

**ANALISA KEKUATAN DAN KESELAMATAN DINAMOMETER
MOTOR BENSIN 7K DAYA 80 HP**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana
Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin*

Disusun Oleh :

ARIADI

10.813.0026



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2015

LEMBARAN PENGESAHAN

ANALISA KEKUATAN DAN KESELAMATAN DINAMOMETER MOTOR BENSIN 7K DAYA 80 HP

TUGAS AKHIR

Oleh :

ARIADI

10.813.0026

Disetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

(Ir. H. Amirsyam Nst. MT)

(Ir. Amrinsyah, MM)

Mengetahui :

Dekan

Ka. Program Studi

(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng. MSc)

(Bobby Umroh, ST, MT)

LEMBARAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ariadi

Nim : 10.813.0026

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : “ Analisa Kekuatan dan Keselamatan Dinamometer Motor
Bensin 7K Daya 80 HP “

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi – sanksi dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 15 Maret 2015

ARIADI

10.813.0026

ABSTRAK

Penelitian dan penulisan skripsi ini dilakukan merupakan lanjutan dari modifikasi atau pengembangan peralatan pengujian di Laboratorium Prestasi Mesin Jurusan Teknik Universitas Medan Area. Penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini yaitu meneruskan penelitian pada alat pengujian pengukur torsi pada motor bensin, dimana alat ini berfungsi sebagai pengukur perubahan putaran motor bensin terhadap beban yang diberikan sehingga torsi motor bensin dapat diukur. Dengan dilakukan penelitian pada alat ini diharapkan mahasiswa dapat lebih memahami pengaruh beban yang diberikan pada mekanisme pembebanan terhadap pemeriksaan kekuatan dan keselamatan kerja pada motor bensin. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk analisa pemeriksaan kekuatan dan keselamatan kerja agar dynamometer ini aman digunakan.

Subjek/ Kata Kunci (s) : Mesin Bensin, kekuatan konstruksi, keselamatan kerja, Beban.



ABSTRACT

The research and writing of this is done is a continuation of the modification or development of testing equipment at the Laboratory Department of Mechanical Engineering Achievement Universitas Medan Area. Research conducted in this thesis is continuing research on the testing tool measuring torque on the motor gasoline, where it works as a measuring changes in gasoline motor rotation against a given load so that the gasoline motor torque can be measured. By doing research on these tools students are expected to better understand the influence of the load placed on the loading mechanism of checking the strength and safety of the motor gasoline. The purpose of this study is to analyze the strength and safety inspection so that the dynamometer is safe to use.

Subject / Keyword (s): Petrol engines, construction strength, safety, Expense.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir pada Universitas Medan Area Jurusan Teknik Mesin dengan judul

“Analisa Kekuatan dan Keselamatan Dinamometer Motor Bensin 7K Daya 80 HP“.

Penulisan Tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan guna menyelesaikan program Sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area jurusan Teknik Mesin. Dengan selesainya penulisan Tugas Akhir ini penulis ingin mengucapkan terimakasih Kepada :

1. Bapak Drs.M.Erwin Siregar,MBA. Selaku Ketua Yayasan Pendidikan Haji Agus Salim Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. H.A.Ya'kub Matondang, MA. Selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Prof.Dr. Dadan Ramdan,MEng.MSc Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ibu Sherlly Maulana, ST. MT. Selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir.H.Dariantio,Msc Selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Universitas Medan Area.
6. Bapak Bobby Umroh, ST.MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area.
7. Bapak Bobby Umroh, ST.MT. Selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
8. Bapak Ir. H. Amirsyam Nst, MT. Selaku dosen pembimbing I.
9. Bapak Ir. Amrinsyah, MM. Selaku dosen pembimbing II.
10. Seluruh staff pengajar di Universitas Medan Area.
11. Ayahanda dan Ibunda tercinta serta keluarga yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana di Universitas Medan

Area, baik bantuan moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.

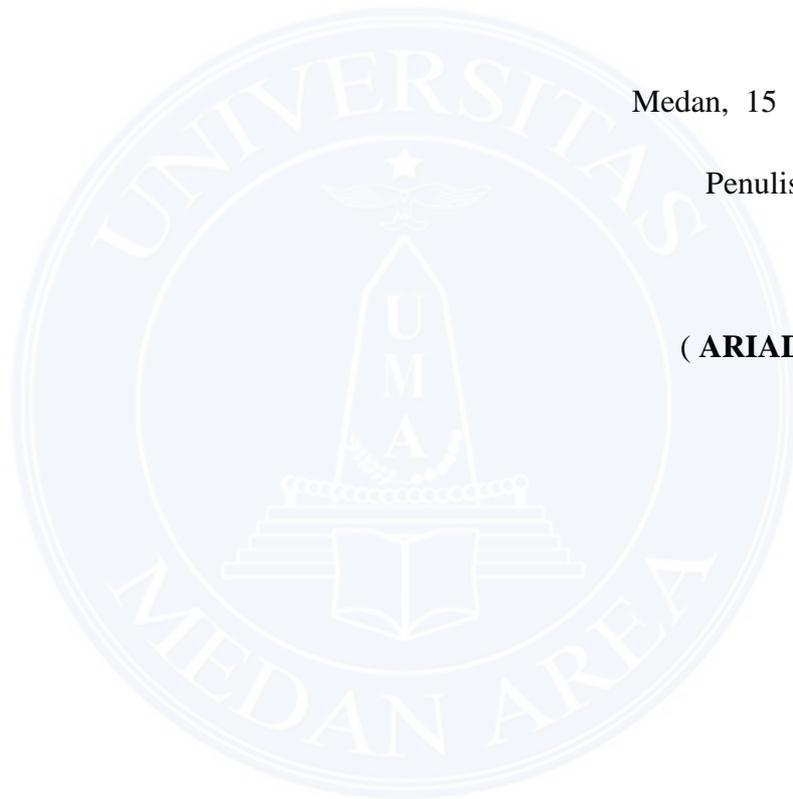
12. Teman – teman sejawat yang telah banyak member bantuan, saran serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis sangat mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan kesempurnaan Tugas Akhir ini. Dan penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun kepada pembaca.

Medan, 15 Maret 2015

Penulis

(**ARIADI**)



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBARAN PENGESAHAN

LEMBARAN PERNYATAAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii

BAB I. PENDAHULUAN..... 1

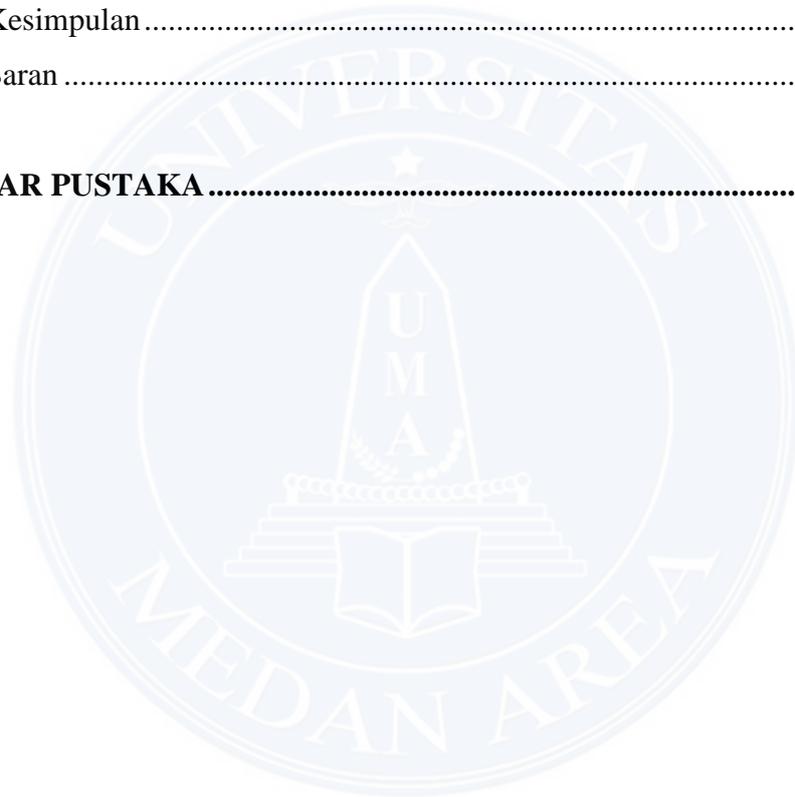
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA..... 6

2.1. Pengertian Motor Bakar.....	6
2.2. Motor Bakar Bensin.....	7
2.3. Prinsip Kerja Motor Bensin Empat Langkah	8
2.3.1. Langkah Isap (Intake Stroke)	9
2.3.2. Langkah Kompresi (Compression Stroke).....	10
2.3.3. Langkah Kerja (Power Stroke).....	10
2.3.4. Langkah Buang (Exhaust Stroke)	11
2.4. Siklus Kerja Motor Bakar Bensin Empat Langkah	12
2.5. Parameter Prestasi Penelitian Motor Bakar Bensin	14
2.5.1. Torsi	15
2.5.2. Daya Poros	16
2.5.3. Laju Aliran Massa Bahan Bakar	16
2.5.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	17
2.5.5. Daya Input	18

2.5.6.	Tekanan Efektif	18
2.5.7.	Efisiensi Thermal Brake	19
2.6.	Pengertian Dynamometer	20
2.7.	Klasifikasi Dynamometer	21
2.7.1.	Dynamometer Transmisi	22
2.7.2.	Dynamometer Penggerak	23
2.7.3.	Dynamometer Absorsi.....	24
2.7.3.1.	Dynamometer Rem Prony.....	25
2.7.3.2.	Dynamometer Arus Eddy.....	26
2.7.3.3.	Dynamometer Hidrolik.....	27
2.7.4.	Jenis – Jenis Pengujian Dynamometer	28
2.8.	Prinsip Kerja Dynamometer	30
2.9.	Komponen - Komponen Dynamometer.....	32
2.9.1.	Mekanisme Rem.....	33
2.9.2.	Bantalan Poros.....	33
2.9.3.	Dudukan Bantalan Poros	34
2.9.4.	Mounting Pada Rangka	35
2.9.5.	Poros Penghubung Dynamometer Dengan Mesin	35
2.9.6.	Silinder Rem.....	36
2.9.7.	Beban Uji.....	36
2.9.8.	Gantungan Beban	37
2.10.	Dasar – Dasar Perhitungan Kekuatan Konstruksi	37
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		49
3.1.	Konsep Penganalisaan	49
3.2.	Start Penelitian.....	50
3.3.	Pemeriksaan Pembuatan Konstruksi Dynamometer.....	50
3.4.	Persiapan Peralatan	52
3.5.	Prosedur Keselamatan Operasional Dynamometer	53
3.6.	Pengambilan Data	54
3.7.	Analisa Data.....	54
3.8.	Kesimpulan dan Saran	54

3.9. Jadwal Penelitian	55
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1. Perancangan Konstruksi Dinamometer	56
4.2. Perhitungan Kekuatan Kerja Pada Konstruksi	58
4.3. Perhitungan Kekuatan Sambungan Las	60
4.4. Perhitungan Kekuatan Baut dan Mur	63
BAB V. PENUTUP.....	67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69



DAFTAR GAMBAR

Halaman

1. Gambar 2.1. Prinsip Kerja Motor Bensin Empat Langkah	8
2. Gambar 2.2. Langkah Isap (Intake Stroke)	9
3. Gambar 2.3. Langkah Kompresi (Compression Stroke)	10
4. Gambar 2.4. Langkah Kerja (Power Stroke)	11
5. Gambar 2.5. Langkah Buang (Exhaust Stroke)	11
6. Gambar 2.6. Diagram P-V dan T-S pada siklus Otto ideal	12
7. Gambar 2.7. Parameter Prestasi Penelitian Motor Bakar Bensin.....	14
8. Gambar 2.8. Dinamometer	21
9. Gambar 2.9. Dinamometer Transmisi	23
10. Gambar 2.10. Dinamometer Listrik	24
11. Gambar 2.11. Dinamometer Rem Prony	25
12. Gambar 2.12. Dinamometer Arus Eddy.....	26
13. Gambar 2.13. Dinamometer Hidrolik	28
14. Gambar 2.14. Prinsip Kerja Dinamometer.....	31
15. Gambar 2.15. Mekanisme Rem.....	33
16. Gambar 2.16. Bantalan Poros.....	34
17. Gambar 2.17. Dudukan Bantalan Poros.....	34
18. Gambar 2.18. Mounting Pada Dudukan Bantalan.	35
19. Gambar 2.19. Poros Penghubung Dinamometer Dengan Mesin.	35
20. Gambar 2.20. Silinder Rem.....	36
21. Gambar 2.21. Beban Uji.....	36
22. Gambar 2.22. Gantungan beban.....	37
23. Gambar 2.23. Poros Penghubung diperhitungkan Berdasarkan Kekuatan Belah.	38
24. Gambar 2.24. Poros Penghubung diperhitungkan Berdasarkan Kekuatan Putus.....	39
25. Gambar 2.25. Macam – Macam Kerusakan Pada Baut.	41
26. Gambar 2.26. Macam – Macam Sambungan Las temu.	46
27. Gambar 2.27. Las Alur Khusus.....	44

