PEMBUATAN ALAT SIMULASI MOTOR BAKAR 4 LANGKAH SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ALFIAN HARIYANTO	343 18 005
MUH. FADHIL IHSAN	343 18 020
MUH. ABDAL	343 18 022

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir ini dengan judul "Pembuatan Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah Sebagai Media Pembelajaran" oleh Alfian Hariyanto NIM 343 18 005, Muh. Fadhil Ihsan NIM 343 18 020, dan Muh. Abdal NIM 343 18 022 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 03 September 2021

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Yan Kondo, S.T., M.T.	Nur Wahyuni, S.T., M.T.
NIP. 19660119 199202 1 001	NIP. 19790429 200801 2 008

Mengetahui,
Koordinator Program Studi

Nur Wahyuni, S.T., M.T.
NIP.19790429 200801 2 008

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Rabu, 03 September 2021, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Alfian Hariyanto NIM 343 18 005, Muh. Fadhil Ihsan NIM 343 18 020, dan Muh. Abdal NIM 343 18 022 dengan judul "Pembuatan Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah Sebagai Media Pembelajaran".

Makassar, 03 September 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

1.	Dr. Eng. Arman, S.T., M.T.	Ketua	( )
2.	Muh Iqbal, S.T., M.Eng.	Sekertaris	( )
3.	Muh. Jufri Dullah, ST., M.Si.	Anggota	( )
4.	Peri Petriadi, S.T., M.T.	Anggota	( )
5.	Yan Kondo, S.T., M.T.	Pembimbing I	( )
6.	Nur Wahyuni, S.T., M.T.	Pembimbing II	( )

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala. Karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul "Pembuatan Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah Sebagai Media Pembelajaran" dapat diselesaikan dengan baik. Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
2. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang;
3. Ibu Nur Wahyuni, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D-3 Teknik Otomotif;
4. Bapak Yan Kondo, S.T., M.T. dan Ibu Nur Wahyuni, S.T., M.T. sebagai pembimbing yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini;
5. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bantuan selama masa studi di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang;
6. Bapak dan Ibu staf, dan teknisi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang;
7. Keluarga terutama kedua orang tua penulis yang selalu memberikan

motivasi, nasehat, cinta, perhatian, dan kasih sayang serta doa yang tentu takkan bisa penulis balas.

8. Teman- teman seperjuangan kami;
9. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam proses penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, 29 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

hlm.

HALAMAN SAMPUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PENERIMAAN iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR LAMPIRAN xi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 3

1.3. Ruang Lingkup Kegiatan 3

1.4. Tujuan dan Manfaat Kegiatan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. Definisi Alat Simulasi 5

2.2. Motor Bakar 6

2.3. Prinsip Kerja Motor Bakar 4 Langkah 7

2.4. Jenis-Jenis Motor Bakar 12

2.5. Komponen-Komponen Motor Bakar 14

2.6. Sistem Penggerak 33

2.7. Desain Alat Simulasi 35

BAB III METODE KEGIATAN 36

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan 36

3.2 Alat dan Bahan 37
3.3 Prosedur Kegiatan..... 39

BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN..... 42

4.1 Hasil Perancangan..... 43
4.2 Deskripsi Kegiatan..... 48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 51

5.1 Kesimpulan..... 51
5.2 Saran 51

DAFTAR PUSTAKA 53

LAMPIRAN 54

DAFTAR TABEL

hlm.

Tabel 2.1 Urutan Pengapian 23

Tabel 3.1 Time Schedule.....46

Tabel 4.1. Hasil Perancangan Alat Simulasi 49

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Menggunakan Dinamo 49

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Menggunakan Engkol 50

DAFTAR GAMBAR

hlm.

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Motor Bensin.....7

Gambar 2.2 Prinsip Kerja Motor Diesel 9

Gambar 2.3 Kepala Silinder.....14

Gambar 2.4 *Piston* 16

Gambar 2.5 Torak dan Batang Penghubung 17

Gambar 2.6 Kontruksi dari Batang Penghubung.....19

Gambar 2.7 Blok Silinder Model *In Line*.....20

Gambar 2.8 Blok Silinder Model V-8.....20

Gambar 2.9 Model Susunan Blok Silinder 20

Gambar 2.10 Bak Engkol.....21

Gambar 2.11 *Cam Lobe* 22

Gambar 2.12 *Camshaft* 22

Gambar 2.13 Poros Engkol 23

Gambar 2.14 Roda Gaya.....25

Gambar 2.15 Diagram Katup 27

Gambar 2.16 Mekanisme Katup.....28

Gambar 2.17 *Rocker Arm*.....29

Gambar 2.18 Mekanisme Katup.....29

Gambar 2.19 Bagian-Bagian Katup.....29

Gambar 2.20 Pegas Katup.....30

Gambar 2.21 *Seal* Katup 31

Gambar 2.22 Pengantar Katup 31

Gambar 2.23 Komponen Gear Train 33

Gambar 2.24 Motor Listrik 34

Gambar 2.25 Engkol Penggerak.....34

Gambar 2.26 Desain Alat Simulasi 35

Gambar 3.1 Bagan Alir.....39

Gambar 4.1 Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah 42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan 53

Lampiran 2 Desain Gambar 2D 56

Lampiran 3 Desain Gambar 3D 58

Lampiran 4 *Specification Engine* 61

PEMBUATAN ALAT SIMULASI MOTOR BAKAR 4 LANGKAH SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN

RINGKASAN

Salah satu kompetensi utama mahasiswa teknik mesin adalah memahami bagaimana proses kerja sebuah mesin, baik berbahan bakar bensin maupun diesel. Dalam hal ini, mahasiswa harus mampu memahami bagaimana kerja mesin 4-langkah dan 2-langkah. Selain itu mahasiswa harus memahami sistem pengapian mesin, mekanisme katup dan prinsip kerja mesin, lalu komponen yang ada di mesin. Kompetensi tersebut ternyata sulit dibangun hanya melalui kajian teoritis (studi pustaka). perlu adanya suatu alat praktikum yang memperlihatkan langsung komponen dan proses kerja mesin tersebut. Dengan demikian hal ini menjadi dasar pelaksanaan proyek tugas akhir Pembuatan Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah.

Sebagaimana yang diketahui mesin motor bakar 4 langkah memiliki desain yang tidak memungkinkan untuk melihat cara kerjanya secara langsung. Pembuatan *engine cutting* adalah model penampang yang digunakan untuk menunjukan desain *engine cutting* konvensional pada mobil Suzuki Jimny SJ410. Model ini dipotong sehinggga mampu menampilkan dan menunjukan fungsi komponen mulai dari blok silinder, mekasnisme katup, mekanisme *gear timing* dan komponen lain yang ada di dalam mesin sehingga komponen dan prinsip kerja di dalam mesin dapat diamati dengan alat simulasi ini.

Pelaksanaan dan perancangan alat simulasi motor bakar 4 langkah sebagai media pembelajaran dilakukan di rumah dan bengkel otomotif teknik mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. adapun persiapan pelaksanaan adalah mempersiapkan alat dan bahan, membuat komponen, merakit, pengujian, dan finishing alat Pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah sebagai media pembelajaran dilakukan dengan cara memotong maupun membelah komponen-komponen yang menutupi bagian dalam mesin agar dapat terlihat jelas pergerakan komponen yang ada didalamnya saat mesin digerakkan sehingga mempermudah pemahaman mahasiswa tentang bagaimana mekanisme katup dan mesin 4 langkah bekerja.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia industri otomotif di Indonesia pada saat sekarang maju dengan pesat nya sesuai era teknologi canggih dan pemakaian motor bensin maupun diesel merupakan peralatan yang sangat vital untuk dipakai diberbagai bidang baik untuk kendaraan sarana angkutan maupun untuk keperluan industri. Berhubung pada mesin bensin dan diesel sangat membutuhkan perawatan dan pemeliharaan yang baik demi kelancaran jalannya motor tersebut untuk tetap dapat beroperasi sesuai dengan sebagaimana mestinya maka diperlukan tenaga kerja yang terampil dan memiliki pengetahuan tentang mesin tersebut.

Salah satu kompetensi utama mahasiswa teknik mesin adalah memahami bagaimana proses kerja sebuah mesin, baik berbahan bakar bensin maupun diesel. Dalam hal ini, mahasiswa harus mampu memahami bagaimana kerja mesin 4-langkah dan 2-langkah. Selain itu mahasiswa harus memahami sistem pengapian mesin, mekanisme katup dan prinsip kerja mesin, lalu komponen yang ada di mesin. Kompetensi tersebut ternyata sulit dibangun hanya melalui kajian teoritis (studi pustaka). perlu adanya suatu alat praktikum yang memperlihatkan langsung komponen dan proses kerja mesin tersebut.

Pada kasus motor bakar, berarti mahasiswa harus membongkar dan memasang sebuah mesin. Cara tersebut kurang efektif tanpa adanya pemahaman terlebih dahulu tentang mesin tersebut. Salah satu cara yang efektif yaitu dengan

mengamati proses kerja sebuah motor bakar dalam bentuk alat peraga yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga komponen dan proses kerja mesin tersebut dapat terlihat. Saat ini, alat praktikum motor bakar yang ada di bengkel otomotif Politeknik Negeri Ujung Pandang memiliki keterbatasan, tidak adanya alat simulasi yang dimana proses kerja mesin tersebut tidak dapat dilihat secara langsung saat mesin bergerak, sehingga sulit untuk memahami proses kerja mesin tersebut. Hal ini mengakibatkan kesulitan pada mahasiswa antara lain adalah harus membongkar terlebih dahulu sebelum memahaminya.

Setelah dilakukan pembongkaran, sistem dan langkah kerjanya tidak bisa dipahami secara langsung (karena tidak bisa bergerak), sehingga hanya tau komponennya saja, untuk mengatasi beberapa kendala yang ada di atas, maka kami berinisiatif untuk mengatasi kendala tersebut dengan mengangkat judul **"Pembuatan Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah Sebagai Media Pembelajaran"** dengan membuat modifikasi *engine cutting* menjadi sebuah alat peraga yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah motor bensin dasar ataupun motor diesel dasar, akan memudahkan mahasiswa untuk memahami dan mengetahui konstruksi serta prinsip kerjanya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam rancang bangun alat simulasi motor bakar empat langkah ini antara lain adalah sebagai berikut:

1) Bagaimana memberikan pemahaman mahasiswa tentang bagaimana mekanisme katup dan mesin 4 langkah bekerja?
2) Bagaimana cara menvisualisasikan komponen – komponen yang ada dalam mesin Suzuki Jimny SJ410?
3) Bagaimana memberikan pemahaman teori praktek pada mata kuliah motor bensin dasar?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tentu saja harus dibatasi sesuai dengan kemampuan, situasi, kondisi, biaya, dan waktu yang tersedia agar pembuatan tugas akhir ini bisa selesai. Maka penulis membatasi ruang lingkupnya, yang nantinya diharapkan hasilnya sesuai dengan apa yang diharapkan. Dalam hal ini penulis membatasi masalah yang akan dibahas sebagai berikut.

