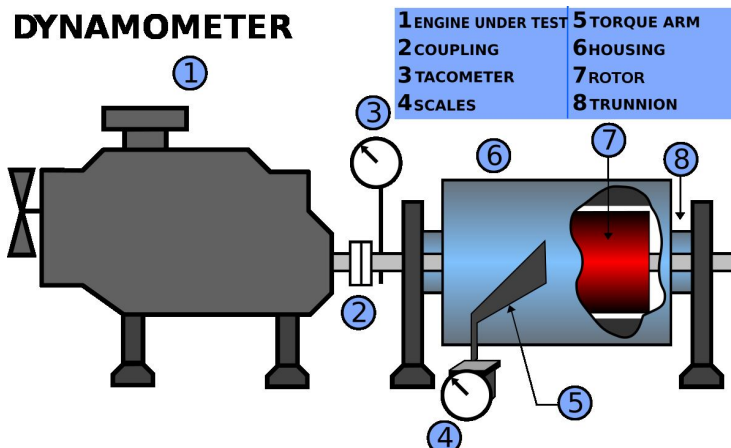
Metode eksperimen digunakan untuk mengetahui data-data hasil pengukuran kinerja *dynamometer* tipe *water brake* secara aktual dalam mengukur dan menguji torsi mesin yang dapat dihasilkan, hal tersebut akan membuktikan kemampuan ukur sebenarnya dari *dynamometer* dalam menyerap daya mesin. Daya dapat ditentukan melalui kalkulasi antara torsi yang terukur dengan tingkat kecepatan putaran mesin.

### 3.5 Deskripsi Alat-alat Uji

Alat-alat pengujian terdiri atas mesin uji (motor bensin 4 Langkah 1 Silinder), *dynamometer* dan *instrument* pengukuran lainnya. Susunan alat uji tampak seperti yang ditunjukkan pada skema berikut ini :

---

<sup>35</sup> Winarko,A & Wulandari,D., 2013. "Rancang Bangun *Engine Water Brake Dynamometer* Sebagai Media Pembelajaran Praktek Pengujian Performa Mesin, *JTM UNESA* Vol.01(02), h.305



Gambar 3.2 Skematik *Setup* Komponen *Dynamometer*  
 (Sumber : <http://en.wikipedia.org/w/index.php>)

### 3.5.1 *Dynamometer (engine dynamometer tipe water brake)*



Gambar 3.3 *Housing Water Brake Dynamometer*

Merk/Tipe : Powerlab series II / Model PL-100 D

Buatan : U S A (Amerika)

*Dynamometer* digunakan untuk mengukur torsi sebuah mesin. Jenis *dynamometer* yang digunakan adalah hidrolis dengan fluida air. *Dynamometer* hidrolis ini memiliki dua komponen penting yaitu sudu gerak (rotor) dan sudu tetap (stator). Rotor terhubung dengan poros dari mesin yang akan diukur, dimana putaran dari mesin tersebut



memutar rotor *dynamometer*. Sedangkan stator terletak berhadapan dengan rotor dan terhubung tetap pada *casing*. Pada *casing* dipasang lengan, dimana pada ujung lengan terdapat alat ukur pembebanan sehingga torsi yang terjadi dapat diukur.<sup>36</sup>

### 3.5.2 Mesin Uji



Gambar 3.4 Motor Bensin 4-Langkah 1-Silinder

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Uji

SPESIFIKASI		URAIAN
<i>Merk / Type</i>		<i>Power One / GE160F</i>
		<i>OHV, Single Cylinder, Four Stroke, Cylinder inclined 25°</i>
<i>Bore x Stroke</i>	(mm)	60 x 42
<i>Displacement</i>	(ml)	118
<i>Ignition System</i>		TCI ( <i>Transistorized Pointless</i> )
<i>Starting Method</i>		<i>Recoil Starter</i>
<i>Max. Output / Speed</i>	(kw/rpm)	2,8/4000
<i>Max. Torque</i>	(kg-m/rpm)	0,75/2800
<i>Net Weight</i>	(kg)	12
<i>Dimensions L x W x H</i>	(mm)	330 x 280 x 390

( Sumber : *Owner's Manual Series General Purpose Gasoline Engine* )

<sup>36</sup> <http://eprints.undip.ac.id/41566/4/BAB-III-giant.pdf> [diakses 12 September 2014]

### 3.5.3 Inductive Proximity Sensor

Merk/Tipe : Autonics / PR12-4DN

Buatan : Korea

*Display (indicator)*

Merk/Tipe : Autonics / *Pulse Meter* MP5W-4N series

*Proximity Sensor* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur jumlah putaran suatu poros yang berputar. Sensor ini mampu mendeteksi keberadaan benda di sekitarnya tanpa ada kontak fisik. Cara kerja sensor ini memancarkan medan elektromagnetik atau listrik, atau sinar radiasi elektromagnetik (misalnya : inframerah) dan mencari perubahan sinyal secara aktual. Diperlukan *display* dalam penggunaan *proximity sensor* sebagai alat baca. Nantinya *display* akan menampilkan nilai rpm.<sup>37</sup>



Gambar 3.5 *Proximity Sensor* Dan *Display*

---

<sup>37</sup> *Ibid.*, h.42

### 3.5.4 Neraca Pegas

Neraca pegas merupakan alat ukur gaya yang menggunakan pegas yang akan ditarik oleh gaya atau berat benda sehingga menghasilkan nilai tertentu. Alat ukur gaya (*force gauge*) ada banyak jenisnya, ada yang mekanik dan ada juga yang sudah canggih berbasis sistem pengukuran digital.<sup>38</sup>

Untuk mengkalibrasi dengan cara memutar sekrup yang ada di bagian atas dari neraca pegas tanpa beban hingga garis penunjuk skala menunjukkan pada skala nol. Cara pengukurannya adalah gantungkan benda yang akan diukur massanya (gaya tekan atau beban dalam satuan Newton) pada pengait yang terdapat di bagian bawah pegas. Setelah keadaan sistem tenang, lihat skala yang ditunjukkan oleh penunjuk skala.<sup>39</sup>



Gambar 3.6 Neraca Pegas Kapasitas 100N (10 Kg.f)

### 3.6 Tahap Reparasi

*Dynamometer* yang digunakan pada penelitian ini dalam kondisi tidak dapat berfungsi dengan baik, oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan dan mengganti komponen-komponen yang telah rusak agar *dynamometer* dapat

<sup>38</sup> <http://rumushitung.com/2013/06/23/macam-macam-alat-ukur-dan-kegunaannya> [Diakses 17 Desember 2014]

<sup>39</sup> <http://www.slideshare.net/teknik-laboratorium> [Diakses 17 Desember 2014]

berfungsi sebagaimana mestinya untuk memberikan pembebanan terhadap mesin uji. Berikut ini adalah beberapa perbaikan yang dilakukan pada peralatan uji (dynamometer dan mesin uji), yaitu:

1. Memperbaiki kondisi mesin uji.

Mesin yang digunakan berjenis motor bensin empat langkah satu silinder, karena putaran mesinnya tidak *stationer* (lambat), terjadi kebocoran bahan bakar yang cukup parah pada bagian karburator dan sulit dihidupkan, maka dilakukan penggantian mesin dengan menggunakan mesin baru berkapasitas 5,5 Hp ( 4,10 kW ).

Penggantian mesin ini dilakukan dengan mempertimbangkan mesin yang lama sudah berusia tua sehingga tidak dapat bekerja maksimal jika digunakan selama proses pengujian untuk mengukur torsi mesin yang dapat dihasilkan. Adapun perbaikan yang telah dilakukan pada mesin lama, yaitu mengganti karburator, busi, *intake manifold* dan meninggikan posisi tangki bahan bakar. Hal inipun juga tidak membuat kinerja mesin menjadi optimal.



Gambar 3.7 Mesin Lama (setelah direparasi) dan Mesin Baru

## 2. Memperbaiki *water brake dynamometer*.

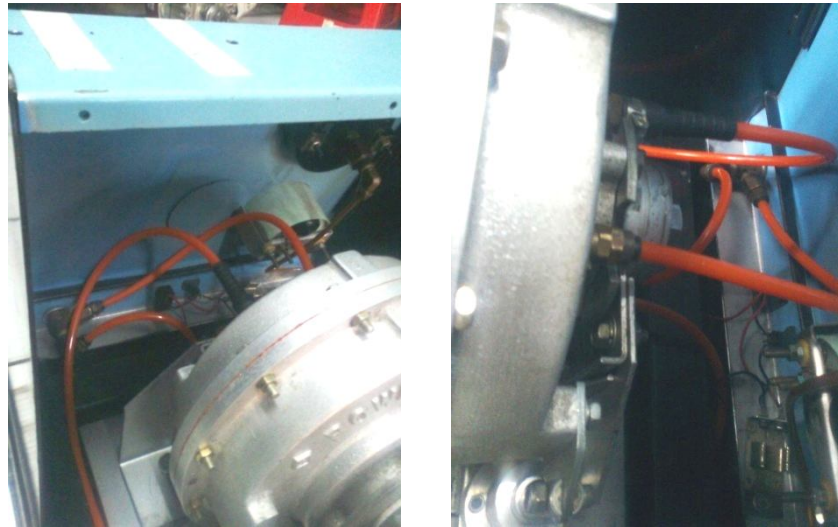
Dimulai dari membongkar *housing* atau *casing dynamometer* untuk mengidentifikasi komponen-komponen apa saja yang perlu dilakukan perbaikan dan penggantian. Komponen yang terdapat di dalam *Housing water brake* terdiri dari rotor, stator, *bearing* dan *mechanical seal*. Setelah diidentifikasi, komponen-komponen tersebut kondisinya masih baik dan untuk mencegah kebocoran fluida (air) pada *housing* maka diberikan perekat berupa *sealer* sebelum dirakit kembali.



Gambar 3.8 Membongkar *Housing Water Brake Dynamometer*

## 3. Menata ulang saluran (selang-selang air).

Penggantian selang-selang air beserta sambungannya (klem selang) dilakukan agar semua saluran air yang dipergunakan tidak tersumbat oleh kotoran yang dapat menghambat aliran fluida dan menghindari terjadinya kebocoran sehingga kinerja fluida yang bersirkulasi dalam *housing water brake dynamometer* dapat maksimal.



Gambar 3.9 Instalasi Selang-selang Air Pada *Housing Dynamometer*

#### 4. Memeriksa kinerja katup-katup air.

Hal ini dilakukan untuk memastikan komponen pengatur aliran fluida bekerja dengan baik. Dimulai dari *gate valve* yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran serta untuk mengatur besar-kecil laju aliran fluida. Berikutnya memeriksa kinerja *check valve* yang berfungsi untuk membuat aliran fluida mengalir ke satu arah saja atau agar tidak terjadi *reversed flow* (turbulensi aliran).<sup>40</sup>

#### 5. Memeriksa kinerja *instrument* pengukuran.

Alat-alat ukur yang terdapat pada *dynamometer* yaitu neraca pegas dan *digital tachometer (pulse meter)*. Neraca pegas yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas 100 N (10 Kg.f) yang digunakan untuk mengetahui besarnya gaya pengereman atau pembebanan yang dihasilkan oleh mesin uji melalui lengan torsi yang terdapat pada stator *water brake dynamometer*. Sedangkan *tachometer* yang digunakan sudah bersistem

---

<sup>40</sup> <http://ashriachi.blogspot.com/2013/02/jenis-dan-fungsi-valve.html?m=1> [Diakses 12 September 2014]

digital sehingga hasil pengukurannya lebih akurat dan presisi dengan menggunakan *proximity sensor* dan sebagai *display* hasil pengukuran rpm digunakan *pulse meter*.