28. Gambar 2.27. Tegangan Normal Rata – Rata pada Sambungan Las temu.....	47
29. Gambar 3.1. Flow Chart Metodologi Penelitian.....	49
30. Gambar 3.2. Sambungan Las T.....	61
31. Gambar 3.3. Sambungan Las Tumpul.....	62



DAFTAR TABEL

Halaman

1. Tabel 2.1. Kekuatan Tarik Baja Karbon Cor	41
2. Tabel 2.2. Ukuran Standar Ulir Kasar Metris (JIS B 0205).....	43
3. Tabel 3.1. Spesifikasi Mesin Kijang 7-K.....	52
4. Tabel 3.2. Jadwal Penelitian Tugas Akhir	55



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dunia teknologi dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, hal ini terlihat dari bermunculannya berbagai barang penunjang kehidupan manusia seperti mesin-mesin kendaraan bermotor, mesin industri pabrik atau pun berbagai alat untuk kehidupan berumah tangga. Teknologi mengambil peranan yang cukup penting dalam membantu mengatasi berbagai masalah kehidupan manusia. Teknologi yang berkembang dengan cepat berdampak pada penggunaan berbagai sumber daya energi yang ada sekarang. Cadangan sumber daya energi menjadi faktor yang sangat diperhatikan dalam menciptakan teknologi-teknologi baru penunjang kehidupan manusia.

Salah satu sektor yang paling berkembang dalam industri dunia adalah sektor otomotif. Otomotif merupakan sektor yang melesat cepat akibat permintaan masyarakat terhadap barang hasil industrinya, dan otomotif juga berkembang cepat seiring dengan majunya teknologi yang tersedia, industri otomotif awalnya diperuntukan hanya bagi orang-orang kalangan atas, tetapi pada perkembangannya orang-orang biasa pun dapat menikmati hasil industri ini. Hasil kerja dari industri ini adalah kendaraan pada umumnya, seperti mobil, motor dan truk.

Persaingan antar para pelaku industri ini dalam hal siapakah yang hasil produksinya terbaik tidak hanya dalam kepuasan pembeli tapi juga dalam performa mobilnya diatas jalan. Persaingan performa paling nyata adalah dalam

suatu kejuaraan lomba balap mobil. Lomba balap mobil merupakan sarana paling mudah untuk menentukan mobil produksi siapa yang terbaik.

Pada umumnya suatu motor dapat diartikan sebagai suatu pesawat yang dapat mengubah energi tertentu menjadi energy gerak, sedangkan yang dimaksud dengan motor bakar yaitu mesin kalor dimana gas panas diperoleh dari proses pembakaran didalam mesin itu sendiri dan langsung dipakai melakukan kerja mekanis untuk menjalankan mesin tersebut.

Dalam seratus sejarah tahun perkembangannya sejak dibuat untuk kurang pertama lebih kalinya motor bakar torak adalah penggerak mula yang ringan dan kompak, dewasa ini motor bakar torak mempunyai peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Hampir semua orang menikmati transportasi dan manfaat penerangan, misalnya pada bidang pertanian, bidang industri dan sebagainya.

Pada dasarnya masalah yang akan dibahas dalam pengujian motor bakar adalah pembakaran dalam yang terdiri dari pengujian motor bensin empat langkah dengan beberapa pengamatan tentang karakteristik dan performa suatu mesin pada kondisi putaran konstan, throttle konstan dan beban konstan.

Motor bensin merupakan sistem penggerak utama yang banyak digunakan baik untuk sistem transportasi maupun penggerak stasioner, dikenal sebagai jenis motor bakar yang mempunyai efisiensi tinggi.

Alat uji torsi adalah suatu alat yang dirancang untuk mengukur seberapa gaya puntir yang dapat dilakukan saat kita melakukan pengujian dari suatu alat, caranya

yaitu memuntir batang uji terus menerus sampai batang uji itu putus atau mencapai jumlah puntiran yang ditentukan dan putarannya harus searah.

Daya merupakan parameter yang menunjukkan kerja suatu mesin atau alat penghasil energi, misalnya mesin mobil atau motor. Alat yang sudah dikenal untuk mengukur daya dari mesin motor atau mobil, untuk mencapai tujuan ini para pembuat mesin memerlukan peralatan ukur yang akurat untuk mengetahui seberapa besar daya yang dihasilkan oleh kendaraan tersebut. Dinamometer adalah alat yang tepat untuk pekerjaan tersebut.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang ‘‘Analisa Kekuatan dan Keselamatan Dinamometer Motor Bensin Type 7K Daya 80 HP’’.

Dengan adanya analisa ini diharapkan agar para pembaca, khususnya orang-orang yang terlibat dalam perencanaan dan perakitan dynamometer dapat mengetahui daya keluaran pada poros engkol mesin motor bakar, khususnya torsi yang dihasilkan dengan perubahan beban yang diberikan pada mekanisme pembebanan pada alat uji.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana kekuatan konstruksi dan pengelasan dynamometer terhadap perubahan putaran motor bakar menggunakan variasi beban uji pada dynamometer.

2. Bagaimana kekuatan baut dan mur dapat menopang beban pada konstruksi dinamometer.
3. Bagaimana keselamatan kerja pada pengujian antara beban uji dengan putaran motor bakar terhadap torsi yang dihasilkan.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk menghindari pembahasan/pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan permasalahan dapat dengan mudah dilaksanakan, adapun batasan masalah dalam penyelesaian Proposal Tugas Sarjana ini yaitu :

1. Analisa pemeriksaan kekuatan konstruksi dan pengelasan pada dinamometer terhadap variasi putaran motor bensin type 7k Daya 80 hp.
2. Analisa kekuatan baut dan mur yang terjadi pada konstruksi dinamometer terhadap berbagai variasi perubahan putaran mesin motor bakar terhadap beban uji dan torsi motor bakar yang telah diuji coba.
3. Pemeriksaan keselamatan kerja pada kekuatan konstruksi penelitian dinamometer.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya analisa ini antara lain yaitu :

1. Mengetahui kekuatan konstruksi dan pengelasan bahan terhadap perubahan putaran motor bakar dengan menggunakan variasi beban uji pada dinamometer.
2. Mengetahui kekuatan baut dan mur penopang beban konstruksi pengujian dinamometer.

3. Mengetahui prosedur keselamatan kerja pengujian dinamometer dengan putaran mesin motor bakar terhadap torsi yang dihasilkan.
4. Mengembangkan dan menerapkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh dibangku perkuliahan khususnya tentang motor bakar dan mekanik mesin baik secara teori maupun praktek.

1.5. Manfaat Penelitian.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

a. Bagi Peneliti

Menambah wawasan, pengetahuan dan pemahaman ilmu yang telah diperoleh di bangku kuliah khususnya mengenai studi mekanika kekuatan material.

b. Bagi Perusahaan

Sebagai masukan yang bermanfaat dan tambahan informasi bagi perusahaan dalam meningkatkan proses produksi di dunia industri.

c. Bagi Universitas Medan Area

Sebagai tambahan literature kepustakaan di bangku perkuliahan khususnya mengenai studi motor bakar dan elemen mesin.

d. Bagi Peneliti Lain

Sebagai referensi yang dapat menjadi pertimbangan bagi peneliti lain yang ingin meneliti objek yang sejenis dan untuk mengembangkan penelitian di masa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Motor Bakar.

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai secara umum sebagai alat transportasi, dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik, motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya, mesin yang bekerja dengan cara seperti itu disebut mesin pembakaran dalam.

Motor bakar torak mempergunakan beberapa silinder yang didalamnya terdapat torak yang bergerak translasi (bolak-balik), didalam silinder terjadi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara, gas pembakaran yang dihasilkan oleh proses tersebut mampu menggerakkan torak yang oleh batang penghubung (batang penggerak) dihubungkan dengan poros engkol. Gerakan translasi torak inilah yang menyebabkan gerak rotasi pada poros engkol yang selanjutnya dihubungkan ke transmisi sehingga gerakan mekanik pun terjadi.

Motor bakar torak terbagi menjadi dua jenis utama yaitu motor bakar bensin (otto) dan motor diesel, tetapi pada penelitian ini yang akan dibahas yaitu motor bakar bensin.

2.2. Motor Bakar Bensin

Motor bakar bensin pertama kali diciptakan seorang ilmuwan yang berkebangsaan Jerman yang bernama Nikolas August Otto, pada tahun 1832 menemukan mesin pembakaran dan pada tahun 1864 dia mulai melakukan percobaan dengan mengikut sertakan dua sahabatnya untuk membentuk perusahaannya sendiri yang dinamai N.A. Otto & Cie yang merupakan perusahaan pertama menghasilkan mesin pembakaran dalam. Perusahaan ini masih ada sampai saat ini dengan nama Deutz AG.

Mesin atmosfer pertamanya selesai pada Mei 1867 dan pada 5 tahun kemudian dia disusul oleh Gottlieb Daimler dan Wilhelm Maybach dan bersama mereka menciptakan gagasan putaran empat tak atau putaran otto yang pertama kali dibuat pada tahun 1876 dimana itu merupakan gerakan naik atau turun pada piston silinder. Paten Otto dibuat tak berlaku pada tahun 1886 saat ditemukan oleh penemu lain yang bernama Alphonse Beau de Rochas yang telah membuat asas putaran empat tak dalam selebaran yang diterbitkan sendirian.

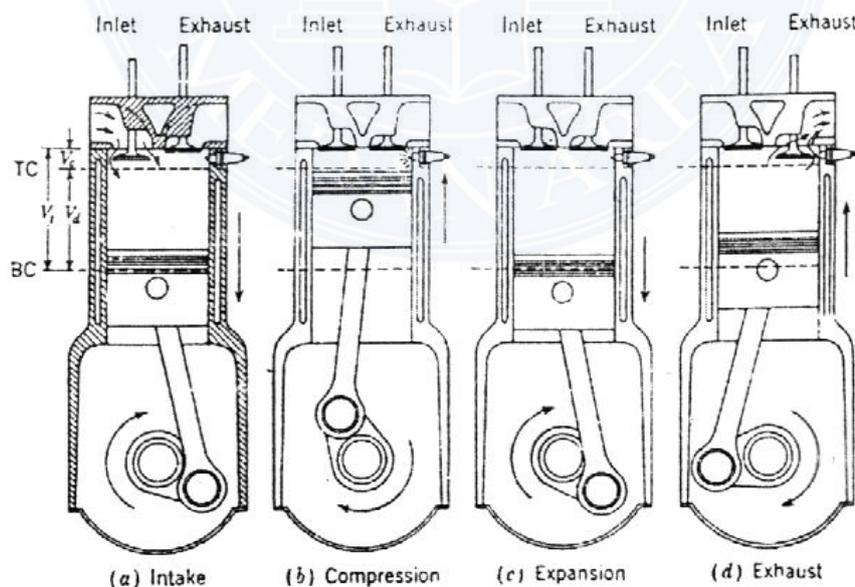
Menurut studi sejarah terkini penemu italia Eugenio Barsanti dan Felice Matteucci mempatenkan versi efisien karya pertama dari mesin pembakaran dalam pada tahun 1854 di London (nomor paten 1072). Mesin Otto dalam banyak hal paling tidak diilhami dari penemuan itu.

Motor bakar bensin termasuk ke dalam jenis motor bakar torak. Proses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam silinder (internal combustion engine). Motor bakar bensin dilengkapi dengan busi dan karburator yang membedakannya dengan motor diesel .