1) Perencanaan pembuatan *engine cutting* meliputi pemilihan dari bagian bagian utama mesin dan komponen pendukung.
2) Perencanaan komponen alat serta pembuatannya yang meliputi langkah kerja, pembuatan alat, dan biaya produksi.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah ini bertujuan sebagai berikut:

1) Memberikan pemahaman tentang bagaimana mekanisme katup dan mesin 4 langkah bekerja.
2) Cara menvisualisasikan komponen – komponen yang ada dalam mesin Suzuki Jimny SJ410?
3) Memberikan pemahaman teori praktek pada mata kuliah motor bensin dasar.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat dari pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah ini bertujuan sebagai berikut:

1) Sebagai acuan kepada mahasiswa dalam membuat dan terlibat dalam proyek tugas akhir.
2) Sebagai bahan pembelajaran mahasiswa teknik otomotif.
3) Sebagai bahan pembelajaran siswa sekolah menengah kejuruan teknik otomotif.
4) Sebagai bahan pembelajaran untuk masyarakat yang ingin mengembangkan ilmunya di bidang otomotif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Alat Simulasi

Alat adalah benda yang digunakan untuk mengerjakan sesuatu yang fungsinya adalah untuk mempermudah pekerjaan. Menurut Kamus Besar Bahasa indonesia, bahwa yang dimaksud dengan alat adalah "suatu benda yang dipakai untuk mengerjakan sesuatu; perkakas, perabot, yang dipakai untuk mencapai maksud".

Simulasi adalah suatu peniruan sesuatu yang nyata, keadaan sekelilingnya atau proses. Ada bermacam-macam definisi simulasi yang sering dikemukakan para ahli. Menurut Schroeder (1997), bahwa "Simulasi adalah suatu teknik yang dapat dipakai untuk memformulasikan dan memecahkan model - model dari golongan yang luas".

Sedangkan menurut Hasan (2002), bahwa "Simulasi ialah suatu model dalam mengambil suatu keputusan dengan mencontoh atau berupa gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa dengan harus mengalaminya pada keadaan sebagai adanya dalam kehidupan nyata".

Oleh karena itu dapat disimpulkan alat simulasi adalah benda yang dibuat untuk menirukan atau mencontoh dari sebuah sistem dengan tujuan memahami dan memberikan gambaran pada sistem tersebut.

2.2 Motor Bakar

Motor Bakar adalah suatu mesin yang dapat mengubah tenaga panas menjadi tenaga mekanik dengan jalan pembakaran bahan bakar. Dalam Hal ini terdapat beberapa pendapat para ahli. Salah satu diantara adalah yang dikemukakan oleh Winarno Dwi Rahardjo (2014:12), bahwa "Motor Bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik".

Sedangkan Menurut Subandiro (2009:6) "Motor bakar atau mesin termasuk mesin panas *Thermal Engine* karena tenaga gerak yang dihasilkan mengunakan proses pembakaran". Dengan demikian, dapat disimpulkan dari penjelasan diatas bahwa motor bakar adalah suatu mesin yang proses kerjanya dapat mengubah energi kimia menjadi energi panas lalu diubah menjadi energi gerak/mekanik.

Bila tenaga panas untuk pembakar menjadi tenaga penggerak yang dihasilkan dari mesin disebut Motor bakar luar (*External Combustion Engine*) dan biasanya digunakan untuk Mesin Uap serta Turbin Uap. Mesin yang terdapat pada kendaraan bermotor seperti sepeda motor dan mobil, sistem pembakaran bahan bakarnya dilakukan langsung dalam mesin dirubah menjadi tenaga penggerak. Mesin semacam ini disebut motor bakar dalam *(Internal Combustion Engine*).

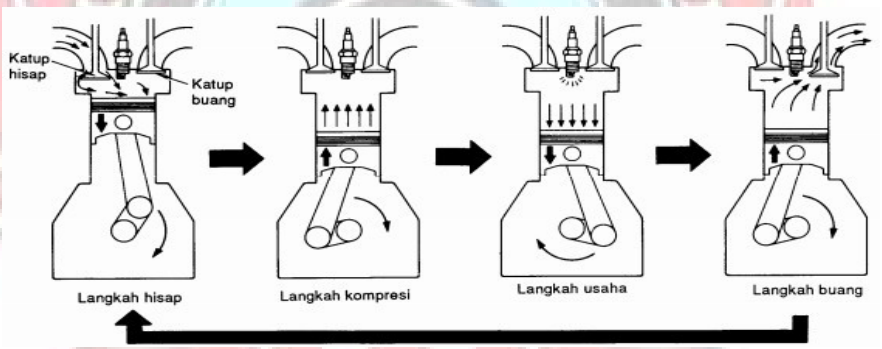
2.3 Prinsip Kerja Motor Bakar 4 Langkah

Pada motor bakar dalam, bahan bakar di dalam ruang bakar dibakar sehingga gas yang terjadi akibat pembakaran tadi mengandung tenaga panas di mana temperatur dan tekanannya tinggi. Gas-gas ini akan mengembang yang menekan

dan mendorong *piston* untuk bergerak ke bawah. Gerak dari *piston* yang lurus itu diteruskan melalui batang Torak (*Connecting Rod*) ke poros engkol (*Crankshaft*) yang berubah menjadi gerak putar.

2.3.1 Prinsip Kerja Motor Bensin

Udara dan bahan bakar yang tercampur didalam karburator, terhisap kedalam ruang bakar dan dikompresikan hingga mencapai tekanan dan temperatur tertentu. dan akhir langkah kompresi, busi memercikkan api sehingga terjadi pembakaran. Adapun prinsip kerja motor bensin 4 dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Motor Bensin

1) Langkah Hisap
   a. *Piston* bergerak dari TMA ke TMB.
   b. Katup hisap terbuka.
   c. Katup buang tertutup.
   d. Terjadi kevakuman dalam silinder, yang menyebabkan campuran udara dan bensin masuk ke dalam silinder.
2) Langkah Kompresi
   a. *Piston* bergerak dari TMB ke TMA.

b. Katup hisap tertutup.

c. Katup buang tertutup.

d. Campuran udara-bensin dikompresikan sampai tekanan dan suhunya menjadi 12 kg/cm^2.

3) Langkah Usaha

a. Katup hisap tertutup.

b. Katup buang tertutup.

c. Busi memercikkan bunga api sehingga terjadi pembakaran yang menyebabkan *piston* bergerak dari TMA ke TMB.

4) Langkah Buang

a. *Piston* bergerak dari TMB ke TMA.

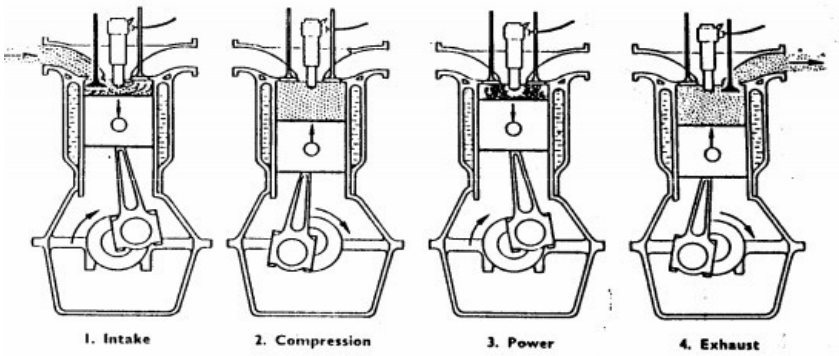
b. Katup hisap tertutup.

c. Katup buang terbuka.

d. *Piston* mendorong gas sisa hasil pembakaran keluar.

2.3.2 Prinsip Kerja Motor Diesel

Pembakaran pada motor diesel terjadi karena bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder terbakar dengan sendirinya akibat tingginya suhu udara kompresi dalam ruang bakar. Untuk membantu pemahaman tentang prinsip kerja motor diesel, perhatikan dan pahami pada Gambar 2.2 siklus kerja motor diesel 4 langkah berikut ini:



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Motor Diesel

1) Langkah Hisap

   a. *Piston* bergerak dari TMA ke TMB.

   b. Katup hisap terbuka.

   c. Katup buang tertutup.

   d. Terjadi kevakuman dalam silinder, yang menyebabkan udara murni masuk ke dalam silinder.

2) Langkah Kompresi

   a. *Piston* bergerak dari TMB ke TMA.

   b. Katup hisap tertutup.

   c. Katup buang tertutup.

   d. Udara dikompresikan sampai tekanan dan suhunya menjadi 30 kg/cm^2 dan 500°C.

3) Langkah Usaha

   a. Katup hisap tertutup.

   b. Katup buang tertutup.

   c. Injektor menyemprotkan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran

yang menyebabkan *piston* bergerak dari TMA ke TMB.

4) Langkah Buang

a. *Piston* bergerak dari TMB ke TMA.

b. Katup hisap tertutup.

c. Katup buang terbuka.

d. *Piston* mendorong gas sisa pembakaran keluar.

2.3.3 Urutan Pengapian (*Firing Order*)

Firing order diperlukan pada setiap mesin yang mempunyai silinder lebih dari satu. Pada mesin 4 langkah, satu siklus pembakaran menempuh jarak 2 kali putaran mesin atau 720º sehingga pengapian pada mesin 2 silinder terjadi setiap 360º sekali. Pada mesin mobil biasa yang biasanya hanya terdiri atas 4 silinder, *firing-order* yang paling umum adalah 1-3-4-2 karena urutan itu memberikan getaran yang paling rendah. Dalam menentukan *firing-order* di mesin mobil, selain getaran, pertimbangan penting juga diberikan pada karakteristik *power* yang didapat pada setiap kemungkinan *firing-order*. Kemungkinan *firing order* yang memberikan karakteristik *power* dan torsi yang berbeda.