#### 6. Pengecatan pada bagian yang berkarat.

Hal ini dilakukan untuk melindungi bagian-bagian yang telah berkarat agar tidak bertambah rusak dan juga untuk menjaga estetika dari peralatan uji.

### 3.7 Tahap Perakitan dan Pemasangan

Komponen *dynamometer* dan beberapa komponen pendukungnya yang telah diganti dan selesai dilakukan perbaikan selanjutnya dilakukan perakitan dan pemasangan sehingga menjadi satu kesatuan peralatan uji yang utuh. Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk merakit dan memasang *engine dynamometer* tipe *water brake* dengan mesin uji, yaitu :

1. *Housing Dynamometer* ditempatkan pada dudukannya, atur posisinya terlebih dahulu agar tidak miring (lihat kelurusan poros *dynamometer*), pasang lengan penyeimbang dan *water hose* yang menuju ke *housing dynamometer* sesuai dengan tempatnya (saluran air pada *water inlet* dan *water outlet*). Setelah semua terpasang dengan baik dan benar lalu diberi peredam dibagian bawah dan dibaut pada dudukannya.



Gambar 3.10 Pemasangan *Housing Water Brake Dynamometer*

2. Memasang selang-selang air yang menuju ke *dynamometer* kemudian diklem (disambungkan) pada saluran *inlet* dan *outlet*, pastikan memasangnya dengan benar agar tidak terjadi kebocoran selama proses pengujian berlangsung.

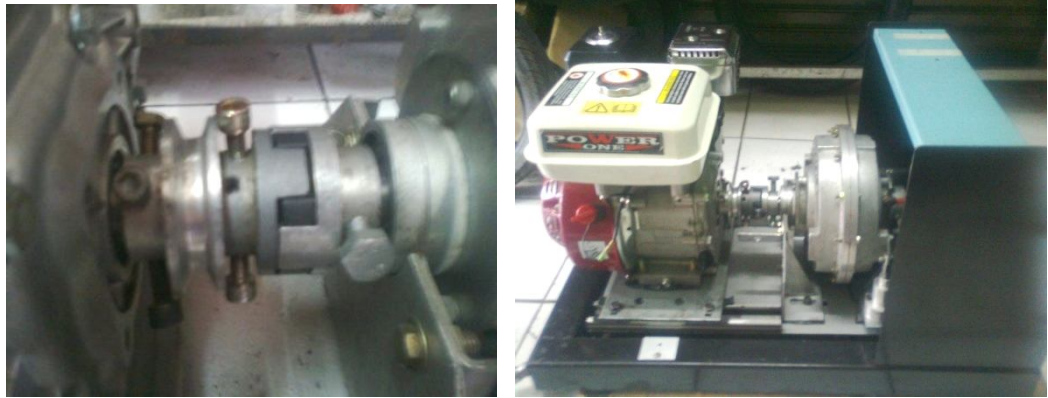


Gambar 3.11 Pemasangan *Water Hose*

3. Memasang mesin uji pada dudukannya dan hubungkan dengan *flange coupling* (penghubung antara poros *dynamometer* dengan poros *output* mesin yang hendak di uji). Setelah kedua poros tersebut terhubung kemudian baut dikencangkan secara bersamaan agar didapatkan tekanan



yang sama sehingga dapat dipastikan kelurusan poros yang telah terhubung.



Gambar 3.12 Poros yang Terhubung Oleh *Flange Coupling*

4. Memasang *instrument* pengukuran seperti neraca pegas dan *pulse meter* (*tachometer digital*) pada dudukannya. Pastikan peralatan tersebut terpasang dengan baik selama proses pengujian berlangsung. Sebagai penghubung antara *dynamometer* dengan neraca pegas maka digunakan sebuah batang besi yang dibaut pada stator (lengan torsi) *water brake dynamometer* sehingga besarnya gaya pembebanan dapat terukur melalui neraca pegas.



Gambar 3.13 Instalasi Peralatan Ukur

### 3.8 Tahap Kalibrasi

Kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan sifat-sifat metrologi suatu alat ukur dengan membandingkannya terhadap standar ukur sehingga meyakini nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur adalah benar. Proses kalibrasi sangat penting dalam suatu pengukuran untuk menjamin validitas data pengujian. Hal ini karena alat ukur akan mengalami perubahan setelah pemakaian yang lama, sehingga hasil yang ditunjukkan pada alat tersebut belum tentu menunjukkan data yang sebenarnya.<sup>41</sup>

Neraca pegas yang digunakan dalam pengujian ini perlu dilakukan kalibrasi sebelum digunakan karena masih bersistem mekanik dengan cara memutar sekrup yang berada di atasnya hingga garis penunjuk berada pada skala 0 (tanpa beban). Sedangkan untuk *pulse meter* sudah bersistem digital sehingga dapat langsung digunakan untuk proses pengukuran.

### 3.9 Prosedur Pengujian

Sebelum pelaksanaan pengujian, perlu dilakukan persiapan dan pengecekan pada peralatan uji dan perlengkapan pendukung. Hal ini sangat penting dalam membantu keakuratan pengambilan data yang diinginkan serta menghindarkan dari hal-hal yang tidak diinginkan seperti terjadinya kecelakaan kerja.

Ada dua tahapan persiapan sebelum dilakukan pengukuran dan pengujian menggunakan *dynamometer* yaitu :

---

<sup>41</sup> <http://eprints.undip.ac.id/41566/4/BAB-III-giant.pdf> , h.44 [diakses 12 September 2014]

1. Persiapan dan pemeriksaan pada mesin uji :

Pengecekan kondisi mesin meliputi kondisi minyak pelumas baik secara kualitas maupun kuantitas, busi, sistem kelistrikan, kekencangan baut-baut mesin dan ketersediaan bahan bakar (bensin / premium).

2. Persiapan dan pemeriksaan pada peralatan uji :

a. Memeriksa Pemasangan alat (*dynamometer*), memastikan kekencangan baut-baut dan perangkat pendukungnya, termasuk ketersediaan pasokan air yang dibutuhkan selama proses pengujian.

b. Menyiapkan dan memeriksa *instrument* pengukuran seperti timbangan atau neraca pegas dan *pulse meter* serta alat-alat tambahan (alat tulis dan lembar observasi untuk mencatat data).

c. Memeriksa selang-selang air dan sambungan untuk memastikan tidak terdapat kebocoran ataupun hal yang lain yang dapat menghambat proses pengukuran.

d. Memastikan semua peralatan atau *instrument* bisa bekerja dengan baik untuk mendapatkan hasil yang optimal dan menghindarkan terjadinya kecelakaan kerja.

### **3.10 Tahap Pengujian dan Pengambilan Data**

1. Mesin dihidupkan dan melakukan pemanasan mesin untuk mencapai kondisi operasional selama  $\pm 1 - 2$  menit.

2. Mengatur *throttle* sampai kondisi putaran yang diinginkan tercapai, yaitu katup gas terbuka penuh (diperoleh rpm tertingginya) dan

pengamatan dilakukan setelah keseimbangan putaran mesin tercapai.

3. Beban dari *water brake dynamometer* diatur dengan membuka katup air masuk sampai mesin menunjukkan tingkat kecepatan putaran yang diinginkan (Pengereman atau pembebanan mesin dilakukan secara bertahap pada setiap tingkat kecepatan putaran mesin hingga batas minimumnya). Dalam pengujian ini putaran mesin dibatasi pada putaran 2000 rpm sampai 3000 rpm dengan pertimbangan keamanan. Dimulai dari 3000 rpm, 2900 rpm, 2800 rpm dan seterusnya sampai dengan 2000 rpm. Pengamatan dilakukan setelah keseimbangan putaran mesin tercapai.
4. Pada saat yang bersamaan dilakukan pencatatan data masing-masing terhadap tingkat kecepatan putaran mesin dan besar gaya beban yang terukur sehingga dapat dihitung seberapa besar torsi dan daya mesin yang dihasilkan.
5. Langkah 3 dan 4 kemudian diulang kembali dan langkah selanjutnya juga sama dengan langkah sebelumnya, setiap naik satu langkah (variasi putaran mesin pada kisaran  $\pm 100$  rpm) juga disertai dengan pembacaan data-data.
6. Melakukan (mengulang) percobaan sebanyak tiga kali kemudian dibuat rata-rata, hal ini dilakukan untuk mendapatkan perbandingan data yang akurat.

7. Pada akhir pengujian, katup air pembebanan ditutup secara perlahan-lahan, kemudian putaran mesin diturunkan perlahan sampai putaran *idle* (lambat).
8. Untuk sesaat mesin dibiarkan pada putaran *idle* kemudian baru dimatikan begitu juga dengan peralatan pendukung lainnya.<sup>42</sup>

Sedangkan untuk menguji variabel-variabel operasi dalam pengujian dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Kecepatan putaran mesin

Alat : rpm meter (*pulse meter*)

Langkah pengujian :

- a. Hidupkan mesin dan distabilkan hingga keseimbangan mesin tercapai.
- b. Atur *throttle gas* dan baca *display*, sehingga tercapai kecepatan putaran mesin yang diinginkan terlihat pada *pulse meter*.

2. Pembebanan

Alat : *Dynamometer* (timbangan atau neraca pegas)

Langkah pengujian :

- a. Pasang *dynamometer*.
- b. Pasang saluran air yang menuju ke *dynamometer*, pastikan tidak ada kebocoran pada sambungan-sambungan selang.

---

<sup>42</sup> Winarko,A & Wulandari,D. *Loc.Cit.*,

- c. Hidupkan mesin dan distabilkan hingga keseimbangan mesin tercapai.
- d. Lakukan pembebanan yang diinginkan dengan mengatur debit aliran air yang masuk ke *dynamometer* melalui *gate valve*, sehingga timbangan atau neraca pegas bereaksi terhadap gaya pembebanan yang dihasilkan melalui *dynamometer* untuk mengetahui muatan atau beban yang dihasilkan dari mesin uji dan dikalkulasi untuk mengukur torsi.

### 3.11 Metode Perhitungan ( Analisis Data )

1. Gaya pengereman atau hasil pembebanan (Newton / Kg.f), Terukur dari hasil pengujian melalui skala dari neraca pegas.
2. Secara teoritis torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T = F \times b \quad (3.1)^{43}$$

Dimana :

T (Nm) adalah torsi

F (N) adalah gaya penyeimbang

b (m) adalah jarak lengan torsi

---

<sup>43</sup> <http://eprints.undip.ac.id/41566/4/BAB-III-giant.pdf> , h.51 [diakses 12 September 2014]

3. Daya dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Untuk satuan HP :

$$P_{hp} = \frac{T \cdot n}{5252} \quad (3.2)$$

Dimana :

$P_{hp}$  adalah daya *horse power*

$T_{lb.ft}$  adalah torsi dalam *pound-feet*

$n_{rpm}$  adalah kecepatan rotasi dalam revolusi per menit.