Busi berfungsi untuk membakar campuran udaradan bahan bakar yang telah dimampatkan dengan jalan memberi loncatan api listrik diantara kedua elektrodanya. Karena itu motor bensin dinamai dengan spark ignitions engines. Sedangkan karburator adalah tempat bercampurnya udara dan bahan bakar. Campuran tersebut kemudian masuk ke dalam silinder yang dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik dari busi menjelang akhir langkah kompresi, hingga terjadi pembakaran yang sempurna dan usaha yang maksimal didalam ruang bakar mesin tersebut.

2.3. Prinsip Kerja Motor Bensin Empat Langkah

Mesin empat langkah adalah mesin yang melengkapi satu siklusnya yang terdiri dari proses hisap, kompresi, ekspansi, dan buang selama dua putaran poros engkol. Prinsip kerja motor bensin empat langkah di gambarkan pada gambar 2.1. dibawah ini.



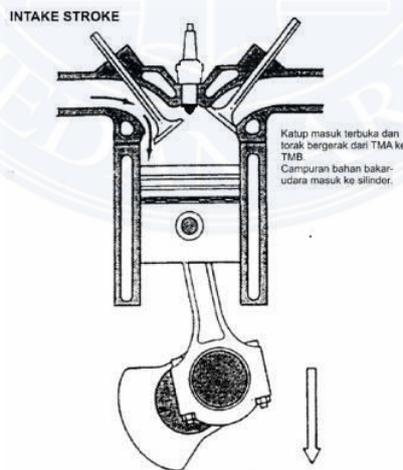
Gambar 2.1. Prinsip kerja motor bensin empat langkah.

Prinsip kerja motor bensin 4 tak sebenarnya sama dengan prinsip kerja engine diesel, yang membedakan adalah cara memasukkan bahan bakarnya. Pada motor bensin bahan bakar di kompresikan dengan udara langsung ke ruang bakar kemudian busi akan mempercikkan bunga api sehingga proses pembakaran akan terjadi.

Dibawah ini adalah langkah dalam proses motor bensin 4 tak yaitu :

2.3.1. Langkah Hisap (Intake Stroke).

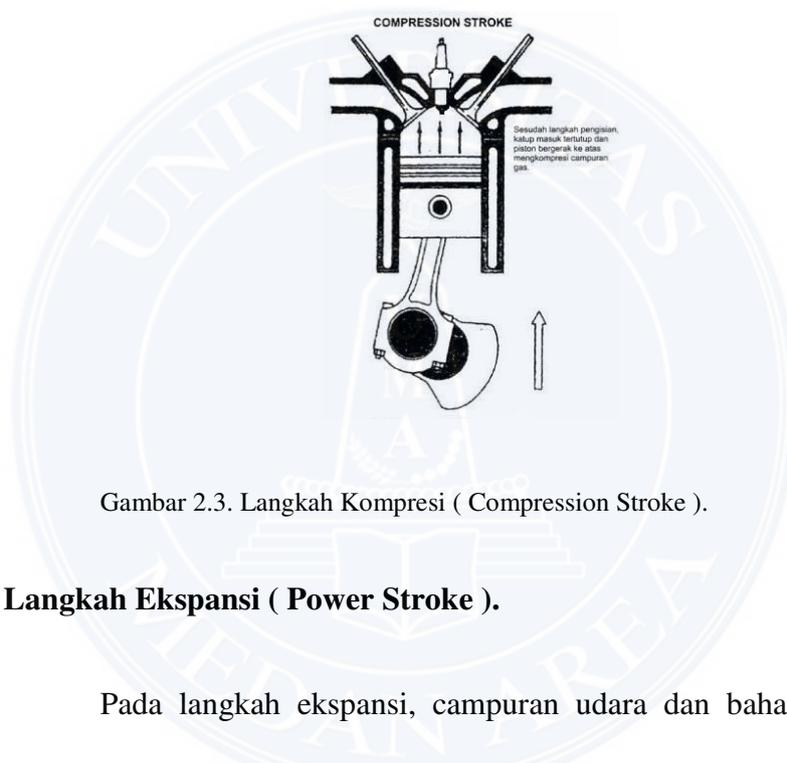
Pada langkah hisap campuran udara yang telah bercampur pada karburator diisap ke dalam silinder (ruang bakar). Torak bergerak turun dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) yang akan menyebabkan kehampaan (vacum) di dalam silinder, maka dengan demikian campuran udara dan bahan bakar (bensin) akan dihisap ke dalam silinder. Selama langkah torak ini, katup isap akan terbuka dan katup buang akan tertutup.



Gambar 2.2. Langkah Isap (Intake Stroke).

2.3.2. Langkah Kompresi (Compression Stroke).

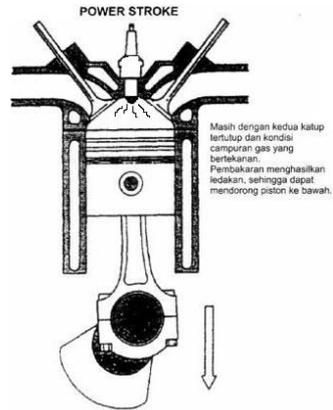
Pada langkah kompresi, campuran udara dan bahan bakar yang berada di dalam silinder dimampatkan oleh torak, dimana torak akan bergerak dari TMB ke TMA dan kedua katup hisap dan katup buang akan tertutup, sedangkan busi akan memercikan bunga api dan bahan bakar mulai terbakar akibatnya terjadi proses pemasukan panas.



Gambar 2.3. Langkah Kompresi (Compression Stroke).

2.3.3. Langkah Ekspansi (Power Stroke).

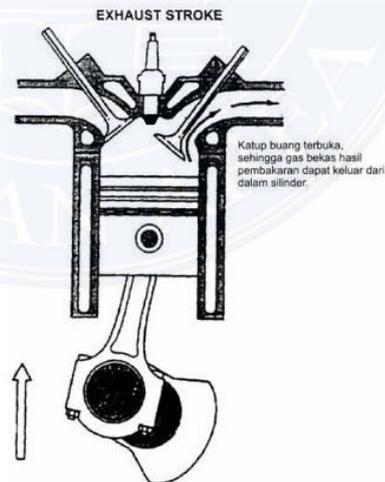
Pada langkah ekspansi, campuran udara dan bahan bakar yang diisap telah terbakar. Selama pembakaran sejumlah energi dibebaskan, sehingga suhu dan tekanan dalam silinder naik dengan cepat. Setelah mencapai TMA, piston akan didorong oleh gas bertekanan tinggi menuju TMB. Tenaga mekanis ini diteruskan ke poros engkol. Saat sebelum mencapai TMB, katup buang terbuka, gas hasil pembakaran mengalir keluar dan tekanan dalam silinder turun dengan cepat.



Gambar 2.4. Langkah Kerja (Power Stroke).

2.3.4. Langkah Buang (Exhaust Stroke).

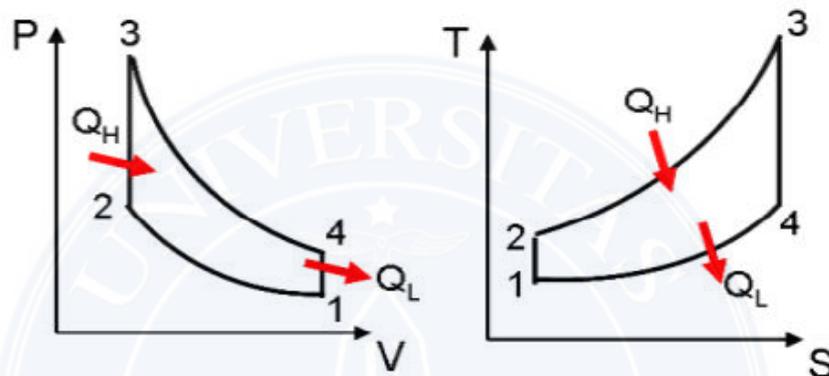
Pada langkah buang, torak terdorong ke bawah menuju TMB dan naik kembali ke TMA untuk mendorong ke luar gas-gas yang telah terbakar di dalam silinder. Selama langkah ini, katup buang membuka sedangkan katup isap tertutup.



Gambar 2.5. Langkah Buang (Exhaust Stroke).

2.4. Siklus Kerja Motor Bakar Bensin Empat Langkah.

Siklus udara volume konstan (Siklus Otto) adalah siklus ideal yang menerima tambahan panas yang terjadi secara konstan ketika piston dalam posisi titik mati atas (TMA). Siklus udara volume konstan dapat digambarkan dalam diagram P – V dan diagram T – S.



Gambar 2.6. Diagram P – V dan T – S pada siklus Otto ideal.

Berikut ini sifat ideal yang dipergunakan dan keterangan mengenai proses siklusnya yaitu :

1. Proses 0 – 1 adalah langkah hisap tekanan konstan yaitu campuran bahan bakar dan udara yang di hisap kedalam silinder.
2. Proses 1 – 2 adalah langkah kompresi adiabatik reversibel yaitu campuran bahan bakar dan udara di kompresikan.
3. Proses 2 – 3 adalah proses pembakaran volume konstan, campuran udara dan bahan bakar dinyalakan dengan bunga api.
4. Proses 3 – 4 adalah langkah ekspansi adiabatik reversibel, kerja yang ditimbulkan gas panas yang berekspansi.

5. Proses 4 – 1 adalah proses pembuangan panas pada volume konstan, panas dibuang melewati dinding ruang bakar.
6. Proses 1 – 0 adalah proses pembuangan kalor, katup buang terbuka maka gas sisa pembakaran terbang keluar menuju ke knalpot.

Proses lengkap pada siklus diatas memerlukan empat langkah dari torak, dua kali putaran poros engkol. Selama proses kompresi dan ekspansi tidak terjadi pertukaran panas, oleh karena itu selisih panas yang masuk dengan panas yang keluar merupakan usaha yang dihasilkan tiap siklus.

Jumlah panas yang dimasukkan pada proses pengisian adalah :

$$Q_{in} = C_v (T_3 - T_2) \text{ KJ/Kg} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

C_v = Panas jenis pada volume konstan (KJ/Kg.K)

T_2 = Temperatur akhir kompresi (K)

T_3 = Temperatur akhir pengisian panas (K)

Jumlah panas yang dikeluarkan pada proses pembuangan adalah :

$$Q_{out} = C_v (T_4 - T_1) \text{ KJ/Kg} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

T_4 = Temperatur akhir ekspansi

T_1 = Temperatur udara masuk atau akhir pembuangan

Jadi panas yang berubah dan berguna menjadi usaha tiap siklus ialah selisih antara panas masuk (Q_{in}) dengan panas keluar (Q_{out}) :

$$\begin{aligned} W_{net} &= Q_{in} - Q_{out} \\ &= C_v (T_3 - T_2) - C_v (T_4 - T_1) \dots \dots \dots (2.3) \end{aligned}$$

Efisiensi thermis ideal didefinisikan sebagai panas yang berguna terhadap panas masuk, sehingga :

$$\eta_{th} = \frac{W_{th}}{Q_{in}}$$

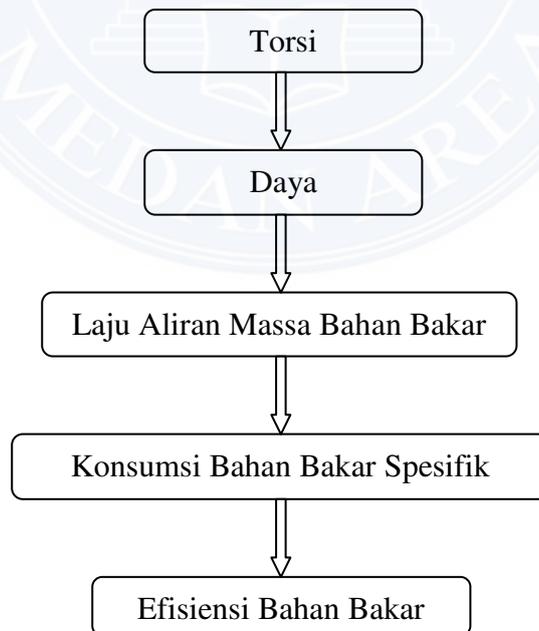
$$\eta_{th} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.5. Parameter Prestasi Penelitian Motor Bakar Bensin

Pada umumnya performance atau prestasi mesin bisa diketahui dengan membaca dan menganalisis parameter yang ditulis dalam sebuah laporan yang berfungsi untuk mengetahui torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, daya input dari bahan bakar dan efisiensi thermal brake dari mesin bensin tersebut.