Firing order dan diagram kerja motor biasanya berfungsi untuk mengetahui bagaimana tiap silinder harus melakukan langkah hisap-kompresi-usaha-buang secara urut dan tetap. Untuk mencapai proses pembakaran pada tiap-tiap silinder tidak dibuat serentak melainkan dibuat bergantian. Urutan dari proses kerja tiap silinder ini disebut *firing order*. Misalnya diketahui suatu kendaraan mempunyai *firing order* 1-3-4-2, pengertiannya adalah setelah silinder 1 melakukan langkah

kompresi maka selanjutnya akan disusul langkah kompresi pada silinder 3, kemudian silinder 4 dan kemudian silinder 2.

Jika silinder pertama 0° - 180° adalah langkah usaha, 180° - 360° adalah langkah buang, 360° - 540° adalah langkah hisap, dan 540° - 720° adalah langkah kompresi. Maka Silinder ke 3 dimulai pada 180° - 360° langkah kompresi, dan langkah selanjutnya dengan selisih derajat poros engkol 180°, berikutnya silinder 4 dimulai dari 360° - 540° sebagai langkah hisap, sedangkan silinder 2 dimulai pada 540° - 720° sebagai langkah buang dan disusun menurut urutan pengapian untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Urutan Pengapian (Daryanto, 2010; Boentarto, 2006)

0°	180°	360°	540°	720°
Silinder I	Usaha	Buang	Hisap	Kompresi
Silinder II	Buang	Hisap	Kompresi	Usaha
Silinder III	Kompresi	Usaha	Buang	Hisap
Silinder IV	Hisap	Kompresi	Usaha	Buang

Tabel 2.1 terlihat bahwa setelah langkah kompresi pada sudut 180° poros engkol, akan terjadi langkah yang sama pada silinder berikutnya sesuai dengan urutan pengapian dengan jarak pengapian 180° dan seterusnya. Dalam kenyataannya besar sudut dari setiap langkah tidak sebesar 180° poros engkol, melainkan ada kurang dan ada yang lebih, dibuat demikian agar kerja dapat berjalan lebih sempurna, besarnya saat pengapian (*Ignition Timing*) untuk setiap

jenis motor akan berbeda, akan tetapi pada garis besarnya adalah sama. *Firing order* biasanya ditentukan dengan mempertimbangkan jumlah silinder dan getaran yang mungkin timbul. *Firing order* tiap-tiap mesin berbeda tergantung dari masing-masing produsen mesin.

2.4 Jenis-Jenis Motor Bakar

2.4.1 Motor Bakar Berdasarkan Bahan Bakarnya

Berdasarkan proses penyalaan bahan bakarnya, Motor Bakar dibedakan, yaitu :

1) Motor Diesel. Di dalam motor diesel, penyalaan bahan bakar terjadi dengan sendirinya karena bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder yang berisi udara yang bertekanan dan bersuhu tinggi. Motor diesel ini disebut juga dengan sebutan *Compression Ignition Engine* (CIE), sistem penyalaan inilah yang menjadi perbedaan pokok antara motor bensin dengan motor diesel.
2) Mesin bensin atau motor bensin dikenal dengan mesin "*Otto*" atau mesin "*Beau Des Rochas*". Pada motor bensin, penyalaan bahan bakar dilakukan oleh percikan bunga api listrik dari antara ke dua elektroda busi. Oleh sebab itu, motor bensin dikenal juga dengan sebutan *Spark Ignition Engine* (SIE).

2.4.2 Motor Bakar Berdasarkan Tempat Pembakarannya

Jika ditinjau dari cara memperoleh sumber energi panas, jenis motor bakar dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1) Mesin pembakaran luar (*external combustion engine*). Mesin pembakaran luar adalah mesin dimana proses pembakaran terjadi diluar mesin, energi

termal dari hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui beberapa dinding pemisah. Contohnya adalah mesin uap.

2) Mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Mesin pembakaran dalam adalah mesin dimana proses pembakaran berlangsung di dalam mesin itu sendiri, sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Mesin pembakaran dalam ini umumnya dikenal dengan sebutan motor bakar. Contoh dari mesin kalor pembakaran dalam ini adalah motor bakar torak dan turbin gas.

2.4.3 Motor Bakar Berdasarkan Langkah Kerjanya

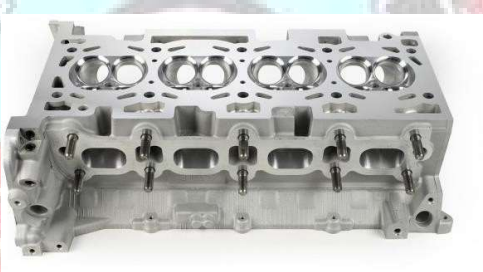
Berdasarkan siklus langkah kerjanya, motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

1) Motor dua langkah. Pengertian dari motor dua langkah adalah motor yang pada dua langkah *piston* (satu putaran engkol) sempurna akan menghasilkan satu tenaga kerja (satu langkah kerja).
2) Motor empat langkah. Pengertian dari motor empat langkah adalah motor yang pada setiap empat langkah *piston* (dua putaran sudut engkol) sempurna menghasilkan satu tenaga kerja (satu langkah kerja).

2.5 Komponen-Komponen Motor Bakar

2.5.1 Kepala Silinder

Kepala silinder dibuat dibagian atas kepala silinder (Gambar 2.3). Terdapat ruang bakar berbentuk cekungan, di kepala silider juga terdapat lubang-lubang untuk pemasangan busi dan mekanisme katup. Antara kepala silinder dengan silinder diselipkan gasket. Fungsi gasket adalah untuk mencegah kebocoran-kebocoran gas dari dalam silinder. Material gasket harus tahan temperatur tinggi, biasanya terbuat dari plat tembaga yang dilapisi asbes.



Gambar 2.3 Kepala Silinder

Ruang bakar yang terdapat pada kepala silinder adalah tempat proses pembakaran, sehingga kepala silinder harus terbuat dari material yang tahan pada temperatur dan tekanan tinggi. Material yang digunakan adalah besi cor atau paduan aluminium yang dapat membatasi pemuian. Sama halnya dengan blok silinder, kepala silinder juga ada yang dilengkapi dengan mantel air yang terhubung dengan mantel air yang ada pada blok silinder. Mesin yang berpendingin udara pada kepala silindernya dipasang sirip-sirip untuk pendinginan.

2.5.2 Torak

Torak adalah komponen mesin yang paling pertama menerima energi dari pembakaran. Energi tersebut kemudian diteruskan dengan batang torak. Sambungan antara torak dengan batang torak digunakan pen torak. Posisi sambungan antara torak dengan batang torak dengan pen torak diusahakan tidak pada satu garis dengan posisi poros engkol *(offset engine),* kalau kondisi ini tidak dicermati mengakibatkan gaya dorong dari pergerakan torak akan besar di dinding menyebabkan dinding aus sebagian.

Untuk mencegah kebocoran dari ruang silinder yang bertekanan tinggi, pada torak dipasang cincin torak. Cincin torak berfungsi sebagai perapat dan tempat saluran pelumas, untuk melumasi dinding silinder. Torak bekerja pada beban tinggi yaitu temperatur dan tekanan tinggi, dengan alasan tersebut torak akan mengalami pemuaian sehingga bisa bersinggungan dengan dinding silinder. Kondisi tersebut sangat merugikan karena dinding silinder akan cepat aus, untuk mengatasi kondisi tersebuat antara dinding dengan torak diberi jarak atau celah sehingga pada waktu torak mengalami pemuaian masih ada tempat, kontak langsung dengan dinding silinder dapat dihindari.

Pada Gambar 2.4 bagian paling atas adalah kepala torak, biasanya permukaannya datar, tetapi ada pula yang berbentuk cekungan atau cembungan. Bentuk-bentuk permukaan dari kepala torak difungsikan untuk membantu *turbulensi* pada waktu kompresi, sehingga campuran udara bahan bakar lebih homogen. Pada bagian atas torak juga terdapat celah-celah untuk pemasangan *ring* torak dan bentuk *bos* dibagian tengah torak fungsinya untuk dudukan pen torak.

Gambar 2.4 *Piston*

Dengan alasan torak bekerja pada daerah bertemperatur dan bertekanan tinggi serta pada kecepatan tinggi, material torak harus mempunyai kekuatan yang tinggi. Besi cor banyak digunakan tetapi berat, untuk menggantinya digunakan paduan aluminium yang lebih ringan dan konduktifitas panasnya lebih baik. Kelemahan dari paduan aluminium adalah mudah memuai, sehingga pada suhu tinggi ukuran *piston* mejadi lebih besar, hal ini sangat tidak menguntungkan. Untuk mengatasinya bentuk *piston* dibuat tidak sama, pada bagian bawah dibuat lebih kecil, sehingga pada waktu memuai bentuknya sama.

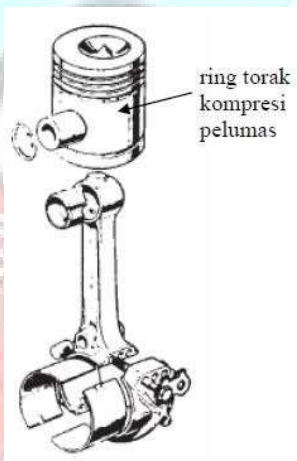
Pada penjelasan terdahulu bahwa antara torak dan dinding silinder terdapat celah *(clearence)* yang berfungsi sebagai ruang muai torak. Celah ini bisa menimbulkan masalah yaitu kebocoran gas pada waktu langkah kompresi dan tenaga. Untuk mengatasi hal tersebut pada torak diberi seal atau perapat sehingga kebocoran dapat dihindari. Perapat tersebut berbentuk cincin. Adapun fungsi cincin torak secara umum adalah sebagai berikut.

1) Menjaga agar gas tidak keluar silinder selama langkah kompresi atau langkah tenaga. Pada langkah ini perbedaan antara tekanan dalam silinder dengan luar

silinder sangat besar sehingga ada kemungkinan gas bisa keluar melalui celah-celah antara *piston* dengan silinder.

2) Sebagai komponen pelumasan yaitu ring *piston* akan mengikis minyak pelumas di dinding silinder adan sekaligus mencegah minyak pelumas masuk ke ruang bakar.

3) Karena ring *piston* bersingungan langsung dengan dinding silinder, maka ring piston bisa sebagai media untuk menyalurkan panas dari *piston* ke dinding silinder.