Untuk satuan kW :

$$P_{kW} = \frac{T \cdot n}{9549} \quad (3.3)$$

Dimana :

$P_{kW}$  adalah daya dalam kilowatt

$T_{N.m}$  adalah torsi dalam newton meter

$n_{rpm}$  adalah kecepatan rotasi dalam revolusi per menit.

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Penelitian**

Berikut ini akan disajikan pembahasan dan analisa data-data hasil Pengujian Torsi dan Daya Pada Motor Bensin Satu Silinder Menggunakan *Water Brake Dynamometer*, diantaranya adalah :

1. Pengaruh gaya pembebanan (efek pengereman atau tahanan yang dihasilkan *dynamometer*) terhadap kecepatan putaran mesin.
2. Hubungan antara kecepatan putaran mesin dengan torsi.
3. Hubungan antara kecepatan putaran mesin dengan daya.
4. Hubungan antara kecepatan putaran mesin, torsi dan daya.
5. Hubungan antara torsi dengan daya yang dihasilkan mesin uji.

Pengujian ini dilakukan secara berulang sebanyak tiga kali untuk mendapatkan perbandingan data, sehingga akan diketahui apakah kinerja *dynamometer* tersebut sudah dapat berfungsi dengan baik atau belum dalam memberikan pembebanan terhadap mesin uji, kemudian ditarik kesimpulan mengenai hasil pengujian torsi dan daya pada motor bensin satu silinder menggunakan *water brake dynamometer*.

Data-data hasil pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang berisi tentang data tingkat kecepatan putaran mesin (rpm), gaya pembebanan (N), torsi (Nm) dan daya (kW) seperti yang akan disajikan dalam beberapa tabel berikut ini.



**Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap I)**

<b>n (rpm)</b>	<b>F (N)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b>P (kW)</b>
2935	9	3,6	1,11
2875	13	5,2	1,57
2792	18	7,2	2,11
2650	21	8,4	2,33
2595	24	9,6	2,61
2485	26	10,4	2,71
2395	28	11,2	2,81
2294	29	11,6	2,79
2185	27	10,8	2,47
2095	26	10,4	2,28

**Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap II)**

<b>n (rpm)</b>	<b>F (N)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b>P (kW)</b>
2925	8	3,2	0,98
2885	10	4	1,21
2792	14	5,6	1,64
2675	20	8	2,24
2597	21	8,4	2,28
2490	23	9,2	2,40
2397	25	10	2,51
2299	25	10	2,41
2195	26	10,4	2,39
2095	26	10,4	2,28

**Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap III)**

<b>n (rpm)</b>	<b>F (N)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b>P (kW)</b>
2930	9	3,6	1,10
2880	12	4,8	1,45
2792	16	6,4	1,87
2662	21	8,4	2,34
2596	23	9,2	2,50
2488	25	10	2,61
2396	27	10,8	2,71
2296	27	10,8	2,60
2190	27	10,8	2,48
2095	26	10,4	2,28

**Tabel 4.4 Data Komparasi dan Rata-rata Hasil Pengujian Torsi (Tahap I-III)**

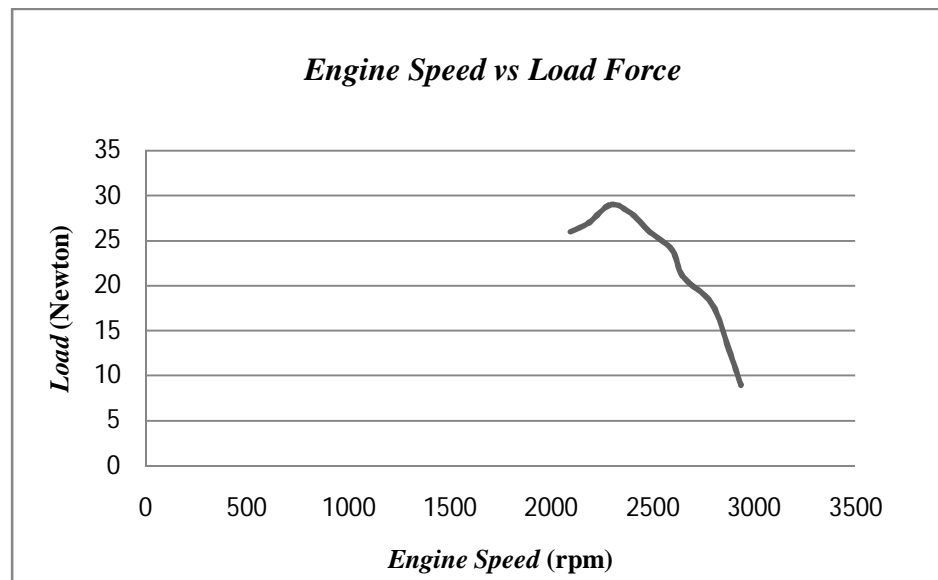
<b>n (rpm)</b>	<b>T (1)</b>	<b>T (2)</b>	<b>T (3)</b>	<b>T (Rata-rata)</b>
2935	3,6	3,2	3,6	3,5
2875	5,2	4	4,8	4,7
2792	7,2	5,6	6,4	6,4
2650	8,4	8	8,4	8,3
2595	9,6	8,4	9,2	9,1
2485	10,4	9,2	10	9,9
2395	11,2	10	10,8	10,7
2294	11,6	10	10,8	10,8
2185	10,8	10,4	10,8	10,7
2095	10,4	10,4	10,4	10,4

**Tabel 4.5 Data Komparasi dan Rata-rata Hasil Pengujian Daya (Tahap I-III)**

<b>n (rpm)</b>	<b>P (1)</b>	<b>P (2)</b>	<b>P (3)</b>	<b>P (Rata-rata)</b>
2935	1,11	0,98	1,1	1,06
2875	1,57	1,21	1,45	1,41
2792	2,11	1,64	1,87	1,87
2650	2,33	2,24	2,34	2,30
2595	2,61	2,28	2,5	2,46
2485	2,71	2,4	2,61	2,57
2395	2,81	2,51	2,71	2,68
2294	2,79	2,41	2,6	2,60
2185	2,47	2,39	2,48	2,45
2095	2,28	2,28	2,28	2,28

## 4.2 Analisa Grafik Hasil Penelitian

### 4.2.1 Analisa Grafik Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap I)

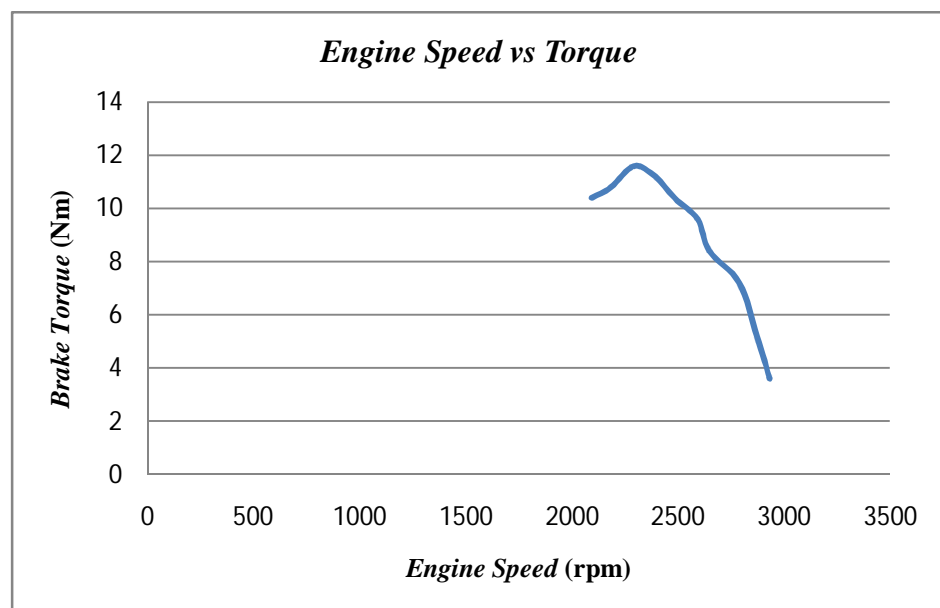


Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Gaya Pembebanan Terhadap Kecepatan Putaran Mesin

Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa gaya pembebanan yang dihasilkan dimulai dari 9 N pada putaran  $\pm 2935$  rpm dan mencapai puncaknya di 29 N pada putaran  $\pm 2294$  rpm, lalu berakhir di

26 N pada putaran  $\pm 2095$  rpm. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi putaran dan beban kerja mesin akan membutuhkan lebih banyak debit aliran fluida (air) untuk memberikan pembebanan yang dilakukan oleh *dynamometer* terhadap mesin uji.

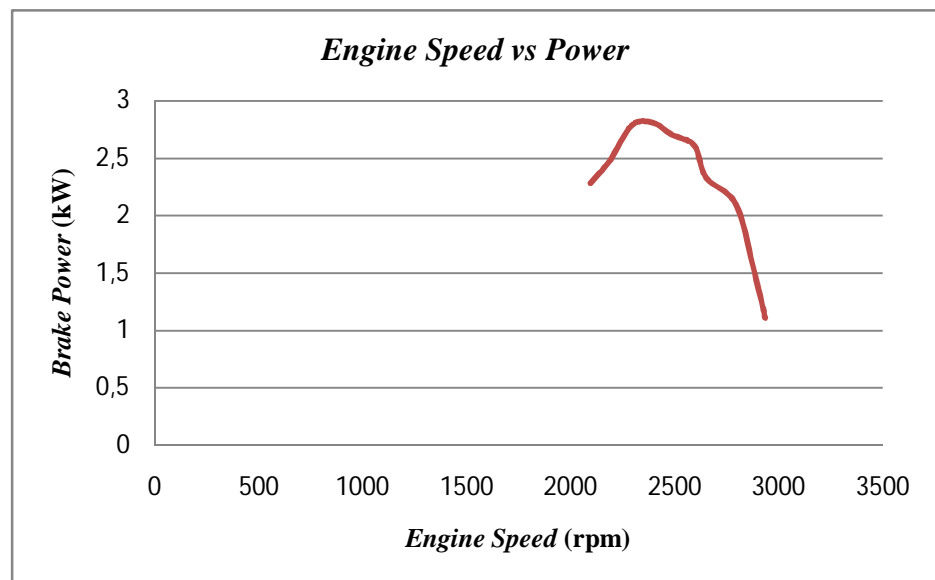
Pembebanan dilakukan oleh *dynamometer* dengan cara mengatur besar kecilnya aliran fluida melalui katup air sehingga dapat mengukur nilai gaya pembebanan yang dihasilkan disetiap tingkat kecepatan putaran hingga mencapai batas minimum. Semakin besar pembebanan yang diberikan ke mesin uji maka akan menyebabkan penurunan kecepatan putaran mesin.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin dengan Torsi

Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa torsi maksimum yang terukur sebesar 11,6 Nm pada putaran  $\pm 2294$  rpm, kemudian mengalami penurunan torsi hingga 10,4 Nm pada putaran  $\pm 2095$  rpm. Hal tersebut terjadi karena mesin akan mengalami penurunan torsi

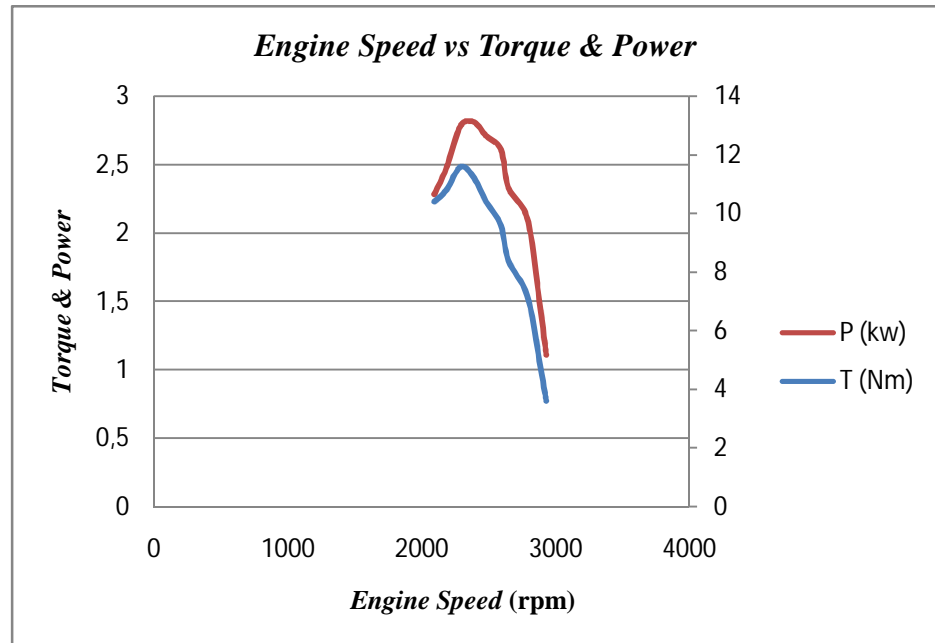
setelah mencapai torsi maksimumnya sehingga jika mesin diberikan pembebanan oleh *dynamometer* melewati torsi maksimum maka mesin akan mati akibat putaran mesin dan torsinya menurun. Jadi dapat disimpulkan bahwa besarnya gaya pembebanan dengan torsi yang dihasilkan adalah berbanding lurus, yang dipengaruhi oleh panjang lengan torsi (dalam penelitian ini ditentukan jarak lengan torsi dari titik beban ke titik pusat rotasi adalah 40 cm atau 0,4 m)



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin dengan Daya

Berdasarkan grafik di atas dapat terlihat bahwa daya maksimum yang terukur sebesar 2,81 kW pada putaran  $\pm 2395$  rpm, kemudian mengalami penurunan daya hingga 2,28 Kw pada putaran  $\pm 2095$  rpm. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin tinggi putaran dan beban kerja mesin maka akan semakin tinggi juga kerugian gesek yang terjadi sehingga daya akan menurun setelah mencapai daya maksimumnya. Jadi dapat disimpulkan bahwa besarnya daya akan berbanding lurus

dengan torsi yang dihasilkan, yang dipengaruhi oleh tingkat kecepatan putaran dan beban kerja mesin.

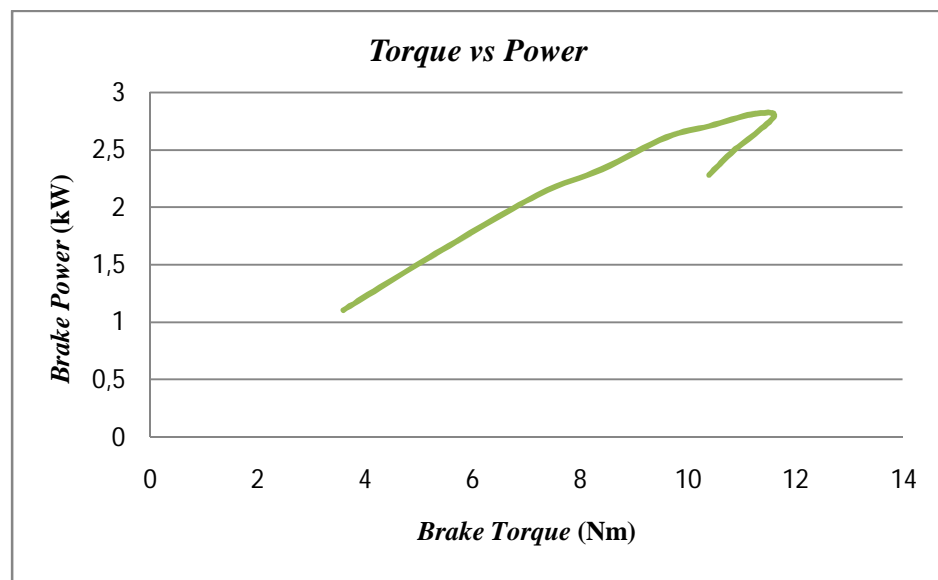


Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin, Torsi dan Daya

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa antara torsi dan daya memiliki kesamaan yaitu setelah mencapai titik maksimumnya kemudian akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya beban kerja mesin dan menurunnya kecepatan putaran akibat tahanan dari *dynamometer*. Torsi dan daya yang terukur oleh *water brake dynamometer* adalah 11,6 Nm pada putaran  $\pm 2294$  rpm untuk torsi maksimum dan 2,81 kW pada putaran  $\pm 2395$  rpm untuk daya maksimum.

Daerah kerja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dari 2000 rpm sampai dengan 3000 rpm, hal ini dilakukan dengan pertimbangan keamanan saat pengujian sehingga tidak dilakukan mencapai putaran

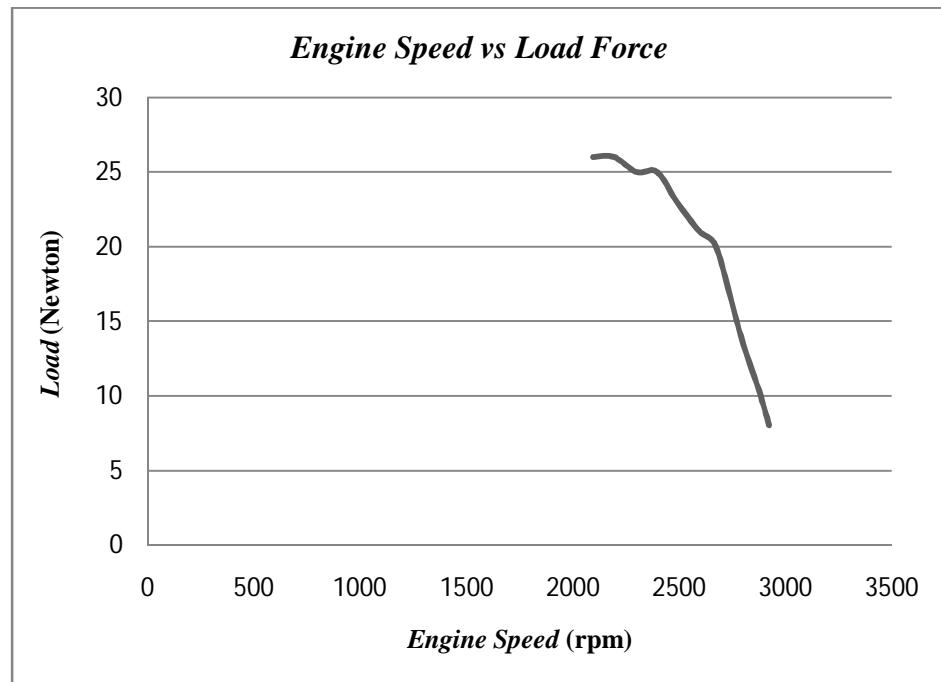
kritis. Putaran kritis terjadi jika putaran mesin dinaikkan pada suatu harga putaran tertentu sehingga dapat terjadi getaran yang terlalu besar, maka diusahakan putaran kerja lebih rendah dari putaran kritis.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Torsi dengan Daya

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa torsi dan daya berbanding lurus, yang berarti semakin tinggi torsi yang dihasilkan oleh mesin maka akan semakin tinggi pula daya yang dapat dihasilkan, dan pada saat mencapai titik maksimumnya torsi dan daya akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya beban kerja mesin pada putaran tinggi. Torsi dan daya maksimum yang terukur yaitu 11,6 Nm dan 2,78 kW.

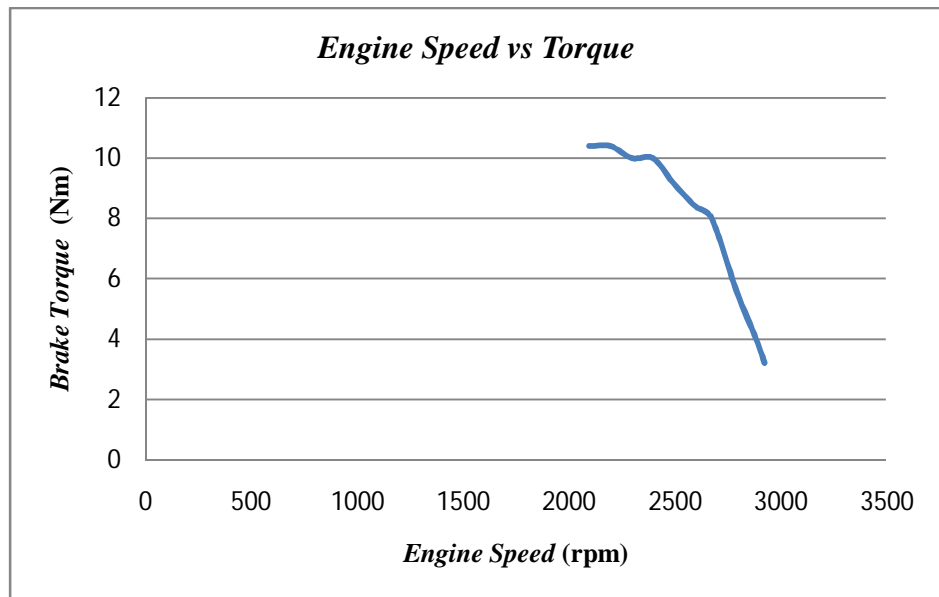
#### 4.2.2 Analisa Grafik Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap II).