Berikut parameter pedoman praktis kerja sebuah mesin:



Gambar 2.7. Parameter Prestasi Penelitian Motor Bakar Bensin

2.5.1. Torsi

Torsi adalah perkalian antara gaya dengan jarak. Selama proses usaha maka tekanan-tekanan yang terjadi di dalam silinder motor menimbulkan suatu gaya yang luar biasa kuatnya pada torak. Gaya tersebut dipindahkan kepada pena engkol melalui batang torak, dan mengakibatkan adanya momen putar atau torsi pada poros engkol. Untuk mengetahui besarnya torsi digunakan alat dinamometer. Biasanya motor pembakaran ini dihubungkan dengan dinamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor pembakaran dengan poros dinamometer dengan menggunakan kopleng elastik. Dengan demikian besarnya torsi tersebut adalah:

$$T = F \cdot r$$

$$T = m \cdot g \cdot r \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana :

T = torsi (N.m)

m = massa yang diukur pada dinamometer (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

r = jari – jari.

2.5.2. Daya Poros.

Daya mesin adalah besarnya kerja mesin selama waktu tertentu. Pada motor bakar daya yang berguna adalah daya poros, dikarenakan poros tersebut menggerakkan beban. Daya poros dibangkitkan oleh daya indikator, yang merupakan daya gas pembakaran yang menggerakkan torak selanjutnya menggerakkan semua mekanisme, sebagian daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik, seperti pada torak dan dinding silinder dan gesekan antara poros dan bantalan. Prestasi motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang dapat ditimbulkannya. Semakin tinggi frekuensi putar motor makin tinggi daya yang diberikan hal ini disebabkan oleh semakin besarnya frekuensi semakin banyak langkah kerja yang dialami pada waktu yang sama. Dengan demikian besar daya poros itu adalah :

$$P_B = \frac{2\pi(n.T)}{6000} (W) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

PB = daya (W)

T = torsi terukur (Nm)

n = putaran mesin (rpm)

2.5.3. Laju Aliran Massa Bahan Bakar.

Laju aliran massa bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang mengalir melalui saluran bahan bakar dan masuk kedalam karburator dan kemudian bahan bakar akan bercampur dengan udara dan dimasukkan

kedalam ruang bakar. Laju aliran massa bahan bakar dapat dihitung menggunakan rumus yaitu :

$$\dot{m} = \frac{\rho \cdot v}{t} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

\dot{m} = Laju aliran massa bahan bakar

ρ = Massa jenis bahan bakar ($0,780 \times 10^{-3} \text{ kg/ml}$)

v = volume bahan bakar

t = waktu

2.5.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan salah satu parameter prestasi yang penting di dalam suatu motor bakar. Parameter ini biasa dipakai sebagai ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar yang terpakai per jam untuk setiap daya kuda yang dihasilkan. Sebelum menghitung konsumsi bahan bakar spesifik, maka harus menghitung konsumsi bahan bakar terlebih dahulu.

$$m_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} (\text{kg/l jam}) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

M_f = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

b = volume bahan bakar yang dipakai dalam pengujian (cc)

t = waktu diperlukan dalam detik (s)

ρ_{bb} = massa jenis bahan bakar (kg/l)

$$\text{maka : SFC} = \frac{m_f}{p} \text{ (kg / KWh)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

SFC = konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWh)

M_f = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

P = daya (kW)

2.5.5. Daya Input.

Daya input merupakan daya yang dihasilkan pada mesin yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{in} = \dot{m} \cdot LHV \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

LHV = 46000 kJ/kg.

\dot{m} = Laju aliran massa bahan bakar

2.5.6. Tekanan Efektif.

Tekanan efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu :

$$P_s = \frac{P_e \cdot v_l \cdot n \cdot z}{120000} \text{ . Sehingga persamaan } P_e \text{ adalah}$$

$$P_s = \frac{120000 \cdot P_s}{v_l \cdot n \cdot z} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

Ps = Daya Poros

vl = Volume langkah

n = Putaran Mesin

z = Jumlah silinder

2.5.7. Efisiensi Thermal Brake

Kerja berguna yang dihasilkan selalu lebih kecil dari pada energy yang dibangkitkan piston karena sejumlah enegi hilang akibat adanya rugi-rugi mekanis (*mechanical losses*). Dengan alasan ekonomis perlu dicari kerja maksimum yang dapat dihasilkan dari pembakaran sejumlah bahan bakar. Efisiensi ini disebut juga sebagai efisiensi termal brake (*brake thermal efficiency, η_b*).

$$\eta_b = \frac{\text{Daya keluaran aktual}}{\text{Laju panas yang masuk}}$$

Laju panas yang masuk Q, dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = m_f \cdot LHV \dots \dots \dots (2.12)$$

Jika daya keluaran N dalam satuan KW, maka laju aliran bahan bakar m_f dalam satuan kg/jam, maka:

$$\eta_b = \frac{N}{m_f \cdot LHV} \cdot 3600 \dots \dots \dots (2.13)$$

2.6. Pengertian Dinamometer.

Dinamometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi atau momen puntir poros *output* penggerak mula seperti motor bakar, motor listrik, turbin uap, turbin gas dan lain sebagainya. Tujuan pengukuran torsi adalah untuk menentukan besar daya yang dihasilkan penggerak mula tersebut.

Dinamometer merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur daya yang dikeluarkan atau dihasilkan dari suatu mesin kendaraan bermotor. Dinamometer atau dyno test adalah sebuah alat yang juga digunakan untuk mengukur putaran mesin atau rpm dan torsi, dimana tenaga atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung.

Dinamometer bisa sebagai tambahan untuk digunakan dalam menentukan torsi atau karakteristik tenaga dari mesin dalam test atau Machine Under Test (MUT). Dinamometer juga mempunyai peran lain. Dalam siklus standar uji emisi, dinamometer digunakan untuk membuat simulasi jalan, baik untuk mesin atau kendaraan secara penuh. Sebenarnya diluar pengukuran torsi dan power yang sederhana, dinamometer dapat digunakan sebagai bagian dari pengujian untuk berbagai aktivitas pengembangan mesin seperti kalibrasi pengontrol manajemen mesin, pengembangan sistem pembakaran dan sebagainya.



Gambar 2.8. Dinamometer

2.7. Klasifikasi Dinamometer.

Banyak jenis dinamometer yang ada saat ini, diantaranya dinamometer elektrostatis, dinamometer eddy current, dinamometer transmisi, dinamometer brake dan lain sebagainya. Harga satu unit dinamometer yang ada dipasaran mempunyai harga yang relatif mahal dan jenis yang terbatas, akan tetapi mempunyai kemampuan pengukuran yang tinggi. Jenis yang beredar dipasaran biasanya dinamometer elektrostatis dan dinamometer eddy current.

Daya yang ditransmisikan mesin dapat dihitung dari torsi dengan menggunakan persamaan $P = \omega \times T$ dimana, P adalah daya mesin (Watt). T adalah torsi (Nm) dan ω adalah kecepatan sudut (rad/s). Alat yang digunakan untuk mengukur daya adalah dinamometer dan diklasifikasikan dalam tiga

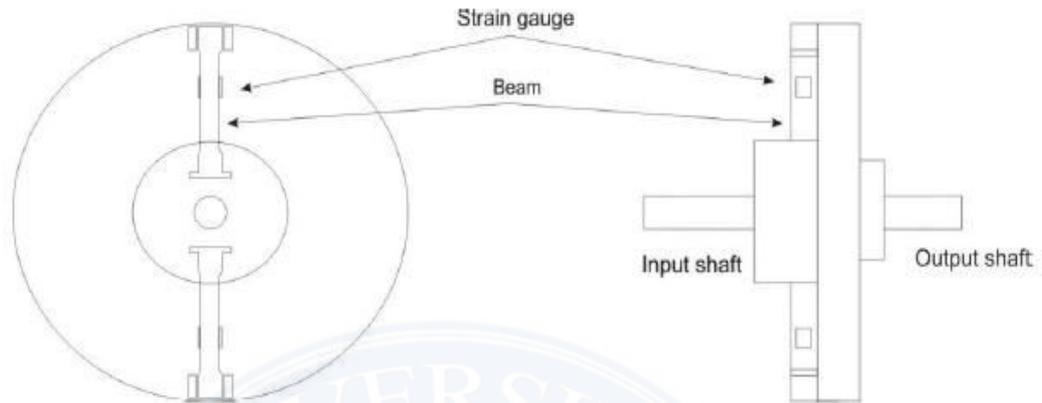
jenis tergantung pada susunan mesin, dan daya yang dapat diukur. Tipe dinamometer adalah :

1. Dinamometer Transmisi : Pada dinamometer ini daya yang ditransmisikan melalui peralatan yang telah diukur. Peralatan tidak berupa generator daya maupun pengabsorpsi daya dan dinamometer ini menggunakan poros transmisi daya antara penggerak utama dan beban.
2. Dinamometer Penggerak : Selain untuk mengukur dinamometer ini dapat digunakan untuk mengukur dan menggerakkan peralatan yang akan diukur atau dinamometer ini merupakan generator daya seperti motor listrik.
3. Dinamometer Absorpsi : Dinamometer ini mengubah energi mekanik sebagai torsi yang diukur, sehingga sangat berguna untuk mengukur daya atau torsi yang dihasilkan sumber daya seperti motor bakar atau motor listrik.

2.7.1. Dinamometer Transmisi

Dinamometer ini menggunakan peralatan transmisi seperti roda gigi, sabuk atau rantai untuk mengukur torsi poros berputar. Dinamometer ini sering disebut torsimeter, digunakan sebagai kopling (penghubung) antara mesin yang digerakkan dan mesin yang menggerakkannya. Sistem pemasangan strain gages dilakukan dengan menggunakan jembatan wheatstone empat lengan aktif atau four – arm bridge. Untuk menyalurkan arus listrik, digunakan cincin slip (slip ring). Dinamometer ini dapat mengukur torsi mulai dari 100 hingga 30.000 in.lb (10,98 Nm hingga 3384,45 Nm) dengan kecermatan kurang lebih 0,25%. Jenis lain dari dinamometer transmisi yaitu yang menggunakan resistance strain-gage

transducers yang lebih sensitif ketika tegangan lentur bekerja, seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Dinamometer Transmisi

2.7.2. Dinamometer Penggerak

Hampir semua mesin listrik dapat digunakan sebagai dinamometer penggerak, misalnya motor arus searah yang memiliki ayunan seperti pada gambar 2.10. Motor listrik atau generator biasa dapat juga digunakan sebagai dinamometer. Dalam hal ini, lengan dinamometer dipasang pada rumah motor atau generator tersebut. Ayunan rumah motor/generator akan diubah menjadi gaya yang terukur pada pengindera gaya (*load cell*). Dengan menghitung torsi dan mengukur kecepatan poros, dapat dihitung dayanya. Daya untuk menggerakkan dapat diatur dengan mengubah besarnya arus listrik.



Gambar 2.10. Dinamometer Listrik.

2.7.3. Dinamometer Absorsi

Dinamometer absorsi mengubah energi mekanik sebagai torsi yang diukur, sehingga sangat berguna khususnya untuk mengukur daya atau torsi yang dihasilkan oleh sumber daya seperti motor bakar atau motor listrik.

Dinamometer ini dapat dibagi lagi menjadi 3 bagian, yaitu :

- Eddy Current : Dinamometer ini dapat menghasilkan perubahan beban yang sangat cepat untuk menyelesaikan aliran beban. Kebanyakan menggunakan pendingin udara dan tidak membutuhkan sistem pendingin air eksternal.
- Elektrostatis : Dinamometer generator ini termasuk tipe khusus untuk kecepatan penggerak yang dapat diatur. Absorsi unit dari dinamometer ini dapat digerakkan oleh motor arus searah (DC) ataupun mesin arus bolak-balik (AC).
- Fan Brake : Kipas untuk meniupkan udara untuk menghasilkan pembebanan pada mesin.