Gambar 2.5 Torak dan Batang Penghubung

Material cincin torak terbuat dari besi cor khusus, berbentuk lingkaran berdiameter lebih besar dari diameter *piston*, untuk memudahkan pemasangan pada torak cincin torak dipotong. Ada beberapa model potongan yaitu ; [1] *butt joint*, [2] *angle joint*, dan [3] *gap joint*. Celah sambungan *(gap joint)* harus disesaikan dengan sepesifikasi mesin. Bila celah sambungan terlalu besar akan mengakibatkan kebocoran gas, bila terlalu kecil ujung-ujungnya akan bersentuan

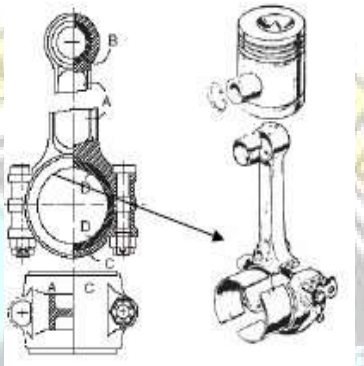
dan apabila memuai akan merusak ring *piston*. Cincin torak terbagi dua yaitu cincin kompresi dan cincin minyak

1) Cincin kompresi berfungsi untuk mencegah gas keluar pada saat langkah kompressi dan ekspansi. Cincin kompresi dipasang berurutan pada posisi atas torak. Potongan cincin diposisikan antara satu dengan yang lainnya pada posisi 120°, atau 180°, dengan maksud untuk untuk mencegah terjadinya kebocoran.
2) Cincin minyak berfungsi untuk mengikis kelebihan oli pada dinding silinder dan untuk mecegah agar minyak pelumas tidak memasuki ruang bakar.

Batang torak atau batang penerus *(conecting rod)* adalah komponen yang meneruskan tenaga dari torak ke poros engkol. Dengan batang torak ini gerakan torak yaitu translasi bolak-balik diubah menjadi gerakan rotasi pada poros engkol. Bentuk dari batang torak dapat dilihat pada Gambar 2.6. Bagian ujung yang disambung dengan pen pada torak berbentuk lebih kecil dan ujung satunya yang terhubung langsung dengan poros engkol berbentuk lebih besar. Pada bagian ujung yang besar dibuat dalam bentuk split dan dipasang pada pin engkol dengan baut-baut yang dibuat dari logam khusus.

Sama dengan torak, batang torak juga bekerja pada beban tinggi secara berulang-ulang. Temperatur pada batang torak juga masih tinggi karena bersinggungan langsung dengan torak. Dengan alasan tersebut batang torak dibuat dengan baja khusus.

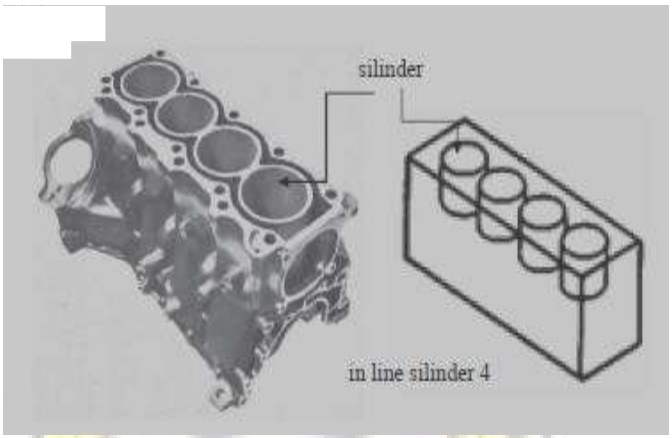
Pada ujung kecil sampai ujung besar dari batang torak diberi lubang pelumas untuk melumasi bagian bagian dari batang torak mulai dari pen torak sampai pada pin engkol. Pada ujung kecil sistem pelumasanya dengan percikkan. Pada bagian ujung besar dipasang bantalan untuk mencegah keausan.



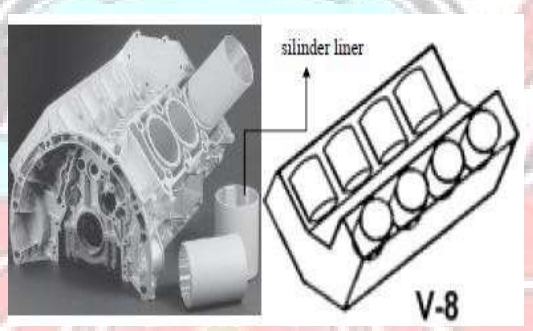
Gambar 2.6 Kontruksi dari Batang Penghubung

2.5.3 Blok Silinder

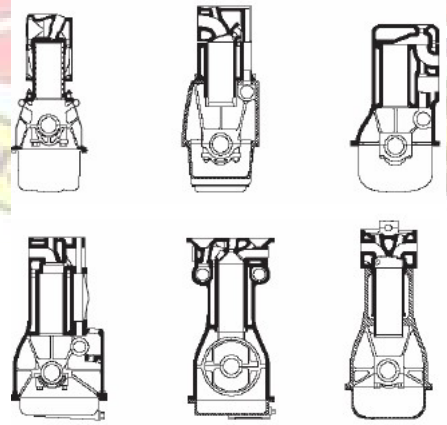
Blok silinder adalah bentuk dasar dari mesin, terbuat dari material besi cor, tetapi bisa juga dengan paduan aluminium dengan tujuan mengurangi berat mesin (Gambar 2.7). Susunan silinder dipasang pada blok silinder, kepala silinder menutup bagian atas, bagian bawah terdapat bak engkol tempat tumpuan poros engkol sumbu nok dan mekanik katup. Untuk mobil berpendingin air, pada blok silinder terdapat lubang-lubang yang merupakan mantel air tempat sirkulasi air pendingin yang mengelilingi susunan silinder. Pada sisi blok dipasang kelengkapan-kelengkapan mesin seperti *starter*, *alternator*, pompa bensin dan *distributor*.



Gambar 2.7 Blok Silinder Model *In Line* (Habe, 2009)

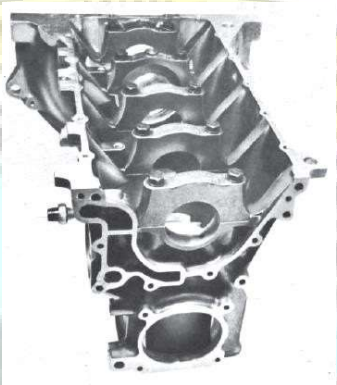


Gambar 2.8 Blok Silinder Model V-8 (Habe, 2009)



Gambar 2.9 Model Susunan Blok Silinder (Habe, 2009)

Bak engkol terdapat pada bagian bawah blok silinder mesin (Gambar 2.10). Pada bak engkol terdapat bantalan untuk tumpuan poros engkol. Sumbu nok juga ada yang dipasang paralel dengan poros engkol . Pada bagian bawah bak engkol terdapat *oil pan* atau karter. Karter berguna untuk menampung minyak pelumas mesin dan terbuat dari baja press.

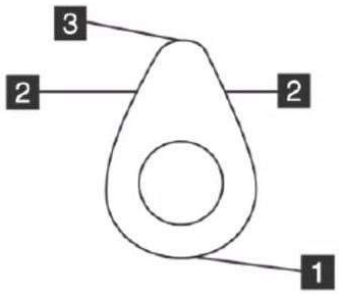


Gambar 2.10 Bak Engkol (Habe, 2009)

2.5.4 Poros Cam

Camshaft digerakkan oleh roda gigi *crankshaft.* Bila *camshaft* berputar maka *cam lobe* berputar. Komponen *valve* (katup) yang terhubung ke *camshaft* akan ikut bergerak naik turun. Putaran *camshaft* adalah setengah putaran *crankshaft* sehingga *valve* membuka dan menutup pada waktu yang tepat selama proses empat langkah.

Bagian *camshaft* yang mendorong *valve* adalah *camshaft lobe*. Masing-masing *lobe* mengoperasikan *intake* dan *exhaust valve* untuk setiap silinder. Beberapa *cam* memiliki *lobe* untuk menyemprotkan bahan bakar. *Lobe* ini akan menekan unit *injektor*. *Lobe* tersebut akan mengatur kapan bahan bakar disemprotkan ke *combustion chamber*.



Gambar 2.11 *Cam Lobe*

Setiap *lobe* terdiri dari tiga bagian utama yaitu:

1) *Base Circle*
2) *Ramps*
3) *Nose*

Jarak dari *base circle* ke puncak *nose* disebut *lift*. *Cam lift* menentukan seberapa jauh *valve* dibuka. Selain itu bentuk kelandaian *ramps* juga menentukan kecepatan membuka dan menutup *valve*, sedangkan bentuk *nose* akan menentukan berapa lama *valve* tersebut membuka penuh.

Gambar 2.12 *Camshaft*

2.5.5 Poros Engkol

Crankshaft fungsinya sama dengan batang torak yaitu meneruskan tenaga dari torak. Bedanya batang torak melakukan gerakan gabungan translasi dan rotasi, poros engkol hanya bergerak rotasi saja. Adapun kontruksi dari poros engkol dapat dilihat pada gambar. Jadi bagian bagian dari poros engkol adalah *crank journal* yang ditumpu pada *crankcase* dengan bantalan dan merupakan pusat tumpuan dan putaran. *Crank pin* adalah komponen dari poros engkol dimana batang torak dipasang. Antara *crank journal* dengan *crank pin* dihubungkan dengan *crank arm.*

Gambar 2.13 Poros Engkol

Pada bagian ujung dari poros engkol dibuat alur untuk pemasangan dari roda gigi timing untuk menggerakan sumbu nok *(camshaft)* dan puli untuk menggerakan pompa dan generator. Bagian ujung satunya dipasang roda gaya atau roda penerus. Pada mesin segaris jumlah *crank pin* sama dengan jumlah silinder dan untuk bentuk V jumlahnya adalah setengahnya. Jumlah *crank jurnal* bertambah banyak pada mesin putaran tinggi atau beban tinggi. Putaran poros engkol bervariasi dari putaran rendah sampai putaran tinggi. Beban yang

ditanggung oleh poros engkol tidak hanya dari putaran, tetapi juga dari dorong aksial batang penerus, akibatnya poros engkol akan bergetar dan cenderung tidak stabil, bantalan akan cepat aus. Pada mesin multi silinder kondisi ini diatasi dengan mengatur posisi *crank pin* tidak pada satu garis dengan *crank jurnal*, tetapi membentuk sudut tertentu. Disamping itu, pada poros engkol juga dipasang massa penyeimbang *(balance weight)* untuk menyerap energi yang berlebih.

Untuk mengurangi getaran dan pembebanan yang tidak merata, urutan pembakaran juga harus diatur sehingga mempunyai waktu yang sama setiap dua putaran poros engkol. Dengan pengaturan tersebut, langkah tenaga menjadi teratur dan dorongan batang torak ke poros engkol bergantian dengan teratur.