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Gaya Pembebanan Terhadap Kecepatan Putaran Mesin

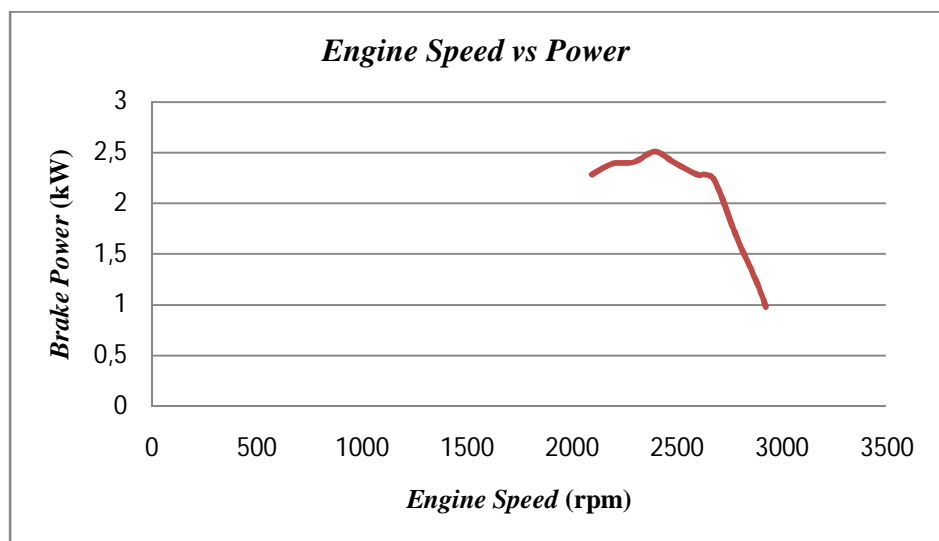
Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa gaya pembebanan yang dihasilkan dimulai dari 8 N pada putaran  $\pm 2925$  rpm, gaya pembebanan mencapai puncaknya dan berakhir di 26 N pada putaran  $\pm 2195$  sampai 2095 rpm. Pada grafik di atas tidak terlihat penurunan yang drastis setelah mencapai titik maksimumnya akan tetapi cenderung naik, hal ini dipengaruhi oleh metode pengambilan data dan kecermatan dari operator dalam memberikan pembebanan serta kondisi temperatur udara saat pengujian juga akan berpengaruh terhadap *output* mesin. Maka dari itu saat proses pengujian dianjurkan dilakukan pada kondisi lingkungan yang sama agar hasilnya jika dibandingkan tidak berbeda jauh.





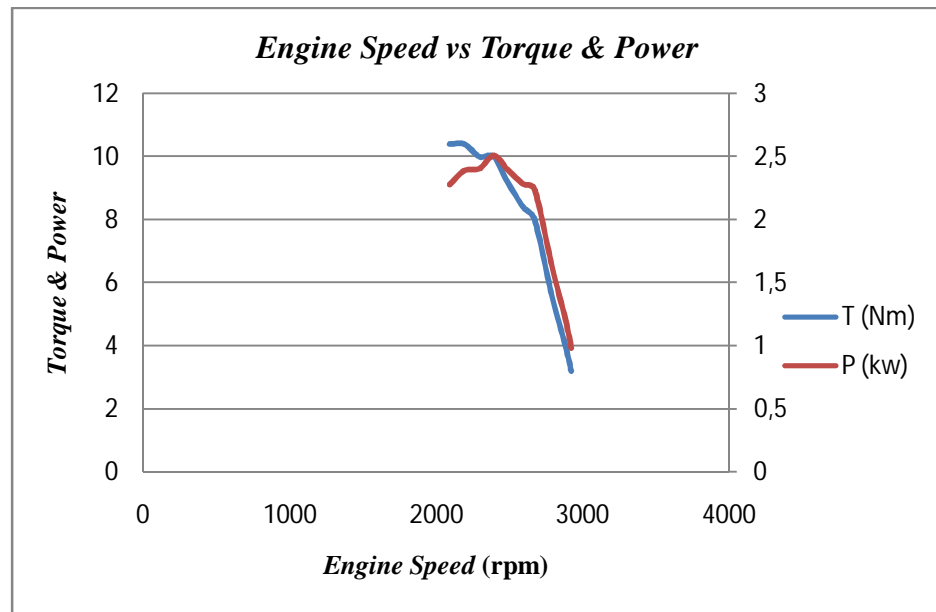
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin dengan Torsi

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa torsi maksimum yang terukur sebesar 10,4 Nm pada putaran  $\pm 2195$  sampai 2095 rpm. Pada grafik di atas torsi yang dihasilkan cenderung meningkat dan stabil, hal ini berbanding lurus antara besar gaya pembebanan dengan torsi yang dihasilkan.



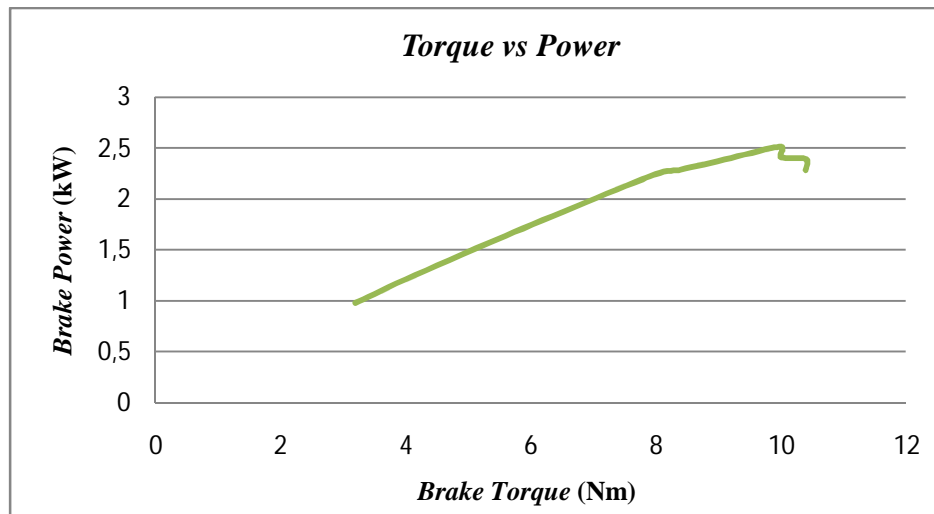
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin dengan Daya

Berdasarkan grafik tersebut dapat terlihat bahwa daya maksimum yang terukur sebesar 2,51 kW pada putaran  $\pm 2397$  rpm, kemudian mengalami penurunan daya hingga 2,28 kW pada putaran  $\pm 2095$  rpm.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin, Torsi dan Daya

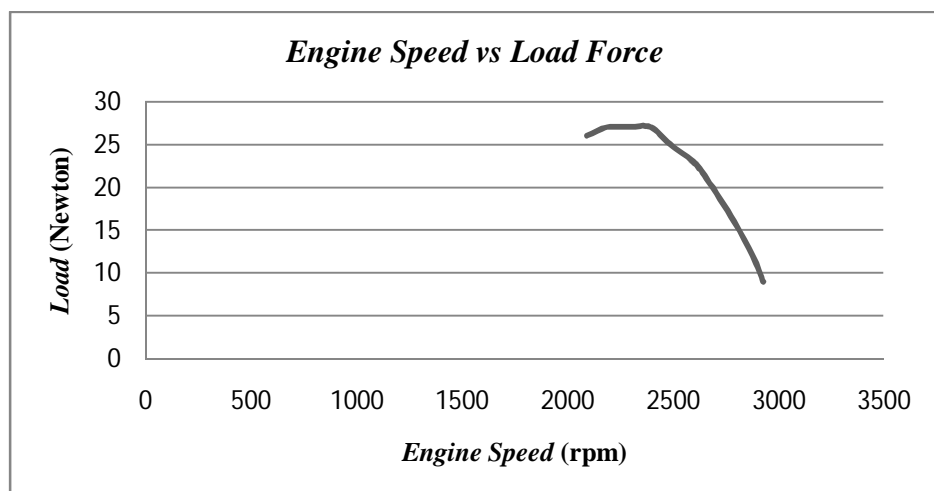
Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa torsi yang terukur tidak mengalami penurunan yang drastis sedangkan daya mengalami penurunan yaitu setelah mencapai titik maksimumnya seiring dengan bertambahnya beban kerja mesin dan menurunnya kecepatan putaran mesin akibat tahanan dari *dynamometer*. Torsi dan daya maksimum yang terukur oleh *water brake dynamometer* adalah 10,4 Nm pada putaran  $\pm 2195$  rpm dan 2,51 kW pada putaran  $\pm 2397$  rpm.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Antara Torsi dengan Daya

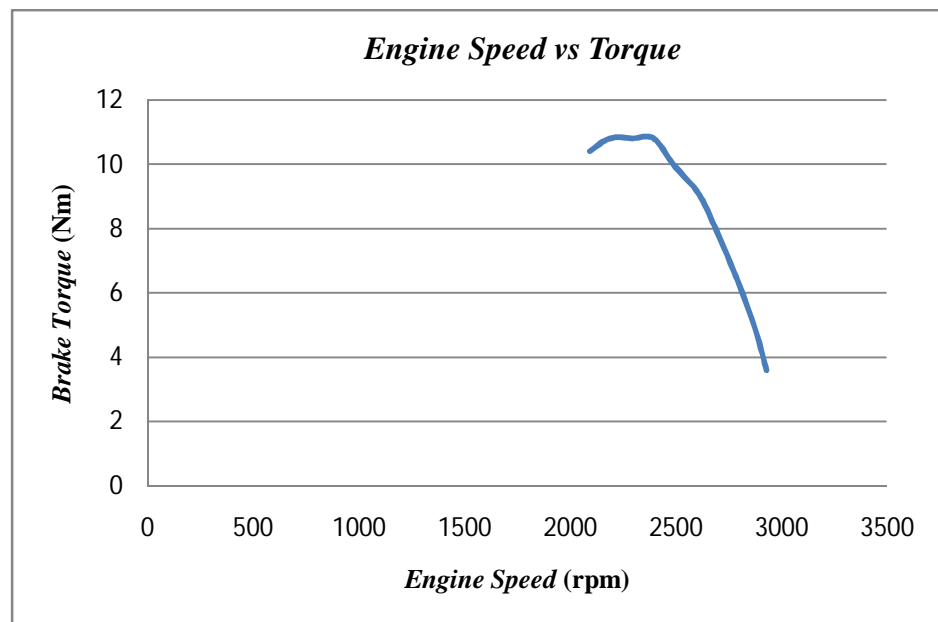
Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa torsi dan daya berbanding lurus, yang berarti semakin tinggi torsi yang dihasilkan oleh mesin maka akan semakin tinggi pula daya yang dapat dihasilkan. Pada grafik di atas tidak menunjukkan penurunan drastis saat torsi dan daya mencapai titik maksimumnya sehingga cenderung lebih stabil. Torsi dan daya maksimum yang terukur yaitu 10,4 Nm dan 2,51 kW.