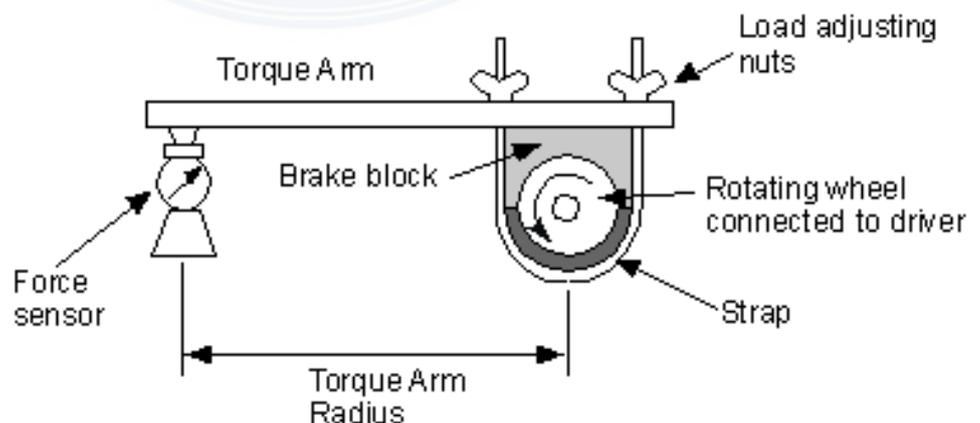
Dinamometer berdasarkan cara atau metode pengukurannya dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- Engine Dinamometer (ED) : poros *output* mesin dihubungkan langsung dengan dinamometer.
- Chassis Dinamometer (CD) : pengukuran daya dilakukan melalui roda penggerak kendaraan.

Berikut macam – macam dinamometer absorsi yaitu :

2.7.3.1. Dinamometer Rem Prony.

Jenis absorpsi yang paling sederhana adalah dinamometer rem Prony (*Prony brake*), yaitu sebuah peralatan mekanik yang tergantung pada gesekan kering untuk mengubah energi mekanik menjadi panas. Dinamometer ini menggunakan mekanisme rem dalam pengoperasiannya. Ada beberapa bentuk dinamometer rem Prony yang tersedia, ada yang menggunakan tali dan katrol serta timbangan untuk mengukur gaya yang terjadi, sedangkan yang lainnya menggunakan mekanisme rem tromol untuk menyerap daya poros serta timbangan untuk mengukur daya yang ditimbulkan.



Gambar 2.11. Dinamometer Rem Prony.

2.7.3.2. Dinamometer Arus Eddy.

Prinsip kerja dinamometer ini adalah jika suatu bahan pengantar listrik (konduktor) dilewatkan pada suatu medan magnet, akan timbul tegangan listrik dan arus listrik. Jika konduktor tersebut adalah kawat yang merupakan bagian dari suatu rangkaian komplit, maka arus akan mengalir melalui rangkaian tersebut. Jika konduktor tersebut adalah sebuah batang logam dan bukan merupakan rangkaian yang lengkap, tegangan tetap akan timbul walaupun arus hanya mengalir pada batang itu sendiri. Arus yang mengalir itulah yang disebut dengan arus Eddy yang diubah dalam bentuk panas.

Dinamometer arus Eddy terdiri atas sebuah piringan logam atau roda yang berputar dalam suatu medan magnet. Medan magnet ini dihasilkan oleh suatu koil yang dihasilkan oleh sumber luar dan terpasang pada rumah dinamometer, yang terhubung dengan bantalan tap (*trunnion bearing*). Ketika piringan berputar, arus listrik dihasilkan dan reaksi dari medan magnet akan cenderung menggerakkan rumah dinamometer. Beban dinamometer diubah-ubah dengan mengatur besarnya arus listrik. Contoh dinamometer arus Eddy dapat dilihat pada gambar 2.12.



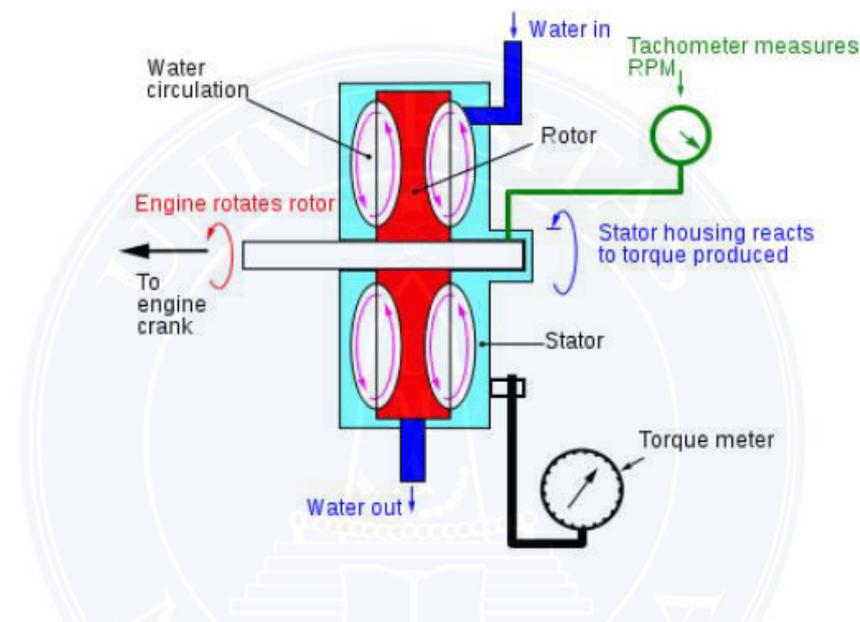
Gambar 2.12. Dinamometer Arus Eddy.

2.7.3.3. Dinamometer Hidrolik.

Dinamometer hidrolik adalah dinamometer yang menggunakan sistem hidrolis atau fluida untuk menyerap daya mesin. Fluida yang digunakan biasanya air, dimana air berfungsi sebagai media pendingin dan media gesek perantara. Dinamometer hidrolik 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 dinamometer. Rotor akan mendorong air di dalam dinamometer, sehingga air akan terlempar menghasilkan tahanan terhadap putaran mesin dan menghasilkan panas. Aliran air secara kontinu melalui rumah (*casing*) sangat penting untuk menurunkan temperatur dan juga untuk melumasi seal pada poros. 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.

Pada saat dinamometer ini dijalankan, mesin dihidupkan dan putaran mesin diatur pada rpm tertentu. Air masuk ke dalam casing melalui selang dari penampung air sehingga rongga antara rotor dan stator selalu terisi air. Air berfungsi sebagai media gesek perantara dan sebagai pendingin karena proses yang terjadi menimbulkan panas. Air yang keluar dari dinamometer tidak diperbolehkan melebihi 80 °C, jika sudah mendekati temperatur tersebut dibuka katup keluar yang lebih besar. Suplai air harus bersih, dingin dan konstan yang dapat diperoleh dari pompa.

Kedudukan alat ukur harus menunjukkan angka nol (dinamometer dalam keadaan setimbang) pada waktu berhenti dan pada waktu air mengalir masuk stator tetapi mesin belum bekerja. Pengukuran kecepatan putar poros perlu dilakukan untuk mendapatkan perhitungan daya dan juga untuk menghindari kelebihan kecepatan putar yang dapat mengakibatkan kerusakan pada dinamometer.



Gambar 2.13. Dinamometer Hidrolik.

2.7.4. Jenis – Jenis Pengujian Dinamometer.

Dinamometer yang merupakan sebuah alat untuk menguji daya suatu kendaraan mempunyai konsep untuk mengukur dan membandingkan transfer daya pada kendaraan sehingga kendaraan tersebut dapat mempunyai daya yang lebih efisien dari sebelumnya. Sistem-sistem yang bekerja pada dinamometer dapat dibedakan menjadi :

1. Sistem Brake.

Sebuah dinamometer dengan sistem ini memberikan beban yang bervariasi pada penggerak utama sebuah mesin, dan mengukur ketahanan

dari penggerak tersebut dengan mengaplikasikan gaya pengereman. Alat bantu yang biasanya digunakan adalah alat unuk mengukur beban seperti *load cell* atau *strain gauge* dan alat untuk mengukur putaran.

2. Sistem Inertia.

Sebuah dinamometer *inertia* menggunakan massa inertia untuk mengukur daya yang digunakan untuk menggerakkan suatu beban tetap dan komputer akan mendapatkan data-data berupa kecepatan dan putaran yang digunakan untuk mencari nilai torsi. Mesin biasanya diukur pada putaran sedikit di atas *idle* hingga maksimum dan hasilnya berupa plot grafik.

3. Sistem Motor.

Sistem ini mirip dengan sistem *brake*, perbedaannya adalah pada sistem ini dapat ditambahkan penggerak tambahan pada penggerak utama mesin. Contoh aplikasinya adalah untuk mengukur daya kendaraan saat simulasi jalan turunan.

Pada dasarnya pengujian dinamometer dapat dibagi menjadi 3 buah pengujian, yaitu :

1. Steady State

Prosedurnya adalah putaran mesin ditahan pada RPM konstan yang diinginkan dalam waktu tertentu dan dengan beban yang bervariasi. Hanya dapat dilakukan pada dinamometer sistem *brake*.

2. Sweep Test.

Mesin di uji dalam beban yang ditahan besarnya, kemudian putaran mesin tersebut di naikan hingga putaran yang diinginkan. Dinamometer sistem *brake* dan *inertia* dapat menggunakan pengujian ini.

3. Transien Test

Pengujian ini biasanya digunakan pada dinamometer dengan sistem motor. Pengujian menggunakan kecepatan yang berbeda-beda sesuai dengan siklus ujinya. Contoh siklus untuk pengujian mesin adalah ETC, HDDTC, HDGTC, WHTC, WHSC, dan ED12.

2.8. Prinsip Kerja Dinamometer.

Dinamometer merupakan suatu mesin elektro-mekanik yang digunakan untuk mengukur torsi dan kecepatan dari tenaga yang diproduksi oleh suatu mesin motor atau penggerak berputar lain.

Dinamometer harus dapat menyerap tenaga yang dikeluarkan oleh mesin. Tenaga yang diserap oleh dinamometer harus dapat diteruskan ke udara sekitar. Dinamometer regeneratif memindahkan tenaga ke bentuk daya listrik.

Pada dasarnya dinamometer menggunakan prinsip yang mengikuti hukum Hooke yaitu : “Gaya elastisitas sebagai penyebab getaran harmonis berbanding lurus dan berlawanan arah dengan simpangan”.

$$F = -kx$$

Disini k adalah suatu konstanta positif disebut tetapan pegas (spring constant), satuan k adalah N/m. k menggambarkan kakunya suatu pegas. Hampir semua pegas memenuhi hukum Hooke diatas, selama simpangan x tidak terlalu besar. Kalau pegas ditekan maka x adalah negative, maka dapat disimpulkan suatu persamaan.

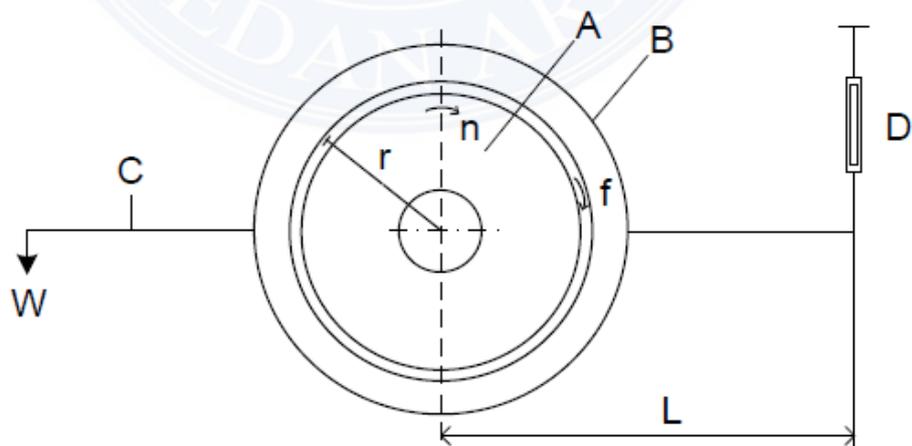
$$F = -kx \text{ dan } F = mg$$

Pada persamaan tersebut didapat variabel yang sama yaitu F maka :

$$Mg = -kx \quad mg = -kx \cdot m = -x$$

Dari persamaan itu g (percepatan gravitasi) dan k (konstanta pegas) dapat diabaikan karena variabel yang konstan selama dalam keadaan pengaruh gravitasi sama dan memakai pegas yang sama. Jadi massa sebanding dengan simpangan yang dihasilkan oleh pegas tersebut. Namun perlu diingat bahwa pembacaan skala yang terdapat pada dynamometer (neraca pegas) adalah perbandingan skala massa yang dihasilkan oleh simpangan pegas, maka pada keadaan gravitasi yang beda dan pegas yang beda maka skala massa tersebut tidak berlaku karena pada keadaan sebenarnya yang dibaca adalah beratnya jadi pembacaan pegas dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Maka dari itu dalam beberapa dynamometer (neraca pegas) ada dua skala yaitu yang memakai satuan newton (N) dan gram (gr).