2.5.6 Roda Gaya

Pada mesin 4 tak dalam satu siklus kerja dengan dua putaran poros engkol hanya ada satu langkah tenaga. Ini berarti poros engkol mendapatkan tenaga putar dari langkah tenaga saja, untuk langkah lainnya memerlukan tenaga. Agar dapat bekerja untuk langkah lainya, poros engkol harus dapat menyimpan energi dari langkah tenaga. Bagian komponen mesin yang berfungsi menyimpan energi atau tenaga putar ini disebut roda gaya atau roda penerus. Roda penerus dipasang pada ujung poros engkol dan dilengkapi dengan *ring gear* yang akan dihubungkan dengan gigi *pinion starter*.

Roda penerus berbentuk piringan dan terbuat dari material besi cor. Bagian tepi roda penerus biasanya memiliki cincin bergerigi untuk pertautan dengan roda gigi motor *starter* pada saat motor dihidupkan. Karena itu tanpa roda penerus

hampir tidak mungkin menghidupkan mesin. Kalaupun hidup, putaran mesin menjadi tidak teratur. Bobot yang dimiliki roda penerus inilah yang menyebabkan putaran poros engkol mantap dan halus. Bobot roda gila pada mesin mobil penumpang berkisar 7,5 - 50 kg.

Pada mesin 4 tak dalam satu siklus kerja dengan dua putaran poros engkol hanya ada satu langkah tenaga. Ini berarti poros engkol mendapatkan tenaga putar dari langkah tenaga saja, untuk langkah lainnya memerlukan tenaga. Agar dapat bekerja untuk langkah lainya, poros engkol harus dapat menyimpan energi dari langkah tenaga. Bagian komponen mesin yang berfungsi menyimpan energi atau tenaga putar ini disebut roda gaya atau roda penerus.

Gambar 2.14 Roda Gaya

2.5.7 Mekanisme Katup

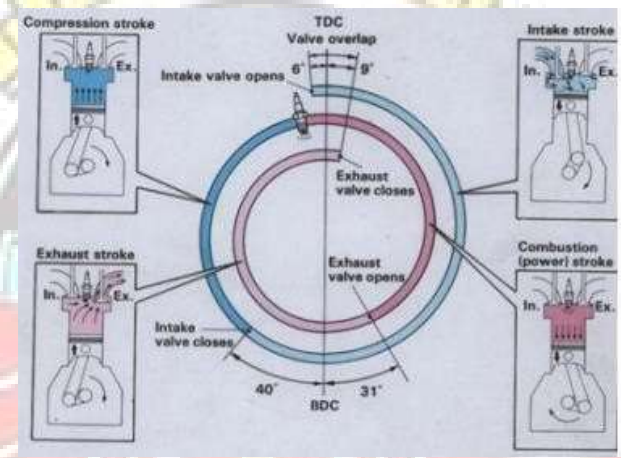
Katup merupakan komponen mesin yang berfungsi sebagai laluan udara dan bahan bakar masuk silinder (katup masuk) atau sebagai laluan gas sisa pembakaran keluar silinder (katup keluar). Untuk mengatur membuka dan menutupnya katup diperlukan mekanisme katup. Mekanisme katup pada sebuah

mesin mobil terdiri dari katup, pegas katup, *rocker arm*, poros nok, dan mekanisme penghubung dengan poros engkol. Penghubung dengan poros engkol dapat berupa *timing belt*, *timing chain*, atau *timing gear*. Secara umum katup berfungsi untuk membuka dan menutup saluran masuk dan saluran buang. Keadaan ini akan berlangsung selama proses kerja mesin berlangsung.

Seperti diketahui proses kerja mesin 4 langkah terdiri dari langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja atau usaha dan langkah buang. Keempat langkah ini akan terus berlangsung secara terus menerus selama mesin hidup. Di dalam rangkaian langkah mesin 4 langkah tersebut terdapat waktu pembukaan katup. Waktu pembukaan katup atau *valve timing* akan sangat mempengaruhi kinerja mesin. Waktu pembukaan katup akan dipengaruhi oleh konstruksi (sudut poros nok *camshaft*). Semakin besar diameter atau sudut pembukaan pada poros nok akan semakin lama katup terbuka dan sebaliknya. Untuk diketahui bahwa pada dasarnya katup hisap dan katup buang membuka dan menutup tidak tepat pada saat piston berada di "0" derajat saat TMA atau TMB. Tetapi kedua katup ini dibuat terbuka lebih awal beberapa derajat dan akan tertutup lebih akhir setelah beberapa derajat.

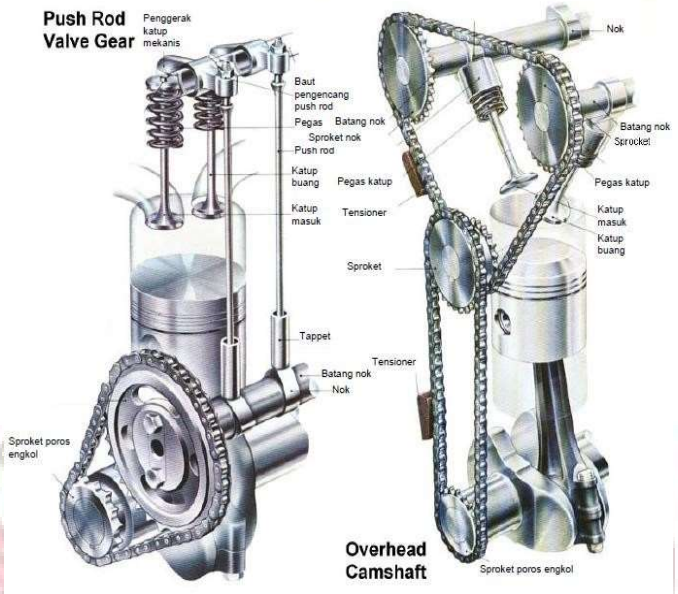
Pembukaan katup lebih awal disebut pembukaan awal, sedangkan penutupan lebih akhir disebut penutupan susulan. Pembukaan awal dan penutupan susulan memiliki tujuan penting dalam sebuah mesin. Tujuan pembukaan awal dan penutupan susulan adalah untuk meningkatkan *efisiensi volumetrik* campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder dan agar gas buang dapat keluar dari ruang bakar dengan sempurna.

Adanya pembukaan awal dan penutupan susulan pada kedua katup masuk dan buang ini maka akan terjadi *overlapping*. *Overlapping* merupakan kondisi dimana katup masuk dan katup buang terbuka bersamaan. *Overlapping* bertujuan untuk terjadinya pembilasan ruang bakar, bahan bakar dan udara baru yang masuk ke dalam ruang bakar akan membantu mendorong keluar gas sisa pembakaran. Ini akan memberikan hasil ruang bakar yang benar-benar bersih



Gambar 2.15 Diagram Katup

Diagram di atas memperlihatkan kapan katup masuk terbuka dan tertutup. Selain itu diagram juga menjelaskan kapan katup buka terbuka dan tertutup. Serta memperlihatkan kapan terjadinya *overlapping*. Pada gambar di atas durasi katup masuk terbuka adalah $6^o + 180^o + 40^o = 226^o$. Sementra itu, lamanya katup buang terbuka adalah $31^o + 180^o + 9^o = 220^o$. Untuk durasi *overlapping* sendiri adalah adalah $6^o + 9^o = 15^o$.



Gambar 2.16 Mekanisme Katup (Habe, 2014)

Katup merupakan komponen mesin yang berfungsi sebagai laluan udara dan bahan bakar masuk silinder (katup masuk) atau sebagai laluan gas sisa pembakaran keluar silinder (katup keluar). Jadi fungsi katup ialah untuk mengatur pemasukan gas baru ke dalam silinder, dan pengeluaran gas sisa ke luar silinder. Untuk mengatur membuka dan menutupnya katup tersebut maka diperlukan mekanisme katup, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.16. Mekanisme katup terdiri dari (1) *rocker arm* (2) katup, (3) dudukan katup, (4) pengarah katup, (5) pegas katup, (6) penahan pegas, (7) pengunci, dan (8) *seal* katup.

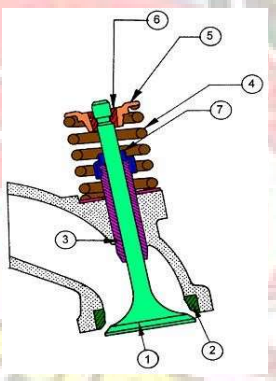
1) Rocker Arm

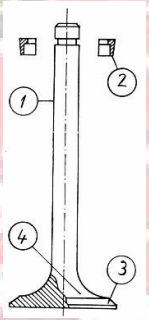
Rocker Arm adalah salah satu komponen mekanisme katup yang berfungsi sebagai pengungkit yang berguna untuk mengungkit katup agar dapat terbuka dan tertutup. Saat katup terbuka, hal tersebut dikarenakan *rocker arm* terdorong

sehingga menekan katup sehingga katup dapat terbuka. Namun saat *rocker arm* tidak tertekan maka pegas katup akan mengembalikan katup ke posisi semula atau menutup rapat agar tidak terjadi kebocoran.

Gambar 2.17 *Rocker Arm*

2) Katup





1. Batang katup
2. Pengunci
3. Dudukan daun katup
4. Daun katup

Gambar 2.18 Mekanisme Katup (Habe, 2014)

Gambar 2.19 Bagian-Bagian Katup (Habe, 2014)

Pada saat katup bekerja, maka pembebanan:

a) Pada daun katup, terjadi tumbukan dengan dudukannya

b) Keausan pada batang katup karena gesekan

c) Panas pada katup buang sampai 800° C

Oleh karena itu konstruksi setiap katup berbeda-beda.

a) Katup hisap

- Terbuat dari satu logam (baja *khrom* – silikon)
- Diameter daun katup masuk lebih besar daripada katup buang, dengan memperbaiki pengisian silinder
- Bagian dudukan dan ujung batang katup diperkeras untuk mengurangi/memperkecil keausan

b) Katup buang

- Batang katup dari baja yang mempunyai sifat luncur yang baik
- Daun katup dari baja yang tahan panas (temperatur sampai 800° C)

3) Pegas Katup

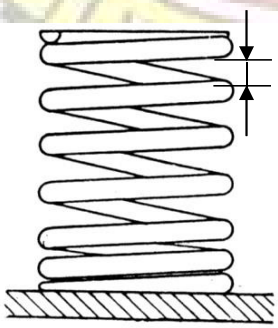
Pegas katup adalah sebuah pegas spiral yang bekerja membuka, dan menutup saluran masuk maupun saluran keluar.