#### 4.2.3 Analisa Grafik Hasil Pengujian Torsi dan Daya (Tahap III).



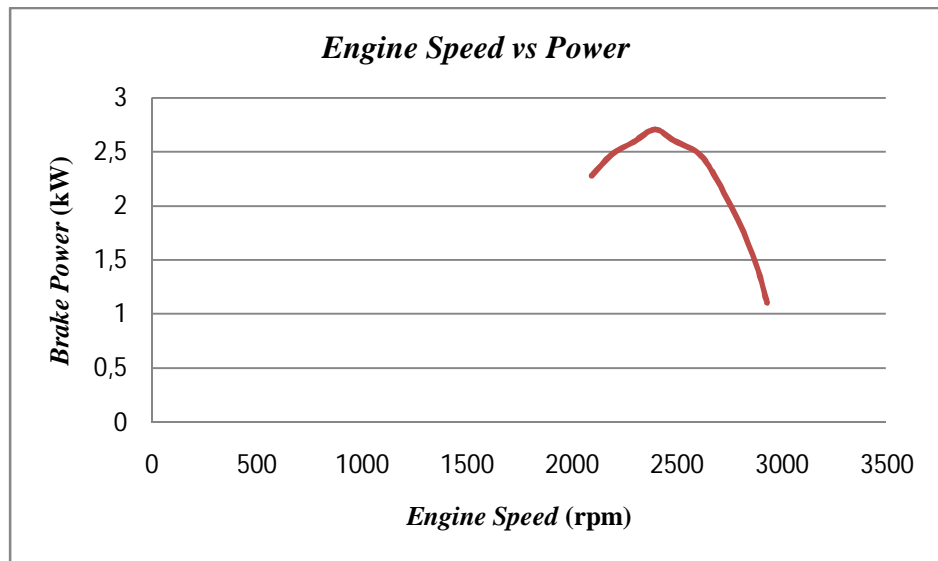
Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Gaya Pembebanan Terhadap Kecepatan Putaran Mesin

Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa gaya pembebanan yang dihasilkan dimulai dari 9 N pada putaran  $\pm 2930$  rpm, gaya pembebanan meningkat seiring dengan menurunnya kecepatan putaran mesin dan mencapai puncaknya di 27 N pada putaran  $\pm 2396$  sampai  $\pm 2190$  rpm dan berakhir di 26 N pada putaran  $\pm 2095$  rpm.



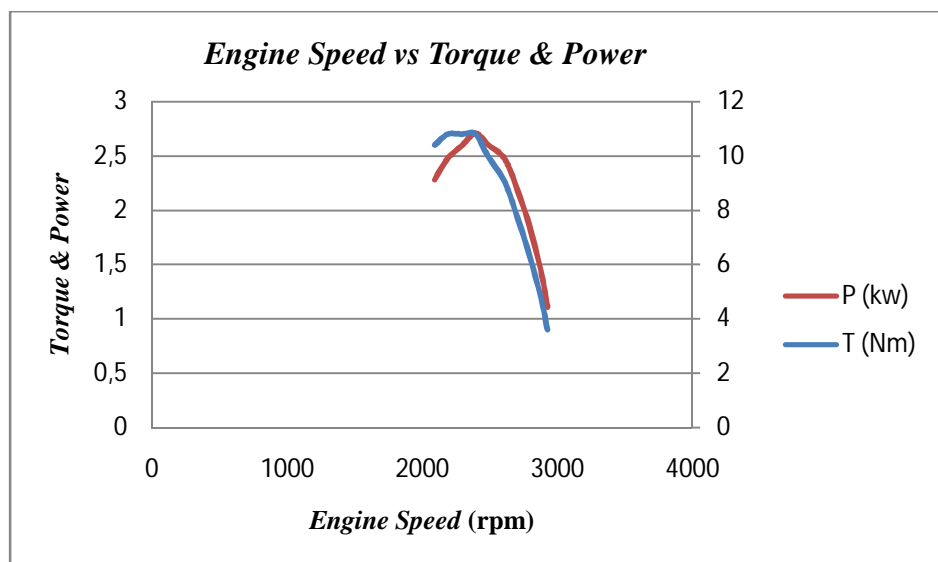
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin dengan Torsi

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa torsi maksimum yang terukur sebesar 10,8 Nm pada putaran  $\pm 2396$  sampai  $\pm 2190$  rpm, selanjutnya torsi menurun hingga 10,4 Nm pada putaran  $\pm 2095$  rpm. Pada grafik di atas torsi yang dihasilkan cenderung stabil dan tidak mengalami penurunan yang drastis sehingga terlihat bentuk grafik yang lebih teratur dari beberapa grafik pada pengujian sebelumnya.



Gambar 4.13 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin dengan Daya

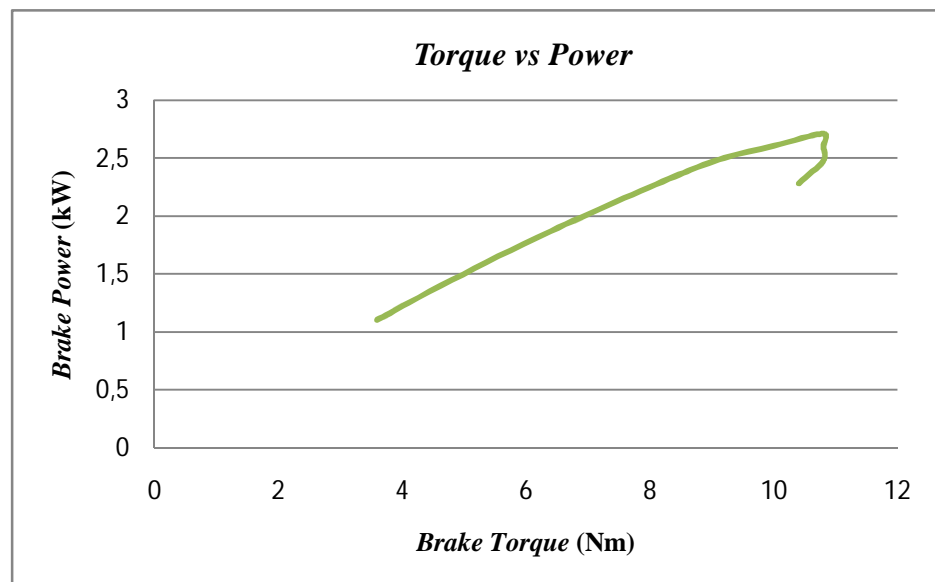
Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa daya maksimum yang terukur sebesar 2,71 kW pada putaran  $\pm 2396$  rpm, kemudian mengalami penurunan daya hingga 2,28 Kw pada putaran  $\pm 2095$  rpm.



Gambar 4.14 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran Mesin, Torsi dan Daya

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa torsi yang terukur tidak mengalami penurunan secara drastis sedangkan daya akan menurun setelah mencapai titik maksimumnya, hal ini disebabkan oleh

menurunnya kecepatan putaran mesin akibat tahanan dari dynamometer dan meningkatnya beban kerja mesin, sehingga meskipun torsiya stabil namun dayanya akan menurun. Torsi dan daya maksimum yang terukur oleh *water brake dynamometer* adalah 10,8 Nm pada putaran  $\pm 2396$  sampai  $\pm 2190$  rpm dan 2,71 kW pada putaran  $\pm 2397$  rpm. Terlihat bahwa torsi dan daya mencapai maksimum pada tingkat kecepatan putaran mesin yang sama, yaitu pada putaran  $\pm 2300$  rpm.



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Antara Torsi dengan Daya

Grafik di atas yang terbentuk di pengujian tahap ke-III ini memiliki nilai torsi dan daya yang tidak berbeda jauh dengan grafik hubungan torsi dengan daya pada pengujian tahap ke-II karena pengambilan data dilakukan pada kondisi lingkungan yang sama. Torsi dan daya maksimum yang terukur adalah 10,8 Nm dan 2,71 kW.

### 4.3 Pembahasan

Pengujian Torsi dan Daya Pada Motor Bensin Satu Silinder Menggunakan *Water Brake Dynamometer* ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan ukur dari *dynamometer* setelah dilakukan perbaikan (perakitan ulang) dalam memberikan gaya pembebanan terhadap mesin uji sehingga dapat mengukur torsi yang dihasilkan pada kondisi aktualnya secara bertahap sebanyak tiga kali pengujian agar didapatkan data perbandingan hasil pengukuran. Diharapkan *dynamometer tipe water brake* ini dapat memberikan manfaat untuk menambah kapasitas dari Laboratorium Otomotif Teknik Mesin UNJ dalam hal pengujian unjuk kerja mesin, khususnya pada motor bensin satu silinder.

Berdasarkan hasil temuan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nazaruddin Sinaga dan Aria Dewangga yang terdapat dalam jurnal teknik mesin (<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi> -Vol.14, No.3, Juli 2012:8-12) yang berjudul “Pengujian dan Pembuatan Buku Petunjuk Operasi *Chassis Dynamometer Tipe Water Brake*” serta data-data pengukuran yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan banyak kesamaan, bahwa *dynamometer* ini memiliki beberapa karakteristik yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Gaya pengereman atau pembebanan yang dihasilkan oleh *dynamometer* dilakukan dengan cara mengatur debit aliran air yang disirkulasikan ke dalam *housing water brake dynamometer*.

2. Katup air digunakan untuk memvariasikan beban yang diberikan oleh *dynamometer* terhadap mesin yang diuji.
3. Semakin banyak debit air yang mengalir dan bersirkulasi di dalam *housing water brake dynamometer* maka akan semakin besar energi mekanik yang dirubah impeler atau rotor menjadi gaya gesek yang memberikan efek pengereman dan menghasilkan energi panas.
4. Semakin tinggi kecepatan putaran poros *dynamometer* yang digerakkan oleh poros *output* mesin uji maka torsi yang dihasilkan juga semakin tinggi, hal ini disebabkan oleh gaya sentrifugal yang terjadi pada rotor akan mendorong air yang berada di dalam *housing water brake dynamometer* dan menghasilkan tahanan (efek pengereman) yang tinggi.
5. Suhu air yang berada di dalam *housing water brake dynamometer* akan mengalami perubahan (kenaikan suhu) akibat dari terjadinya gesekan antara air yang bersirkulasi dengan rotor dan stator yang berada di dalamnya.