Meskipun banyak tipe-tipe dynamometer yang digunakan, tetapi pada prinsipnya semua itu bekerja seperti dilukiskan dalam gambar 2.14.



Gambar 2.14. Prinsip kerja dynamometer.

Keterangan :

r : Jari – jari Rotor (m)

w : Beban Pengimbang (kg)

f : Gaya Kopel (N)

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 dipasang 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 dinamometer. 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.

2.9. Komponen - Komponen Dinamometer.

Dinamometer merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur besarnya gaya yang diberikan kepada suatu benda dan dapat pula digunakan untuk mengukur berat benda.

Dinamometer memiliki bagian – bagian yang memiliki fungsi masing – masing yaitu :

2.9.1. Mekanisme Rem.

Mekanisme rem yaitu merupakan susunan komponen – komponen yang berfungsi sebagai pengereman atau memperlambat laju motor bakar bensin (mobil).



Gambar 2.15. Mekanisme rem

2.9.2. Bantalan Poros

Bantalan poros yaitu suatu komponen yang berfungsi sebagai pengikat poros engkol supaya putaran poros engkol stabil pada tempatnya, dalam hal ini pada alat dynamometer bantalan poros ini difungsikan sebagai pengikat plat penghubung dynamometer dengan mesin agar putaran plat penghubung stabil pada tempatnya pada saat mesin dihidupkan.



Gambar 2.16. Bantalan Poros

2.9.3. Dudukan Bantalan Poros.

Dudukan bantalan poros berfungsi sebagai tempat dudukan bantalan poros (bearing) agar sesuai pada tempatnya sehingga bantalan poros tidak langsung bersentuhan langsung dengan rangka (body) dinamometer dan tromol mekanisme rem.



Gambar 2.17. Dudukan Bantalan (Bearing)

2.9.4. Mounting Pada Dudukan Bantalan (Bearing).

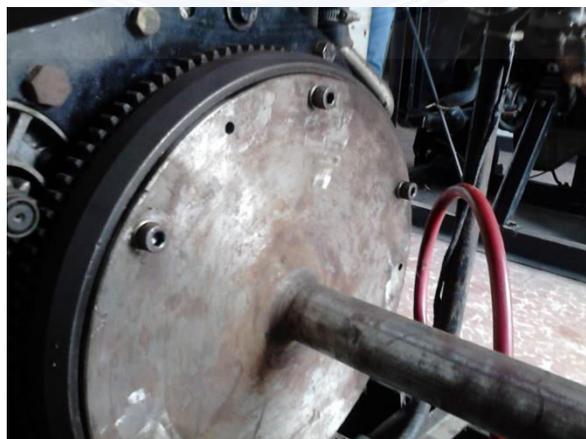
Komponen ini berfungsi sebagai pengikat rangka bantalan poros dan mekanisme rem agar tidak bersentuhan secara langsung terhadap rangka body mesin dan mengurangi getaran.



Gambar 2.18. Mounting Pada Rangka.

2.9.5. Poros Penghubung Dinamometer Dengan Mesin.

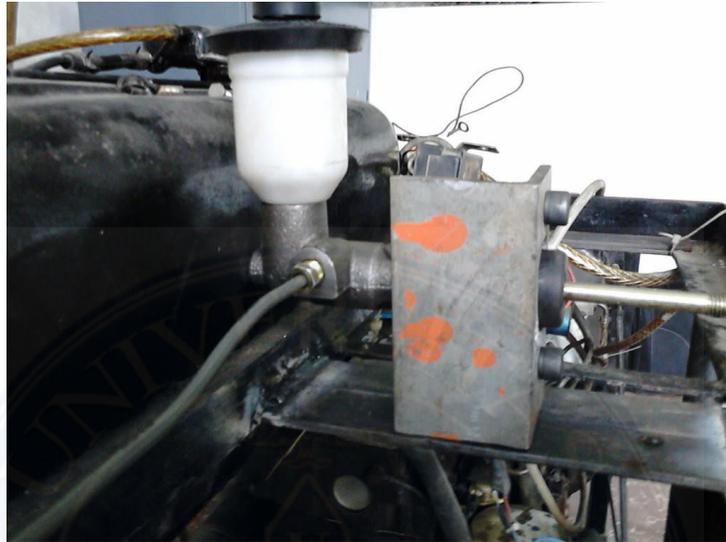
Komponen ini berfungsi sebagai penghubung dynamometer dengan mesin sama halnya seperti poros engkol, komponen ini yang menyalurkan putaran mesin ke dynamometer sehingga torsi yang dihasilkan dapat dihitung di dynamometer.



Gambar 2.19. Poros Penghubung Dinamometer Dengan Mesin.

2.9.6. Silinder Rem.

Komponen ini berfungsi sebagai tempat penampungan atau pengisian fluida rem.



Gambar 2.20. Silinder Rem.

2.9.7. Beban Uji.

Benda ini berfungsi untuk metode penambahan beban uji pada saat pengujian dilakukan.



Gambar 2.21. Beban Uji.

2.9.8. Gantungan Beban

Alat ini berfungsi sebagai indicator pemberian beban pada motor bakar bensin yang diuji coba.



Gambar 2.22. Gantungan Beban.

2.10. Dasar - Dasar Perhitungan Kekuatan Konstruksi.

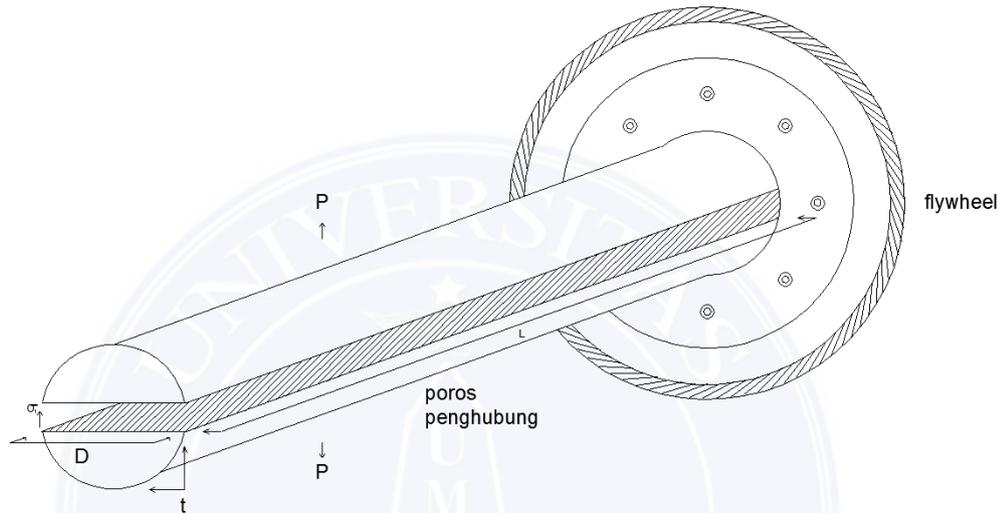
Didalam pengujian dinamometer terdapat bagian – bagian yang harus menahan getaran yang ditimbulkan dari beban uji, bagian – bagian ini harus diamati secara tepat agar dapat menerima beban getaran yang cukup kuat, kekuatan bahan harus diperhitungkan sesuai dengan kondisi operasi yang akan berlangsung.

Untuk itu penilaian penilaian bahan yang akan digunakan harus benar – benar diteliti untuk memberikan informasi yang akurat serta perangkat peralatan pengaman yang menjamin bahwa konstruksi dinamometer tersebut bekerja pada kondisi yang telah diperhitungkan.

1. Perhitungan Tebal Poros Penghubung Dinamometer ke Mesin

Poros penghubung dynamometer ke mesin diperhitungkan terhadap dua kemungkinan pecah yaitu :

- Poros penghubung diperhitungkan berdasarkan kekuatan belah (t_b) :



Gambar 2.23. Poros penghubung diperhitungkan berdasarkan kekuatan belah.

D = diameter poros penghubung (m)

t = tebal poros penghubung (m)

σ_t = tegangan tarik yang terjadi pada poros penghubung (N/m^2)

σ_t = tegangan tarik yang diizinkan (N/m^2)

L = panjang poros penghubung (m)

P = tekanan pada poros penghubung (N/m^2)

Besarnya gaya untuk membelah poros penghubung (P) :

$$P = L \times D \times p \quad (N) \dots\dots\dots(2.14)$$

Gaya sebesar P tersebut ditahan oleh tebal poros penghubung yang luas irisannya F (m^2) :

$$F = [2 \times L \times t + 2 \times t \times (D+2.t)]$$

$$= (2.L.t + 2.t.D + 4.t^2) \text{ (m}^2\text{)(2.15)}$$

Dengan tegangan di poros penghubung sebesar N/m^2 sehingga :

$$P = L.D.p$$

$$= F.\sigma_t$$

$$= (2.L.t + 2.t.D + 4.t^2).\sigma_t \text{(2.16)}$$

Bila $4.t^2$ diabaikan, karena dianggap kecil terhadap $2.t.D$ maka di dapat

$$P = L.D.P = (2.L.t + 2.t.D).\sigma_t \text{(2.17)}$$

atau

$$t = \frac{L.D.p}{2.\sigma_t(L+D)} \text{ (m)(2.18)}$$

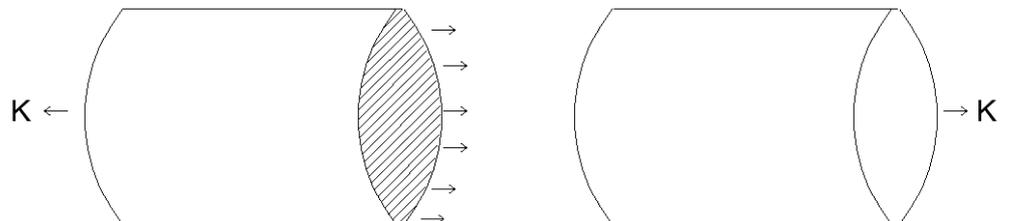
bila pembilang dan penyebut dibagi dengan L menjadi

$$t = \frac{L.D.p}{2.\sigma_t(1+D/L)} \text{ (m).....(2.19)}$$

agar poros penghubung tidak terbelah, maka haruslah :

$$tb > \frac{L.D.p}{-2.\sigma_t(L+D)} \text{(2.20)}$$

- Tebal poros penghubung dihitung berdasarkan kekuatan putus (t_p)



Gambar 2.24. Poros penghubung diperhitungkan berdasarkan kekuatan putus

D = diameter poros penghubung (m)

t = tebal poros penghubung (m)

σ = tegangan tarik yang terjadi pada poros penghubung (N/m²)

σ_t = tegangan tarik yang diizinkan (N/m²)

L = panjang poros penghubung (m)

P = tekanan pada poros penghubung (N/m²)

Gaya yang akan memutuskan drum (K) :

$$K = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.21)$$

Gaya tersebut akan ditahan dengan dinding seluas (F) :

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (4 \cdot D \cdot t + 4 \cdot t^2) \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.22)$$

Bila harga $4 \cdot t^2$ diabaikan karena dianggap kecil terhadap $4 \cdot D \cdot t$, maka tegangan σ_t yang timbul :

$$\sigma_t = \frac{K}{F} = \frac{\frac{\pi}{4} x D^2 x p}{\frac{\pi}{4} x 4 x D x t} \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\sigma_t = \frac{D x p}{4 x t} \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.24)$$

atau,

$$t_p \geq \frac{D x p}{4 x \sigma_t} \dots\dots\dots(2.25)$$

dari persamaan 2.11 dan 2.12 untuk $D/L < 1$ maka berlaku

$$\frac{D x p}{2 x (1 + \frac{D}{L}) x \sigma_t} > \frac{D x p}{4 \cdot \sigma_t} \dots\dots\dots(2.26)$$

Tebal drum bila dihitung dari kekuatan belah (t_b) lebih tebal bila dibandingkan dengan berdasarkan kemungkinan putus (t_p)

$$t_b > t_p.$$

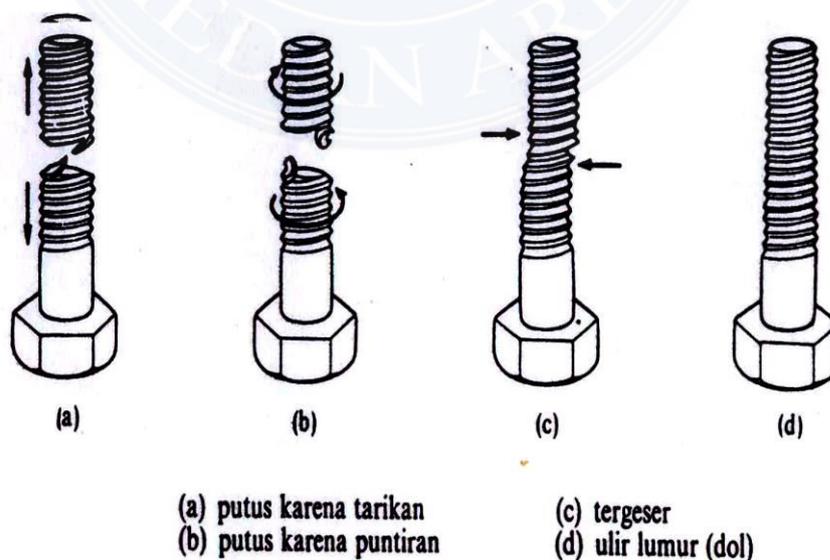
Tabel 2.1. Kekuatan tarik baja karbon cor

JIS G 5101 baja karbon cor

Lambang	Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
SC 37	18	37	Untuk bagian motor
SC 42	21	42	Untuk konstruksi mesin umum
SC 46	23	46	“
SC 69	25	49	“

2. Perhitungan Kekuatan Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan alat pengikat atau penggerak yang sangat penting. Dalam gambar 2.25. diperlihatkan macam-macam kerusakan yang dapat terjadi pada baut.