Fungsi:

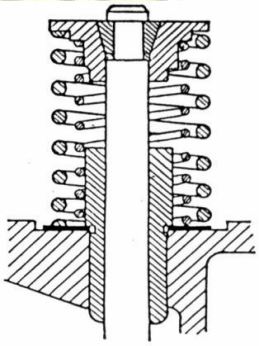
a) Untuk mengatur agar katup rapat dengan dudukannya

b) Sebagai pegas pengembali

Pegas katup tunggal



Pegas katup ganda

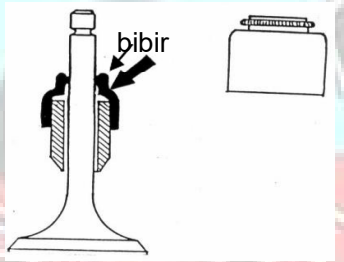


Gambar 2.20 Pegas Katup (Habe, 2014)

Bila pegas katup lemah maka katup akan bergetar, pada putaran tinggi katup tidak akan menutup rapat, melainkan akan melompat-lompat, sehingga daya motor berkurang. Bila pegas katup terlalu kuat maka keausan pada penggerak katup akan besar, tuas-tuas katup bisa patah.

4) *Seal* Katup

Kegunaan *seal* katup ialah untuk mencegah minyak pelumas mengalir ke saluran masuk atau buang. Konstruksi umum *seal* katup dapat dilihat pada gambar.



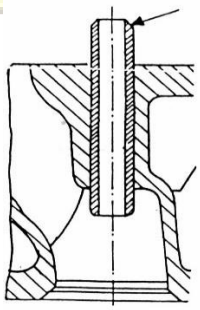
Gambar 2.21 *Seal* Katup (Habe, 2014)

5) Penghantar Katup

Kegunaan:

a) Mengantar batang katup pada kepala silinder

b) Memindahkan panas dari katup ke kepala silinder



Gambar 2.22 Pengantar Katup (Habe, 2014)

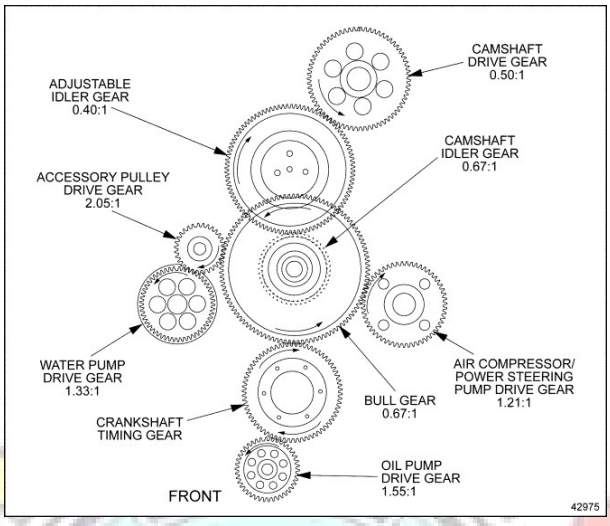
Pengantar katup terbuat dari Besi tuang khusus atau campuran tembaga (*bronse*). Keausan pada batang dan pengantar katup menyebabkan daun katup tidak rapat lagi (kocak), pemakaian oli boros (oli akan terisap melalui pengantar katup).

2.5.8 Gear Train Assembly

Gear Train Assembly dihubungkan untuk memindahkan tenaga dari *crankshaft* ke komponen-komponen lain dari mesin. *Gear train assembly* bisa berada di bagian depan dan belakang mesin. *Gear train assembly* menyelaraskan kerja komponen-komponen mesin lainnya pada setiap langkah kerja mesin.

Komponen *gear train* antara lain:

1) Roda gigi *crankshaft* (*crankshaft gear*)
2) Roda gigi *idler* (*idler gear*)
3) Roda gigi *camshaft* (*camshaft gear*)
4) Roda gigi *fuel injection pump* (*fuel injection pump gear*)
5) Roda gigi pompa oli (*oil pump gear*)
6) Roda gigi pompa air (*water pump gear*)
7) Roda gigi kompresor udara (*air compressor gear*)



Gambar 2.23 Komponen *Gear Train*

2.6 Sistem Penggerak

2.6.1 Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana yang ketahui bahwa: kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama, tarik-menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.

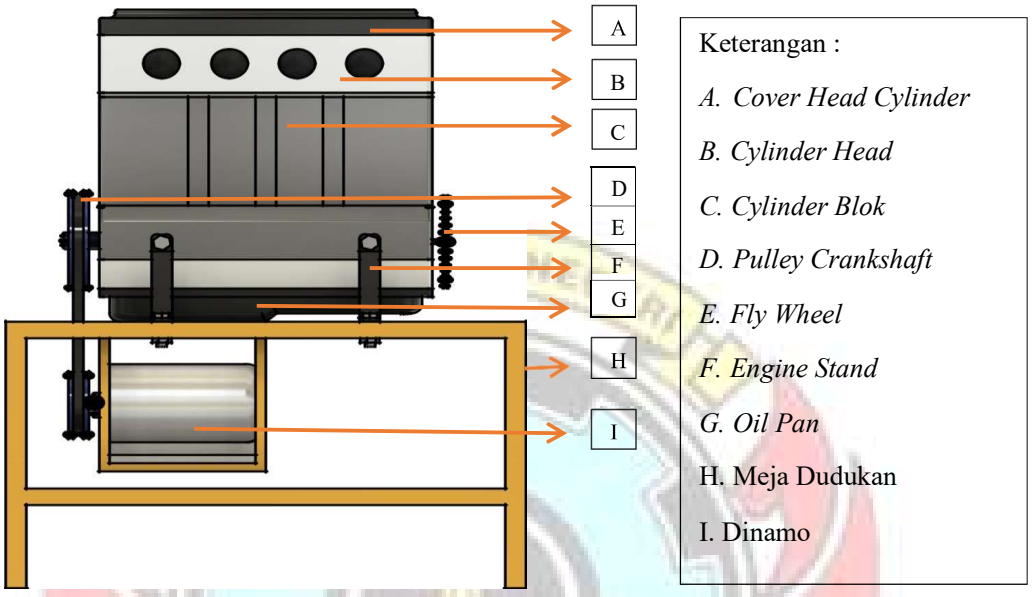
Gambar 2.24 Motor Listrik

2.6.2 Engkol Penggerak

Engkol penggerak adalah sebuah lengan yang terpasang di sudut kanan ke poros berputar dimana gerakan melingkar yang disampaikan atau diterima dari poros yang digabungkan dengan batang penghubung dapat digunakan untuk mengubah gerak melingkar menjadi gerak bolak – balik, atau sebaliknya. Dalam hal ini tangan berfungsi sebagai batang penghubung yang menerapkan gaya bolak-balik engkol.

Gambar 2.25 Engkol Penggerak

2.7 Desain Alat Simulasi



Gambar 2.26 Desain Alat Simulasi

Desain gambar atau gambar kerja yang biasa juga disebut Detail *Engineering Design* adalah gambar rancangan secara lengkap yang digunakan menjelaskan secara detail tentang alat yang akan dibuat dan merupakan dokumen perencanaan yang paling utama. Kelengkapan gambar sangat berpengaruh dalam kecepatan pelaksanaan fisik. Semakin baik dan lengkap gambar kerja akan mempermudah proses pekerjaan dan mempercepat dalam penyelesaian pekerjaan. Pada alat simulasi yang akan dibuat desain gambar digunakan sebagai acuan untuk dikerjakan dilapangan, dan harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dimengerti dalam pelaksanaan pekerjaannya.

BAB III

METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan dan perancangan alat simulasi motor bakar 4 langkah dilakukan dirumah dan bengkel otomotif teknik mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang dilaksanakan mulai pertengahan bulan Februari sampai dengan bulan Agustus 2021.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam rancang bangun alat simulasi motor bakar 4 langkah terdiri dari:

1) Laptop
2) 1 set kunci - kunci
3) Amplas
4) Gergaji besi
5) Dinamo listrik
6) Mesin bor mini
7) Mesin gerinda
8) Mesin las listrik
9) Mesin bor listrik
10) Kompresor
11) Tang *rivet*
12) Spidol
13) Gunting plat
14) Mistar
15) Rol meter
16) Penggaris siku
17) *Waterpass*
18) Terminal elektrik
19) Kuas

3.2.2 Bahan

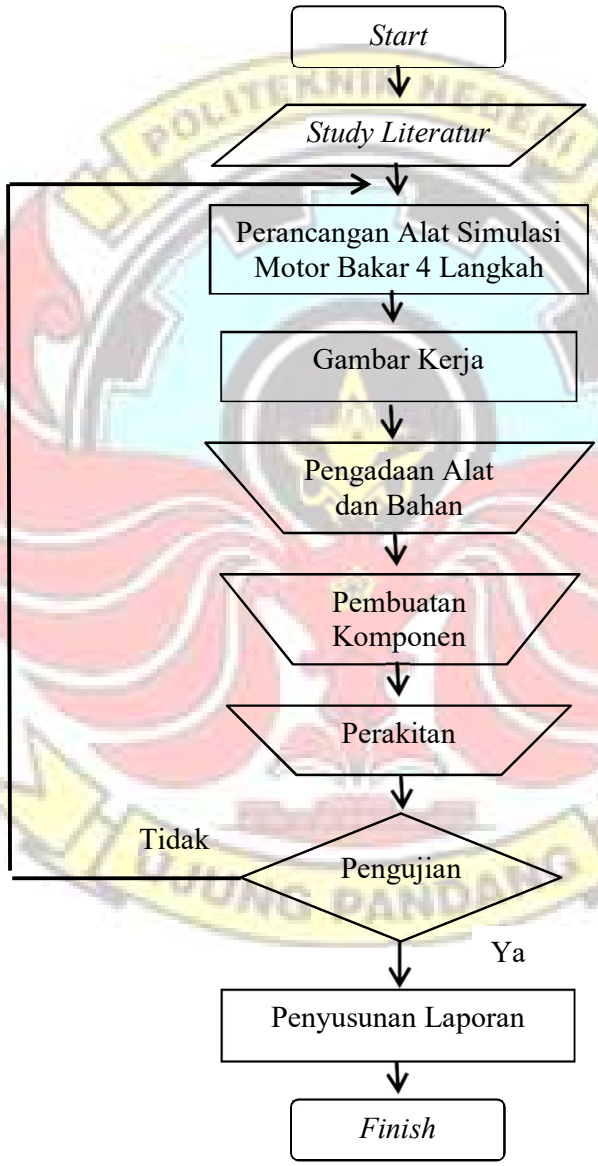
Bahan yang digunakan dalam rancang bangun alat simulasi motor bakar 4 langkah terdiri dari :

1) Mata gerinda
2) Mata bor mini
3) Mata bor sikat kawat
4) Mata gergaji besi
5) Mata bor
6) Engsel
7) Sarung tangan
8) Kacamata las
9) Kacamata biasa
10) Paku *rivet*
11) Roda
12) Baut dan mur
13) Besi plat
14) Aluminium plat
15) Triplex
16) Besi siku
17) Akrilik
18) *Bearing*
19) Lem besi
20) Spanduk ket.gambar
21) Amplas
22) *Belt timing*
23) Besi *galvanis* 3 x 3
24) Besi *galvanis* 1,5 x 1,5
25) Bensin
26) Elektroda
27) Pilox
28) Cat warna
29) Kuas
30) *Thinner cat*
31) Dempul
32) *Belt* sambungan motor
33) Gigi *starter*
34) Pedal sepeda
35) Mesin Suzuki Jimny SJ410

3.3 Prosedur Kegiatan

3.3.1 Bagan Alur

Adapun bagan alir dalam prosedur kegiatan pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Bagan Alir

3.3.2 Perancangan

Adapun proses perancangan ialah membuat sketsa alat simulasi motor bakar 4 langkah dengan menggunakan aplikasi *fusion student* (gambar 3d).