#### **4.4 Keterbatasan Pengujian**

Dalam pengujian torsi dan daya mesin menggunakan *water brake dynamometer* tentunya menemui beberapa kendala yang dikarenakan keterbatasan kemampuan ukur dari peralatan yang digunakan sehingga mempengaruhi keakuratan hasil pengukuran gaya pembebanan terhadap mesin uji, kendala-kendala tersebut, antara lain :



1. Pengoperasian alat yang sulit karena membutuhkan keahlian dan kecermatan operator dalam menstabilkan jumlah beban dengan kecepatan putaran mesin disetiap tingkat kecepatan. Mengingat *dynamometer* yang digunakan adalah tipe konvensional dan pengoperasiannya manual, membutuhkan sekitar dua orang untuk mengoperasikan dan mencatat data-data hasil pengujian.
2. Guncangan ataupun getaran yang dihasilkan peralatan uji dan mesin selama proses pengujian cukup besar, hal ini terutama terjadi pada saat mesin beroperasi pada putaran tinggi dan diberikan pembebanan oleh *dynamometer*, sehingga akan mempengaruhi keterbacaan atau tingkat akurasi dari *instrument* pengukuran yang masih manual dalam pemakaiannya seperti neraca pegas yang digunakan untuk mengetahui nilai gaya pembebanan yang dihasilkan oleh *dynamometer*. Maka dari itu keterampilan dan kecermatan operator sangat berpengaruh dalam mengoperasikan *dynamometer* dan membaca hasil pengukuran.
3. Keterbatasan kemampuan, pengetahuan dan pengalaman penulis dalam menerapkan metode pengujian torsi dan daya pada motor bensin satu silinder menggunakan *water brake dynamometer*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan Pengujian Torsi dan Daya Pada Motor Bensin Satu Silinder Menggunakan *Water Brake Dynamometer* serta berdasarkan data-data hasil penelitian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan fungsinya, *dynamometer* sudah dapat digunakan untuk memberikan pembebanan terhadap mesin uji sehingga dapat mengukur besarnya gaya tahanan atau muatan yang selanjutnya dikalkulasi dengan panjang lengannya (*torque arm*) untuk mengetahui besarnya torsi yang dihasilkan.
2. Hasil pengujian torsi dan daya maksimum yang terukur secara aktual yaitu sebesar 11,6 Nm pada putaran 2294 rpm dan 2,81 kW pada putaran 2395 rpm (berdasarkan pengujian kinerja tahap I). Selanjutnya terukur nilai torsi dan daya maksimum sebesar 10,4 Nm pada putaran 2195 rpm dan 2,51 kW pada putaran 2397 rpm (berdasarkan pengujian kinerja tahap II). Pada pengujian terakhir terukur nilai torsi dan daya maksimum sebesar 10,8 Nm pada putaran 2396 rpm dan 2,71 kW pada putaran 2396 rpm (berdasarkan pengujian kinerja tahap III).
3. Pada pengujian torsi dan daya secara aktual menemui beberapa kendala teknis seperti keterbatasan kemampuan alat ukur sehingga pengujian

tidak dilakukan mencapai putaran kritis karena pertimbangan keamanan, oleh karena itu ditentukan daerah kerja pada pengujian ini yaitu dari putaran 2000 rpm sampai 3000 rpm dengan pembebanan secara bertahap hingga batas minimum. Putaran kritis terjadi jika putaran mesin dinaikkan pada suatu harga putaran tertentu sehingga dapat terjadi getaran yang terlalu besar, maka diusahakan putaran kerja lebih rendah dari putaran kritis.

4. Rata-rata hasil pengujian torsi dan daya maksimum yaitu 10,8 Nm pada 2294 rpm dan 2,68 kW pada 2395 rpm. Pengukuran torsi dan daya maksimum mesin uji terdapat pada daerah kerja yang sama, yaitu sekitar putaran 2100 rpm sampai 2300 rpm.

## 5.2 Saran

Untuk lebih sempurnanya penelitian ini pada tahap selanjutnya maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Pada saat mengoperasikan *dynamometer* tipe *water brake* disarankan agar operator dapat mengatur dan menstabilkan jumlah beban disetiap tingkat kecepatan putaran mesin dengan besar pembebanan yang sama karena akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran sehingga sangat diperlukan keterampilan dan kecermatan operator.
2. Pengaruh pembebanan yang besar terhadap mesin uji dikawatirkan dapat merusak komponen mesin yang bersangkutan, oleh karena itu pembebanan tidak boleh dilakukan terlalu lama.

3. Periksalah seluruh komponen peralatan uji (dudukan atau penyangga *housing water brake dynamometer* dan kerapatan stator) serta peralatan pendukung sebelum melakukan pengujian, lakukanlah sesuai dengan prosedur pengujian yang ada. Hal ini untuk meminimalisir kecelakaan kerja yang bisa terjadi sewaktu-waktu akibat kelalaian operator itu sendiri.
4. Periksalah secara rutin atau berkala kekencangan baut-baut pada mesin (dianjurkan sebelum melakukan pengujian) karena efek pembebanan yang diberikan oleh *dynamometer* cukup besar sehingga dapat menyebabkan baut-baut pada komponen mesin uji tersebut longgar dan lepas, hal ini tentunya berbahaya jika terjadi saat proses pengujian sedang berlangsung.
5. Kemampuan penyerapan daya maksimal pada *water brake dynamometer* masih perlu dilakukan percobaan lebih lanjut.
6. Untuk penelitian tahap selanjutnya dapat dilakukan kajian lebih mendalam tentang analisa kurva berdasarkan komparasi hasil pengujian torsi dan daya menggunakan *water brake dynamometer* dengan kurva spesifikasi teknis hasil pengujian torsi dan daya dari pabrikan mesin uji tersebut sehingga dapat diketahui penyimpangan hasil pengukuran yang terjadi.

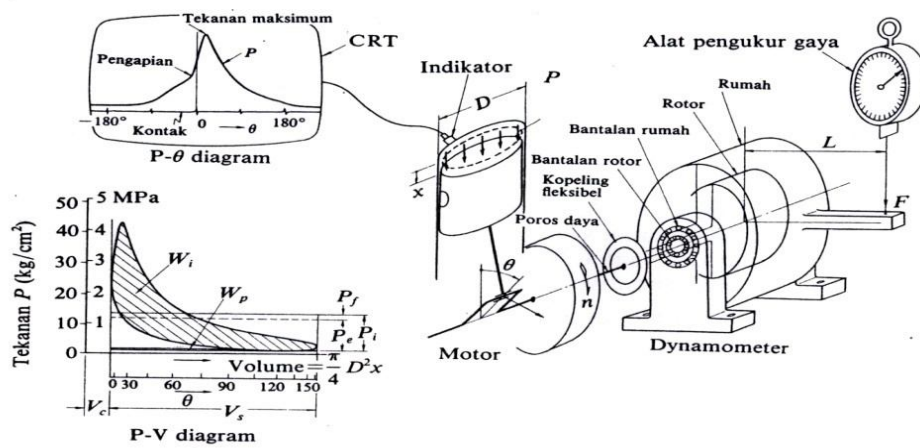
## DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, W. *Motor Bensin Modern*, Jakarta : Rineka Cipta, 2012.
- Modul Praktikum Pengujian Performa Mesin*, Pendidikan FT UNJ, 2012.
- Sinaga,N & Dewangga,A. 2012. “Pengujian & Pembuatan Buku Petunjuk Operasi *Chassis Dynamometer Tipe Water Brake*”, *ROTASI* Vol.14(3): 8-12
- Soenarta,N. *Motor Serbaguna*, Jakarta : PT. Pradnya Paramita, 1985.
- Supriyo. 2012. “Perancangan dan Pembuatan *Dynamometer* Arus Eddy Untuk Pengujian Kendaraan Bermotor Kapasitas 130 kW”, [tesis], Semarang : Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro.
- Winarko,A & Wulandari,D. 2013. “Rancang Bangun *Engine Water Brake Dynamometer* Sebagai Media Pembelajaran Praktek Pengujian Performa Mesin”, *JTM UNESA* Vol.01(02): 303-310
- Winther, J.B. *Dynamometer Handbook of Basic Theory and Aplications*, Cleveland, Ohio : Eaton Corporation, 1975.
- <http://dyno-wave.blogspot.com> [diakses 15/08/2014]
- <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi> [diakses 15/08/2014]
- <http://eprints.undip.ac.id/41566/4/Bab-III-giant.pdf> [diakses 12/09/2014]
- <http://id.wikipedia.org/wiki/motor-bakar-dua-langkah> [diakses 04/09/2014]
- <http://mechanicalbase.blogspot.com/2009/08/dynamometer.html>  
[diakses04/09/2014]
- <http://on-webb.com/mechanics/4stroke.htm> [diakses 30/08/2014]
- <http://rumushitung.com/2013/06/23/macam-macam-alat-ukur-dan-kegunaannya>  
[Diakses 17/12/2014]
- <http://web.ipb.ac.id/Bahan/Ajar/Motor/Dan/Tenaga.htm> [diakses 04/09/2014]
- <http://www.slideshare.net/teknik-laboratorium> [Diakses 17/12/2014]
- [www.bankspower.com](http://www.bankspower.com) [diakses 09/10/2014]
- [www.highpowermedia.com](http://www.highpowermedia.com) [diakses 09/10/2014]
- [www.indonetwork.co.id](http://www.indonetwork.co.id) [diakses 09/10/2014]

# **L A M P I R A N**

## LAMPIRAN 1

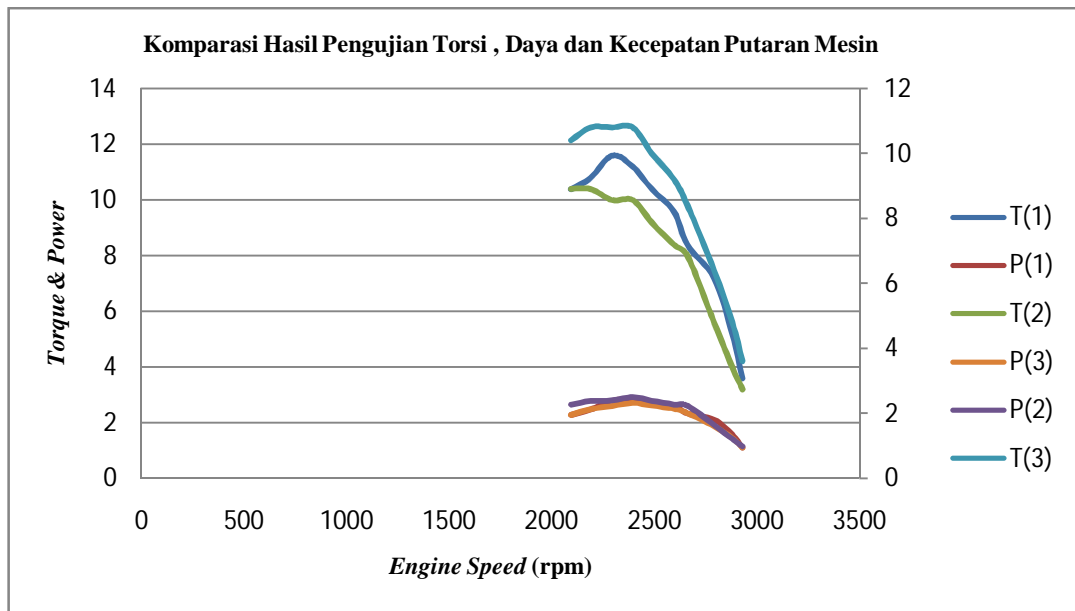
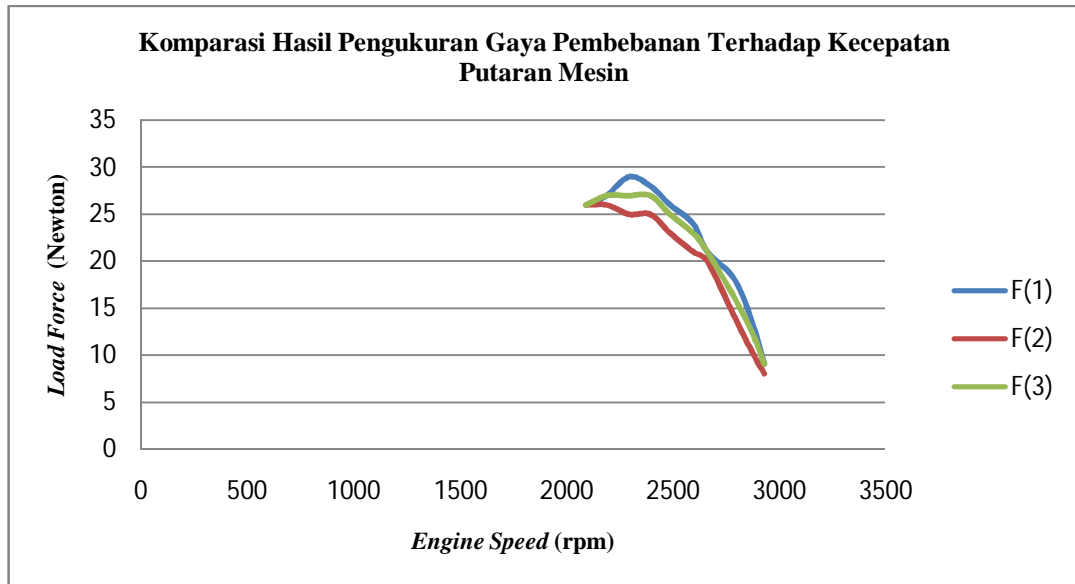
Skema Prinsip Operasi *Dynamometer* (Tes Prestasi Motor) dan Instalasi Peralatan.