Gambar 2.25. macam – macam kerusakan pada baut

Untuk menentukan ukuran baut dan mur, berbagai faktor yang harus diperhatikan seperti gaya yang bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan, kelas ketelitian dan lain-lain. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada baut dapat berupa :

- Beban statis aksial murni
- Beban aksial, bersama dengan beban puntir
- Beban geser
- Beban tumbukan aksial

Dalam hal ini persamaan yang berlaku adalah :

$$\sigma_t = \frac{F}{\pi/4 d_1^2} \dots\dots\dots(2.27)$$

dimana :

F (kg) adalah beban tarik atau tekan pada baut,

σ_t adalah tegangan tarik yang terjadi dibagian yang berulir pada diameter inti

$d_1(mm)$ pada sekrup atau baut yang mempunyai diameter luar

d . umumnya diameter inti d_1

sehingga $d_1 = 0,8d$ sehingga $(\frac{d_1}{d})= 0,64$ maka :

$$\sigma_t = \frac{F}{\pi/4(0.8d)^2} \leq \sigma_{izin} \dots\dots\dots(2.28)$$

dari persamaan 2.14 dan 2.15 maka :

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi\sigma_{izin} \times 0.64}} \text{ atau } d \geq \sqrt{\frac{2F}{\sigma_{izin}}} \dots\dots\dots(2.29)$$

Harga σ_{izin} tergantung pada macam bahan yaitu SS, SC atau SF. Jika dfinising faktor keamanan dapat diambil sebesar 6-8 dan jika dfinish biasa besarnya 8-10.

Bila jumlah ulir n dan tinggi mur h maka dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$\sigma_t = \frac{F}{\pi/4(d^2-d_1^2)n} \geq \sigma_{izin} \dots \dots \dots (2.30)$$

maka jumlah ulir adalah :

$$n \geq \frac{F}{\pi/4(d^2-d_1^2)\sigma_{izin}} \dots \dots \dots (2.31)$$

$h = np$ dimana p adalah kisar

menurut standart $h = (0,8-1,6) d$

Berikut ukuran tiap – tiap baut dan mur sebagai berikut :

Tabel. 2.2. Ukuran standard baut dan mur dengan ulir kasar metris (JIS B0205).

Ulir					Ulir dalam		
1	2	3	Jarak	Tinggi	Diameter	Dimeter	Diameter
			bagi	kaitan	luar D	efektif D2	dalam D1
			P	$H1$	Ulir luar		
					Diameter	Diameter	Diameter
					mayor	minor	inti $d1$
					d	dc	

M 6			1	0,541	6,000	5,350	4,917
		M 7	1	0,541	7,000	6,350	5,917
M 8			1,25	0,677	8,000	7,188	6,647
		M 9	1,25	0,677	9,000	8,188	7,647
M 10			1,5	0,812	10,000	9,026	8,376
		M 11	1,5	0,812	11,000	10,026	9,376
M 12			1,75	0,947	12,000	10,863	10,106
	M 14		2	1,083	14,000	12,701	11,835
M 16			2	1,083	16,000	14,701	13,835
	M 18		2,5	1,353	18,000	16,376	15,294
M 20			2,5	1,353	20,000	18,3765	17,294
	M 22		2,5	1,353	22,000	20,376	19,294

Dalam konstruksinya bagian mounting dudukan bantalan dan gantungan beban dimana sambungan digunakan sebuah baut. Maka gaya tarik yang terjadi pada baut adalah :

$$F_{baut} = \frac{F}{n}(\text{kg}) \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana : n = jumlah baut

Sementara F_{baut} dapat diperoleh dari :

$$F_{baut} = \sigma_{izin} \times Ab \dots\dots\dots(\text{kg})$$

Dimana :

Ab = luas penampang baut (mm²)

σ_{izin} = tegangan izin baut (kg / mm²)

Jadi jumlah baut (n) :

$$n = \frac{F_{uap}}{\sigma_{izin} \times A_b} \dots \dots \dots (2.33)$$

3. Sambungan Las

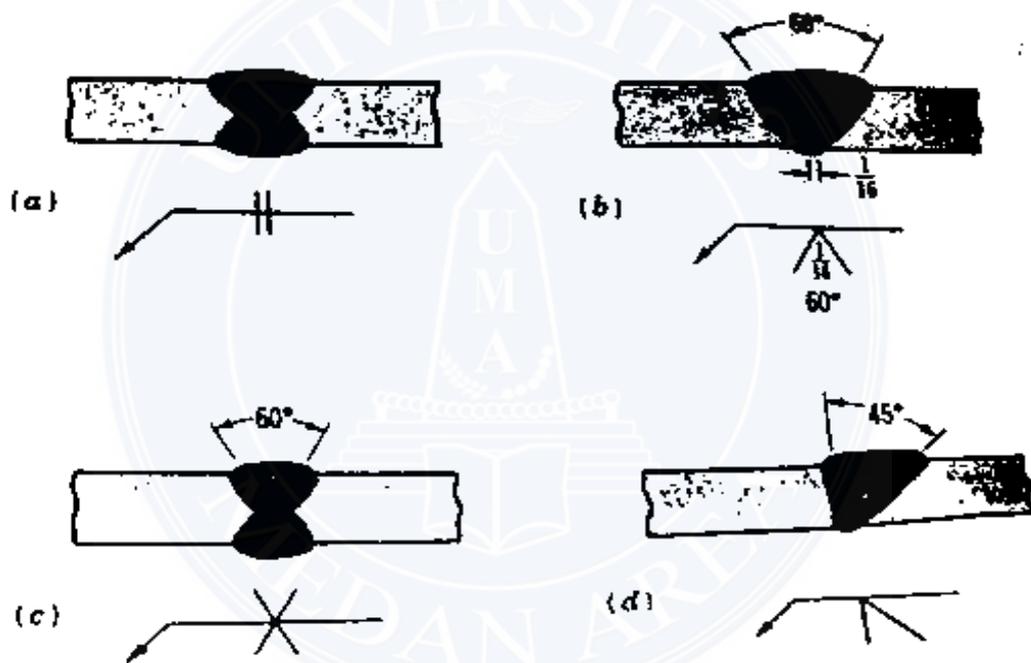
Proses seperti pengelasan (welding), pengelasan dengan kuningan (brazing), penyolderan atau soldering penyemenan (cementing) sekarang ini dipakai secara luas dalam proses pembuatan mesin. Apabila bagian-bagian harus dipasangkan atau dibuat maka adalah mungkin bahwa satu diantara proses-proses ini perlu dipertimbangkan dari awal perencanaan kerja.

Las-lasan biasanya dibuat dengan penjepitan, pemindahan yang cepat, atau pemilihan serangkaian bentuk baja-rol panas yang berdaya karbon rendah atau sedang yang dipotong menurut bentuk tertentu, sementara beberapa bagian tersebut dilaksanakan bersama.

Untuk elemen mesin yang umum kebanyakan las adalah las-sudut (filled weld), walaupun las-temu (butt weld) banyak dipakai dalam perencanaan tabung tekan. Tentusaja bagian yang disambung harus disusun sedemikian rupa sehingga mempunyai jarak kelonggaran yang cukup untuk pengerjaan pengelasan. Kalau diperlukan sambungan yang tidak-biasa karena tidak cukupnya kelonggaran atau karena bentuk penampangnya, rencana tersebut mungkin merupakan sesuatu yang jelek perencana haruslah memulai lagi dan berusaha mencari jalan keluar yang lain.

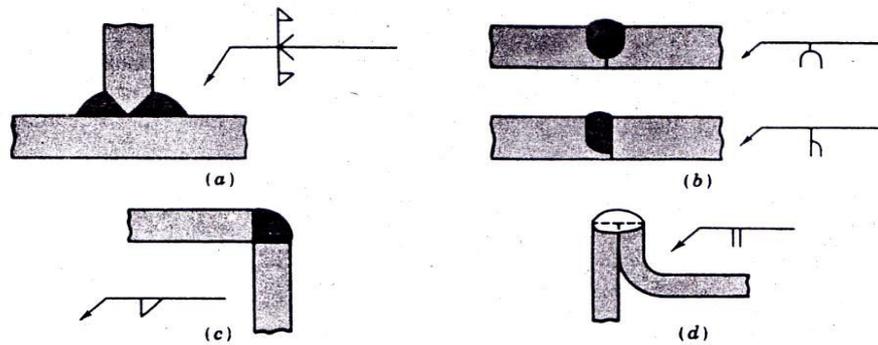
Karena panas dipakai dalam operasi pengelasan, maka ada kemungkinan adanya perubahan metalurgi pada logam dasarnya disekitar daerah pengelasan tersebut. Juga tegangan-tegangan sisa akan muncul

karena pengaruh penjepitan, atau pemegangan, atau kadang-kadang karena pengaruh urutan pengelasan. Biasanya tegangan sisa ini tidak begitu besar untuk menimbulkan perhatian, dalam beberapa hal suatu perlakuan panas yang ringan setelah pengelasan ternyata sangat berguna dalam mengendorkan beberapa tegangan tersebut. Kalau tingkat keandalan dari beberapa komponen tersebut agak tinggi, program pengujian perlu dipersiapkan untuk mempelajari perubahan atau tambahan operasi yang perlu dalam menjamin kualitas yang baik.



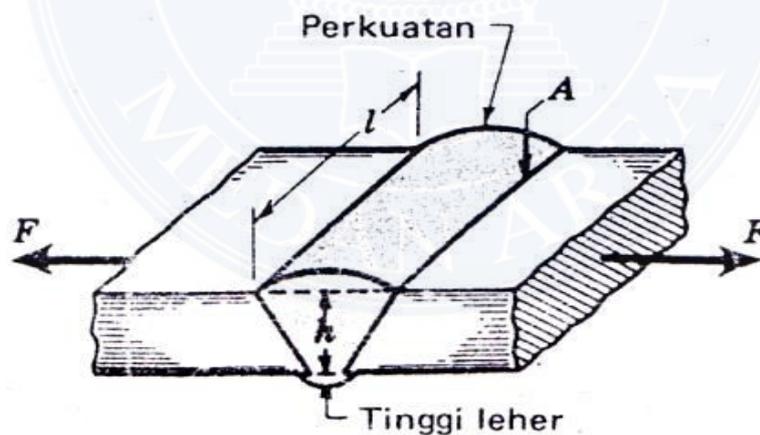
Gambar 2.26. macam – macam sambungan las-temu.

Gambar 2.26. menjelaskan beberapa sambungan las-temu (a) Las-temu Bujur sangkar pada kedua sisi; (b) Las-temu V tunggal dengan kemiringan 60° dan bukaan terkecil $1/16$ in; (c) Las-temu V ganda; (d) Las-temu dengan kemiringan 45° .