3.3.3 Gambar Kerja

Adapun proses membuat gambar kerja ialah membuat desain gambar alat simulasi motor bakar 4 langkah, dapat digambarkan dalam bentuk dan ukuran yang sebenarnya dengan skala yang diperkecil menggunakan aplikasi *AutoCad*.

3.3.4 Pengadaan Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan itu ada beberapa yang dibeli dan juga ada beberapa yang di pinjam dari bengkel otomotif.

3.3.5 Pembuatan Komponen

Adapun yang akan dibuat yaitu :

1) Papan keterangan gambar
2) Dudukan mesin
3) Meja simulasi

3.3.6 Pemotongan

Adapun bagian mesin yang akan dipotong yaitu :

1) Blok silinder
2) Kepala silinder
3) *Water jacket*
4) Saluran oli

5) *Cover* kepala silinder

6) Karter

7) Saringan oli

3.3.7 Perakitan

Perakitan adalah proses penyusunan dan penyatuan bagian komponen menjadi alat atau mesin dengan fungsi tertentu, adapun komponen-komponen yang akan dirakit yaitu:

1) *Cover head* silinder
2) Kepala silinder
3) Blok silinder
4) *Oil pan*
5) F*lywheel*
6) Komponen dalam mesin
7) Dudukan mesin
8) Meja simulasi
9) Engkol penggerak
10) Komponen tambahan

3.3.8 Pengujian

Setelah melakukan perakitan alat simulasi motor bakar 4 langkah selanjutnya akan dilakukan tahap pengujian dimana kami akan mengetahui apakah alat ini berfungsi sebagaimana mestinya yang memperlihatkan proses kerja motor bakar 4 langkah dengan baik.

BAB IV

HASIL DAN DESKRPSI KEGIATAN

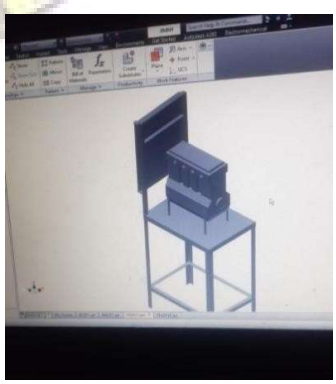
Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat yang selanjutnya akan dianalisa,untuk memperoleh hasil data yang dibutuhkan dan mengetahui kemampuan alat yang direncanakan apakah dapat bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan. Hasil yang menjadi tolak ukur keberhasilan dalam pembuatan alat tersebut. Hal ini dapat dilihat dari kualitas fisik produk dan proses saat pengujian. Pembahasan merupakan bagian paling penting yang berisi hasil analisis penelitian atau pengujian dari data-data yang telah diperoleh dan dibahas secara terperinci dan sistematis. Berikut hasil pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah sebagai media pembelajaran.

Gambar 4.1 Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah

4.1 Hasil

Dalam bab ini dapat diketahui hasil dari perancangan alat simulasi motor bakar 4 langkah juga bagaimana cara merakit komponen-komponen dan proses pemotongan mesin hingga dapat memperlihatkan komponen dan proses kerja yang terjadi didalamnya secara langsung.

Tabel 4.1 Hasil Perancangan Alat Simulasi

No	Proses Perancangan	Keterangan	Gambar Kerja
1.	Proses Persiapan Alat dan Bahan	Proses pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah sebagai media pembelajaran dilakukan secara bertahap. Dimulai dari persiapan alat dan bahan, kemudian persiapan pembuatan *engine cutting* dengan mempersiapkan unit mesin Suzuki Jimny SJ410 dan persiapan pembuatan dudukan mesin dan dudukan keterangan gambar.	
2.	Proses Penggambaran Sketsa	Semua komponen bagian luar mesin atau yang menutupi komponen bagian dalam akan digambar sketsa dan di *cutting*, pada saat penggambaran sketsa letaknya pun harus tepat agar komponen yang akan bergerak atau berputar bisa terlihat. Penggambaran sketsa juga dilakukan pada rancangan dudukan mesin dan dudukan keterangan gambar.	

3.	Proses Pembongkaran Mesin	Melepas semua komponen mesin yang ada pada mesin Suzuki Jimny SJ410. Proses *overhaul* mesin dilakukan dengan hati-hati dan selalu menerapkan prosedur pembongkaran mesin yang sudah dipelajari dalam proses perkuliahan. Setelah proses pembongkaran, komponen mesin akan dicuci agar menghilangkan bekas oli dan kotoran yang menempel.	
4.	Proses Pemotongan (*Engine Cutting*)	Proses *cutting* pada bagian mesin ini bertujuan untuk membuka komponen bagian luar agar komponen yang ada didalamnya bisa terlihat secara langsung saat bergerak dan berputar seperti: Blok silinder, kepala silinder, *cover* kepala silinder, saringan oli, dan bak oli. Untuk pemotongan bagian-bagian mesin tersebut menggunakan gerinda, grinder mini dan gergaji tangan.Proses pemotongan harus dilakukan dengan hati-hati dan menerapkan K3 seperti penggunaan peralatan *safety*.	

5.	Proses *Cunner engine*	Proses *cunner* sangat penting dilakukan untuk merapihkan dan menghaluskan permukaan setelah proses pemotongan agar permukan komponen tidak kasar dan tidak tajam. Proses cunner dilakukan menggunakan bor tangan, hanya mata bornya saja yang diganti menggunakan mata bor khusus *cunner,* dan untuk celah yang sempit menggunkan grinder mini dengan mata bor yang dapat menjangkaunya.	
6.	Proses Pembuatan Meja Dudukan Mesin dan Keterangan Gambar	Pembuatan meja dudukan dan penyangga mesin memakai besi siku untuk rangka dan keterangan gambar memakai besi *galvanish* yang dibentuk sesuai desain sketsa yang telah ditentukan, lalu berikan roda pada mejanya agar dapat mempermudah memindahkan alat peraga tersebut. Proses pembuatan meliputi pemotongan besi siku yang akan dibentuk seperti rangka meja, pengelasan untuk penyambungan bagian rangka, pemotongan plat besi untuk alas meja dudukan, pemotongan plat aluminium untuk menutupi sisi meja dudukan, pemotongan besi galvanis yang akan dibentuk sebagai dudukan keterangan gambar, dan pemotongan triplex untuk dinding keterangan gambar.	

7.	Proses Pembuatan Stand Motor Penggerak dan Penggerak Engkol	Pembuatan *stand* motor penggerak harus menyesuaikan atau sejajar dengan puli *crankshaft* agar *belt* berfungsi dengan baik dan harus kuat untuk menopang berat motor penggerak. Kemudian pembuatan engkol tangan dibuat dengan menggunakan mesin bubut untuk pembuatan porosnya dan harus sesuai dengan diameter *gear* penggerak dan *bearing* penahan.	
8.	Proses Pembersihan	Proses pembersihan komponen dilakukan secara bertahap dari membersihkan mesin dengan menggunakan *spoit* tekanan tinggi kompresor, membersihkan dengan air sabun, menggosok permukaan komponen dengan bensin lalu mengamplas agar menghilangkan kotoran debu, oli dan sisa cat lama yang masih menempel dikomponen mesin hingga terlihat bersih. Proses pembersihan juga dilakukan pada rangka dudukan mesin dan keterangan gambar dengan menggosok menggunakan amplas agar karatan pada besi bisa hilang dan mempermudah untuk proses pengecatan.	

9.	Proses Pengecetan	Pengecetan warna dilakukan untuk memperjelas fungsi pada tiap komponen tertentu misalnya *water jacket* berwarna biru untuk tempat aliran air pendingin mesin bersirkulasi, bak oli berwarna kuning untuk tempat penyimpanan oli. Pengecetan terdiri dari pengecetan dasar lalu pengecetan *finishing* memakai pilox dan bagian luar mesin memakai kuas untuk menjangkau celah yang sempit. Penggunaan cat perbandingan 3:1 cat dan tinner, kemudian tunggu sampai kering. Untuk pengecatan meja dudukan mesin dan dudukan keterangan gambar mendominasi warna biru, warna hitam untuk alas meja dudukan mesin, dan warna silver untuk sisi meja dudukan mesin.	
10.	Proses Perakitan	Merakit kembali komponen mesin yang telah selesai melalui proses *cutting* dan proses pengecetan pada posisi semula dilakukan dengan hati-hati dan memperhatikan setiap komponen terpasang dengan benar kemudian memasang di *engine stand* yang telah dibuat. Perakitan penggerak dinamo listrik dengan memasang *belt* ke puli *crankshaft,* perakitan penggerak engkol, dan perakitan keterangan gambar.	

11.	Proses *Finishing*	Penyelesaian atau penyempurnaan hasil dapat berupa pemeriksaan kembali alat, pengecatan ulang alat dengan hati-hati jika sisi permukaan masih ada yang kurang terlapisi oleh cat.	