Instalasi (setup) *Water Brake Dynamometer*

## LAMPIRAN 2

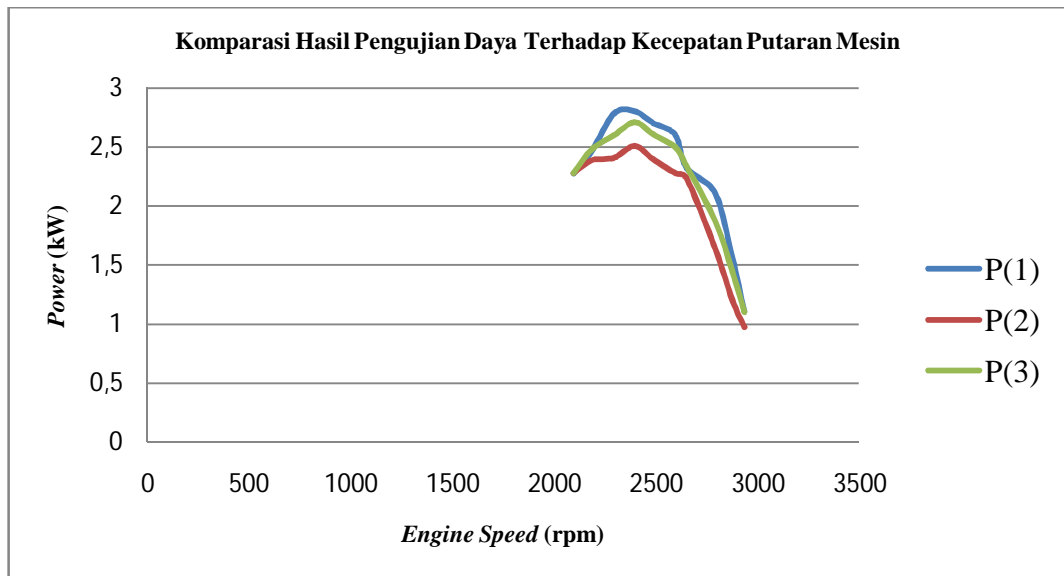
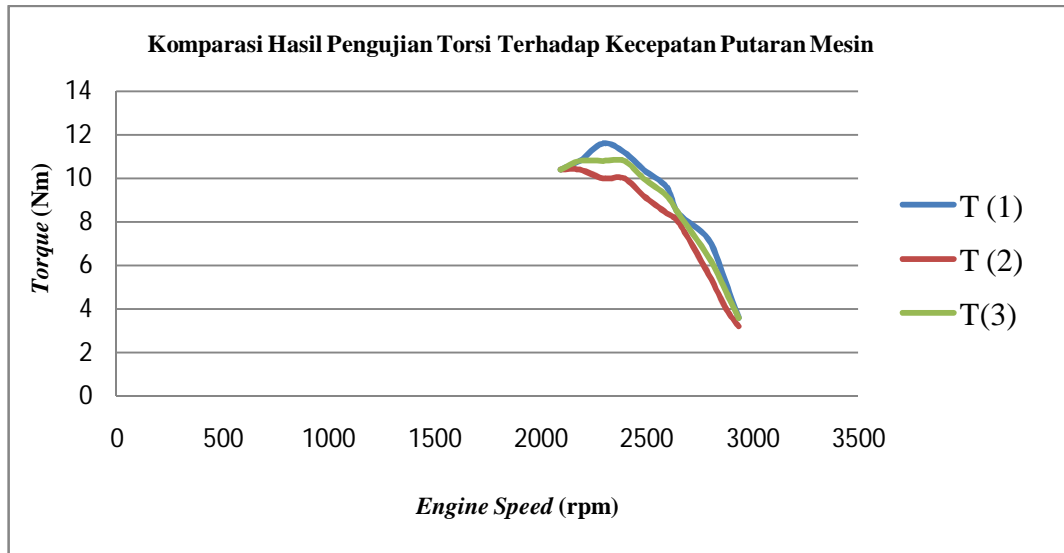
Grafik Komparasi Hasil Pengukuran Gaya Pembebanan, Torsi, Daya dan Kecepatan Putaran Mesin ( Tahap I – III ).





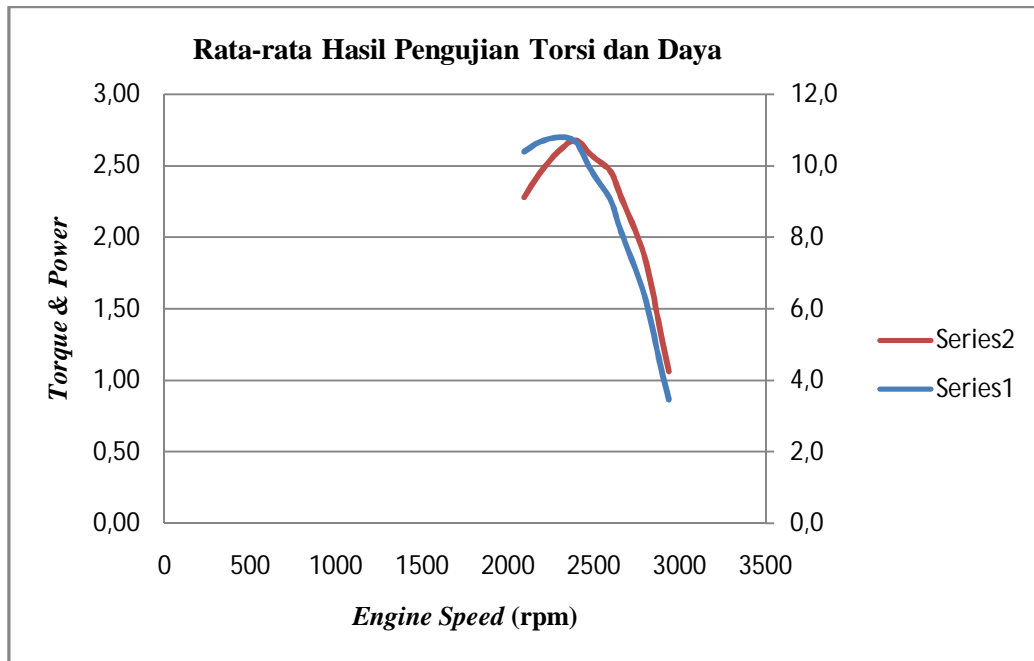
### LAMPIRAN 3

Grafik Komparasi Hasil Pengujian Torsi dan Daya Motor Bensin Satu Silinder (Tahap I – III).



#### LAMPIRAN 4

Grafik Rata-rata Hasil Pengujian Torsi dan Daya Maksimum pada Motor Bensin Satu Silinder (Tipe GE160F) Terhadap Kecepatan Putaran Mesin (Berdasarkan Rata-rata Hasil Pengujian Tahap I – III).



Keterangan :

- *Trendline* berwarna biru menunjukkan hasil pengujian torsi rata-rata, yaitu 10,8 Nm pada putaran 2294 rpm.
- *Trendline* berwarna merah menunjukkan hasil pengujian daya rata-rata, yaitu 2,68 kW pada putaran 2395 rpm.

## LAMPIRAN 5

Contoh Cara Menghitung Nilai Torsi dan Daya Berdasarkan Rumus Empiris.

### MENGHITUNG TORSI

Diketahui : gaya pembebanan ( $F = 9 \text{ N}$ ), jarak lengan torsi ( $b = 0,4 \text{ m}$ )

Maka besarnya torsi adalah :

$$\begin{aligned} T &= F \times b \\ &= 9 \text{ N} \times 0,4 \text{ m} \\ &= 3,6 \text{ Nm} \end{aligned}$$

### MENGHITUNG DAYA

Diketahui : Torsi ( $T = 3,6 \text{ Nm}$ ), kecepatan putaran mesin ( $n = 2935 \text{ rpm}$ )

Maka besarnya daya adalah :

$$\begin{aligned} P_{kW} &= \frac{T \cdot n}{9549} \\ &= \frac{(3,6 \text{ Nm}) \cdot (2935 \text{ rpm})}{9549} = 1,11 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga nilai torsi dan daya pada putaran 2935 rpm dengan gaya pembebanan 9 N adalah sebesar 3,6 Nm dan 1,11 kW. Hasil ini akan bervariasi nilainya sesuai dengan besar gaya pembebanan disetiap tingkat kecepatan putaran mesin, kemudian barulah dapat ditentukan torsi dan daya maksimumnya pada daerah kerja tertentu, dalam penelitian ini ditentukan daerah kerja dari putaran 2000 rpm – 3000 rpm.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Yossi Purwa Aji Warhayadi**, dilahirkan di Bekasi, pada tanggal 5 Maret 1991. Anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan suami – istri, Suwarno dan (Almh) Nurhayati. Penulis menjalani pendidikan Sekolah Dasar di SDN. Bojong Rawa Lumbu IV Bekasi pada tahun 1997-2003, lalu melanjutkan pendidikan menengah di SMPN 8 Bekasi pada tahun 2003 – 2006 dan SMA Mutiara Baru Bekasi pada tahun 2006 – 2009. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi di Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2009 – 2015, mengambil jurusan teknik mesin dengan program studi pendidikan teknik mesin (konsentrasi : otomotif). Penulis pernah melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di PT. Indomobil Trada Nasional (Nissan Siliwangi Bekasi) periode tahun 2012 di bagian teknisi dan melaksanakan Program Pengalaman Lapangan di SMKN 26 Pembangunan Jakarta sebagai guru magang (PPL) di jurusan Teknik Pemesinan periode tahun 2013.