Gambar 2.26. las alur khusus

Gambar 2.26 menjelaskan beberapa macam las alur khusus, diantaranya : (a) sambungan T untuk plat tebal; (b) las U dan J untuk plat tebal; (c) las-temu sudut yang juga bisa mempunyai las titik pada bagian dalam untuk menambahkan kekuatan tetapi tidak untuk dipakai pada beban yang berat; (d) las ujung untuk logam lembaran dan dipakai untuk beban yang ringan.



Gambar 2.27. tegangan normal rata-rata pada sambungan las-temu

$$\sigma = \frac{F}{h \cdot l} \text{ (psi) } \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

h : tinggi leher las (inchi)

l : panjang pengelasan(inchi)

F : pembebanan tarik ataupun tekan (lb)

σ : tegangan normal rata-rata (psi)

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (psi)(2.35)}$$

Tegangan ini dapat dibagi menjadi dua komponen, tegangan geser (τ) dan tegangan normal (σ) yaitu :

$$\tau = \sigma_x \cos 45^\circ = \frac{F}{h.l} \text{(2.36)}$$

$$\sigma = \sigma_x \cos 45^\circ = \frac{F}{h.l} \text{(2.37)}$$

Harga-harga ini dimasukkan kedalam lingkaran Mohr. Tegangan utama terbesar :

$$\sigma = \frac{F}{2.h.l} + \sqrt{\left(\frac{F}{2.h.l}\right)^2 + \left(\frac{F}{h.l}\right)} = 1,618 \frac{F}{h.l} \text{(2.38)}$$

Tegangan geser maksimum adalah :

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F}{2.h.l}\right)^2 + \left(\frac{F}{h.l}\right)} = 1,118 \frac{F}{h.l} \text{(2.39)}$$

Jadi persamaan untuk tegangan rata-rata adalah (average stress) adalah :

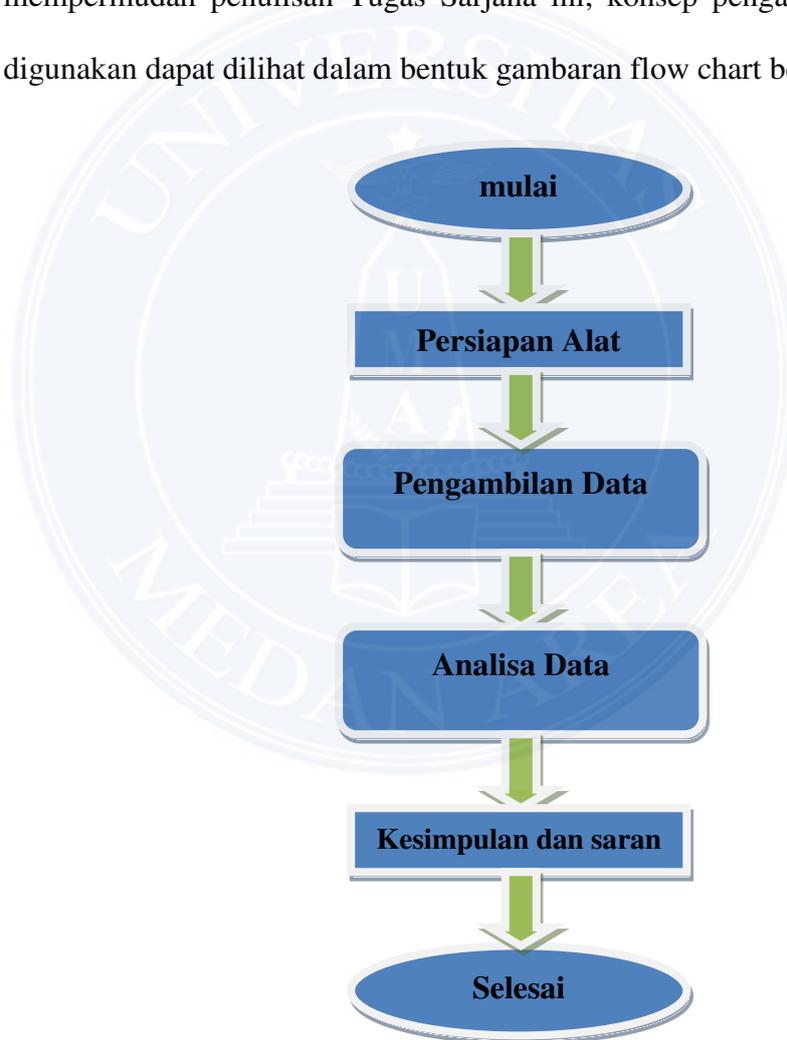
$$\tau = \frac{F}{0.707hl} \text{ (psi)(2.40)}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Konsep Penganalisaan

Didalam menganalisa kekuatan konstruksi pada dynamometer penelitian ini dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Universitas Medan Area, penulis membuat suatu konsep penganalisaan untuk mempermudah penulisan Tugas Sarjana ini, konsep penganalisaan yang digunakan dapat dilihat dalam bentuk gambaran flow chart berikut :



Gambar 3.1. Flow chart metodologi penelitian.

3.2. Start Penelitian

Pada awal penulisan terlebih dahulu penulis mencari judul yang tepat untuk penulisan penelitian ini yaitu melalui dari beberapa sumber seperti dosen pembimbing, studi literature, buku, media elektronik dan survey lapangan. Penulis langsung menentukan latar belakang dari judul yang diperoleh.

Tempat dan Waktu

a. Tempat

Pengujian dilakukan di laboratorium Prestasi Mesin Universitas Medan Area terhadap hasil rancang bangun instalasi alat pengukur torsi mesin dengan dinamometer.

b. Waktu

Waktu penelitian direncanakan dimulai dari persetujuan judul skripsi, yang diberikan oleh pihak Jurusan, pengambilan data, pengolahan data, hingga penyusunan laporan dinyatakan selesai.

3.3. Pemeriksaan Pembuatan Konstruksi dinamometer

Sebelum mahasiswa membuat dinamometer tersebut terlebih dahulu mempelajari tentang cara pembuatan dan ukuran rangka dinamometer, dengan cara mengukur tiap bagian luar mesin diesel agar dalam proses perakitan kita tidak terjadi selip dan tidak terjadi kesalahan.

1. Pemilihan bahan konstruksi

Setelah mahasiswa mengerti mengenai perancangan dinamometer yang ingin dibuat dan telah sesuai dengan yang ingin dikerjakan,

mahasiswa hanya tinggal mencari alat dan bahan yang dibutuhkan seperti yang telah tertulis diatas. Contohnya untuk neraca pegas dan alat pembebanan yang menggunakan rangka konstruksi menggunakan bahan MS PLATE serta poros penghubung dinamometer menggunakan bahan S45C.

2. Pemotongan bahan untuk konstruksi.

Untuk perakitan konstruksi setelah hasil pengukuran diketahui selanjutnya dilakukan pemotongan bahan yang digunakan untuk rangka, dudukan bantalan poros, mounting pada dudukan bantalan agar poros dan bantalan sesuai kedudukannya.

3. Pembubutan

Dalam proses ini bahan seperti poros kemudian perlu proses pembubutan ukuran sesuai diameter bantalan poros dan juga dudukan pelat yang disambungkan ke flywheel sesuai ukuran yang sudah ditentukan.

4. Pengelasan

Pada pengelasan rangka dilakukan perakitan sesuai yang meliputi dudukan bantalan poros agar sesuai pada kedudukannya dan tetap kokoh apabila ada guncangan pada saat mesin dihidupkan, kemudian pengelasan pada pelat yang disatukan dengan poros dan ukuran harus sesuai dengan dudukan flywheel.

5. Pemeriksaan

Setelah perakitan selesai kemudian dilakukan pemeriksaan seperti pada mekanisme rem dan fluida silinder rem agar pada saat percobaan sesuai dengan hasil yang diharapkan.

3.4. Persiapan Peralatan

Pada pengujian perubahan putaran mesin terhadap torsi mesin bensin dengan menggunakan dinamometer, dimana alat ini terdiri dari beberapa bagian antara lain yaitu :

- Satu unit mesin bensin 7K Daya 80 HP.
- Satu unit mekanisme pengujian.
- Beban uji
- Drum brake
- Tachometer
- Stopwatch

Tabel 3.1. Spesifikasi Mesin Kijang 7-K

NO	ITEM	SPESIFIKASI
1	Model	Toyota Kijang 7K
2	Jumlah Silinder	4
3	Bore	80,50 mm
4	Stroke	72,99 mm
5	Isi Silinder	1486 cc
6	Tenaga Maksimum	80 Ps (57,624 Kw) / 3500 rpm
7	Kapasitas Oli	4 liter

3.5. Prosedur Keselamatan Operasional Dinamometer.

Adapun prosedur keselamatan operasional dinamometer sebelum pengujian di lakukan maka harus dipersiapkan dan diperiksa hal – hal sebagai berikut :

1. Persiapan bahan bakar yang akan digunakan dengan menempatkannya pada wadah (dirigen).
2. Persiapan beban uji yang akan digunakan.
3. Pemeriksaan kondisi sistem pendingin dengan memastikan kondisi tutup radiator, air pendingin dan selang – selang persambungan terbebas dari kebocoran.
4. Pemeriksaan kondisi oli mesin yang akan diuji agar tidak kekurangan jumlah oli pada mesin.
5. Pemeriksaan tali kipas mesin dari kekendoran.
6. Pemeriksaan baterai yang akan digunakan.
7. Pemeriksaan alat ukur seperti Tachometer, stopwatch dan brake bekerja dengan baik.
8. Pemeriksaan kembali instalasi alat pengujian sehingga siap untuk dipergunakan.
9. Menyiapkan lembar data pengujian untuk mencatat data hasil pengujian.

Untuk keamanan diperlukan keseriusan, ketelitian dan kehati-hatian pada saat pemberian beban pengereman serta selalu menjaga keselamatan dan kesehatan kerja.

3.6. Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dapat dilaksanakan setelah seluruh tahap persiapan selesai, dalam bagian ini penulis mengumpulkan data dari lapangan pada saat pengujian mesin dihidupkan sampai pengukuran torsi yang diukur pada alat dinamometer telah diamati dan selanjutnya untuk jadi bahan analisa di bab berikutnya.

3.7. Analisa Data

Dalam hal ini penulis menganalisa pengujian yang dilakukan dari percobaan pengujian dinamometer setelah datanya sudah terkumpul, Data yang dipakai dalam tugas akhir ini merupakan data sekunder dari lapangan, adapun analisa tersebut meliputi :

- Beban Pengereman (m)
- Kekuatan Konstruksi.
- Kekuatan Baut dan Mur
- Keselamatan Kerja

3.8. Kesimpulan dan Saran

Dalam hal ini merupakan rangkuman secara keseluruhan penulisan tahap akhir dari analisa tugas akhir ini adalah kesimpulan dari pengujian torsi mesin yang telah diukur pada alat dynamometer, pemeriksaan kekuatan konstruksi, keselamatan kerja dan saran dari penulis demi kesempurnaan tugas akhir ini.

3.9. Jadwal Penelitian.

Tabel 3.2. Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Jadwal	April				Mei				Juni				Juli			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Pengambilan Judul																
Seminar Proposal																
Persiapan Alat																
Pengambilan Data																
Analisa Data																
Seminar Hasil																
Sidang Sarjana																

DAFTAR PUSTAKA

Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 1991. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Joseph E. Shigley, Larry D. Mitchael, Ir. Gandhi Harahap M.Eng, 1984. "Perencanaan Teknik Mesin" Edisi Keempat, Jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Singer, Ferdinand L. Kekuatan Bahan, Terjemahan Darwin Sebayang, Penerbit Erlangga. Jakarta 1995.

http://www.eprints.undi.ac.id/442771/Bab_I-III.pdf.

<http://www.lontar.ui.ac.id/filefile=digital123739...pdf>.

<http://ki-tapunya.blogspot.com/2013/12/prinsip-cara-kerja-mesin-bensin-4-langkah.html?m=0>

<http://www.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/34223/4/Chapter%20II.pdf>.

<http://www.copasilmu.blogspot.com/2011/07/cara-dan-prinsip-kerja-mesin-bensin.html>

<http://www.digilib.unila.ac.id/4669/BAB%20III.pdf>.

http://www.eprints.undi.ac.id/413421/Halaman_isi.pdf.

<http://www.knowledgemention.blogspot.com/2012/09/cara-kerja-mesin-bensin.html>.

<http://www.jtptunimus-gdlsugiyonoco-5229-bab2.pdf>.

http://www.agustinus_purna_irawan_diktat_elemen_mesin_2009.pdf.