4.2 Deskripsi Pembahasan

Proses pengujian alat simulasi motor bakar 4 langkah ini dilakukan setelah proses rancang bangun selesai. Pengujian alat simulasi motor bakar 4 langkah ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar keberhasilan dari alat tersebut, apakah dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dengan 2 opsi yaitu pengujian menggunakan penggerak dinamo listrik dan pengujian menggunakan engkol. Berikut ini adalah data yang diperoleh dari hasil pengujian.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Menggunakan Dinamo

NO	Percobaan	Spesifikasi	Keterangan
1	I	Tidak Bergerak	Tidak Baik
2	II	Tidak Bergerak	Tidak Baik
3	III	Bergerak 180º	Kurang Baik
4	IV	Bergerak Cepat	Kurang Baik

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Menggunakan Engkol

NO	Percobaan	Spesifikasi	Keterangan
1	I	Tidak Bergerak	Tidak Baik
2	II	Bergerak	Baik
3	III	Bergerak	Baik
4	IV	Bergerak	Baik

Keterangan :

1. Pada percobaan pertama hasil yang didapat; bahwa penggunaan penggerak dinamo dan engkol tidak dapat berjalan dengan kondisi komponen dalam *engine* lengkap terpasang.
2. Pada percobaan kedua hasil yang didapat; penggunaan penggerak dinamo tidak berjalan dan penggerak engkol dapat berjalan dengan baik pada kondisi *liner* silinder 3 dan 4 dilepas.
3. Pada percobaan ketiga hasil yang didapat; penggunaan penggerak dinamo hanya dapat bergerak 180° dan pada penggerak engkol dapat berjalan dengan baik dengan kondisi *metal* jalan *piston* dilepas.
4. Pada percobaan keempat hasil yang didapat; penggunaan penggerak dinamo sudah bisa bergerak tetapi putaran pada dinamo terlalu cepat sehingga mekanisme *engine* tidak dapat diamati dan pada penggerak engkol dapat bergerak dengan baik dengan kondisi *metal* jalan *crankshaft* dilepas, *ring piston* 1 dan 2 dilepas, pengikisan dinding silinder 1 dan 2.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka analisa yang didapat :

1. *Liner* silinder 3 dan 4 harus dilepas karena akibat dari potongan mesin, *liner* mengalami pengecilan diameter yang menjadikan piston tidak dapat bergerak.
2. *Liner* silinder 1 dan 2 harus dikikis sedikit karena akibat dari potongan mesin, *liner* mengalami pengecilan diameter pada TMA yang menyebabkan *piston* hanya bisa bergerak saat turun ke TMB
3. *Ring piston* 1 dan 2 dilepas agar mengurangi penyekatan antara *ring* dan *liner*
4. *Metal* jalan dilepas dengan tujuan untuk mempermudah putaran *crankshaft*

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa alat simulasi motor bakar yang dirancang dapat bergerak dengan baik, tetapi pada penggerak dinamo kecepatan putaran mengalami perputaran yang sangat cepat sehingga mekanisme tidak dapat terlihat jelas dan pada penggunaan penggerak engkol mekanisme dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Penggunaan motor listrik dapat digunakan jika penambahan alat yaitu *reducer gear box* yang dapat menurunkan kecepatan putaran motor listrik dan menaikkan daya atau torsi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1) Pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah dilakukan dengan cara memotong maupun membelah komponen – komponen yang menutupi bagian dalam mesin agar dapat terlihat jelas pergerakan komponen yang ada didalamnya saat mesin digerakkan sehingga mempermudah pemahaman mahasiswa tentang bagaimana mekanisme katup dan mesin 4 langkah bekerja.
2) Proses pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah dengan cara melakukan pemotongan maupun pembelahan komponen – komponen.
3) Proses pembuatan alat simulasi motor bakar 4 langkah dibuat sedemikian rupa agar dapat mempermudah pemahaman teori praktek dan penyampain materi pada mata kuliah motor bensin dasar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi dari pembuatan alat simulasi ini, maka penelitian menyarankan :

1) Saat penggunaan alat simulasi sebaiknya berikan oli terlebih dahulu pada komponen yang bergerak sebelum dioperasikan.

2) Untuk pengembangan selanjutnya disarankan penggunaan penggerak motor listrik ditambah dengan *reducer gear box* agar putaran mesin dapat diperlambat hingga mekanisme mesin dapat terlihat dengan baik

3) Untuk pengembangan disarankan penambahan komponen pendukung lainnya seperti sistem pengisian, sistem pendingin, dan sitem pengapian.

POLITEKNIK NEGERI
UJUNG PANDANG

DAFTAR PUSTAKA

Akhmadi, Amin Nur dan M Khumaedi Usman. 2014. *Analisa Proses Engine Cutting Simulation Daihatsu Charade. Jurnal Nozzle Volume 3,*(Online), 7 (2):41-44,(http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/nozzle/article/view/784), diakses 4 September 2021).

Arsyad, Muhammad. 2018. *Mekanisme Kinematika dan Dinamika Mesin dalam Industri Pertambangan*. Ed.revisi. Yogyakarta: Deepublish.

AswitoNR. 2014. Isuzu Training Center. *Mekanisme Mesin Diesel & Bensin*, (Online),7(https://www.scribd.com/document/336199142/Engine-Isuzu-Trai-ning), diakses 30 januari 2021.

Baskoro sigit. 2008. *Proses Pembuatan Engine Cutting Daihatsu Charade 1000 cc*. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.

Daryanto. 2008. *Motor Bakar untuk Mobil*. Cetakan ke-7. Jakarta: Rineka Cipta dan Bina Adiaksara.

Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah. 2003. Teknik Dasar Motor Diesel. Yogyakarta.

KBBI. 2020. *Alat - Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI. (*Online), *https://kbbi.web.id/alat*. Di akses 05 Desember 2020

Monte, David. 2021. Pengertian Simulasi, Tujuan, Jenis, Model Langkah Penerapanya, (Online), (https://artikelsiana.com/pengertian-simulasi-tujuan-jenis-model-langkah-penerapannya/), diakses 05 Desember 2020).

PT. International Nickel Indonesia,Tbk. 2008. *Basic Engine*. Jakarta.

Raswo. 2015. *Trainer Cutting Engine Simulasi Toyota Kijang*.

Rahardjo, Winamo Dwi. 2014. Mesin Konversi Energi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

Sumarauw, Hendrik J.R. 2012. Modifikasi Sistem Pengapian Konvensional Menjadi Pengapian Elektronik. Jurnal Penelitian Saintek. Tondano: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado.

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan

1) Pembuatan Dudukan Mesin dan Keterangan Gambar.

Gambar 1 Proses Pembuatan Dudukan Mesin dan Ket.gambar

2) Pembuatan *Engine Cutting.*

Gambar 2 Proses Pemotongan Mesin dan *Cunner*

3) Pengecatan Alat

Gambar 3 Proses Pengecatan Meja Dudukan dan Mesin

4) Perakitan Alat

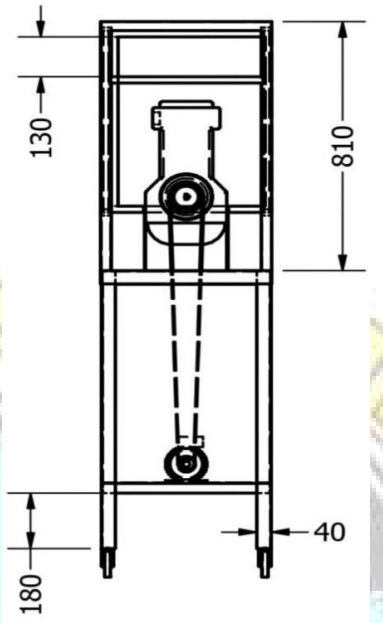
Gambar 4 Proses Perakitan

5) Finishing

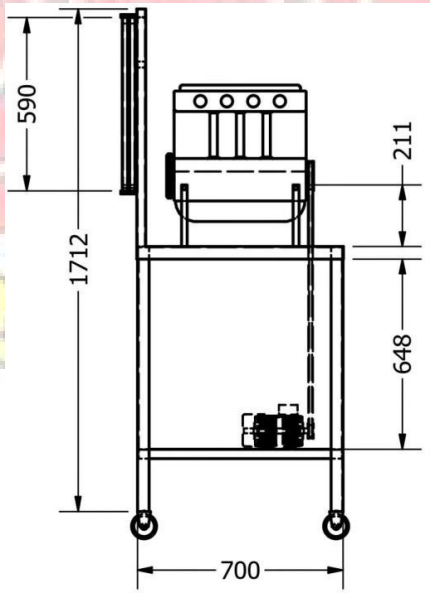
Gambar 5 Proses *Finishing*

UJUNG PANDANG

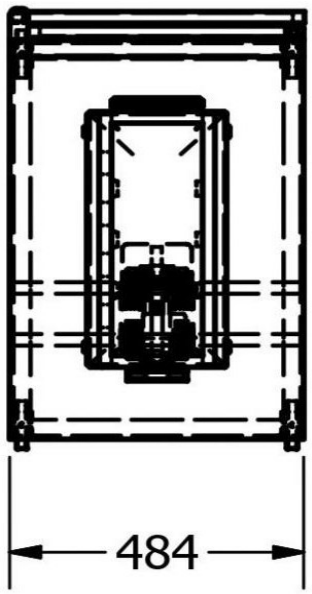
Lampiran 2 Desain Gambar 2D



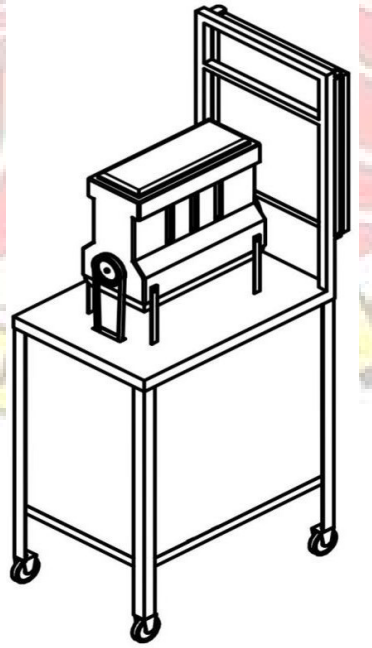
Gambar 6 Tampak Depan Alat Simulasi



Gambar 7 Tampak Samping Alat Simulasi

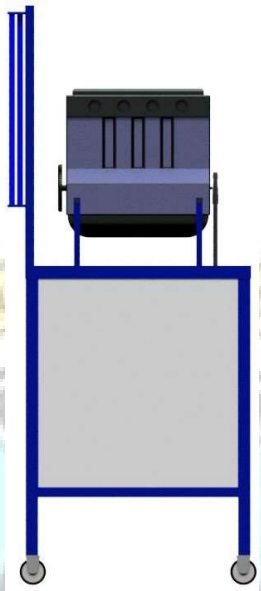


Gambar 8 Tampak Atas Alat Simulasi

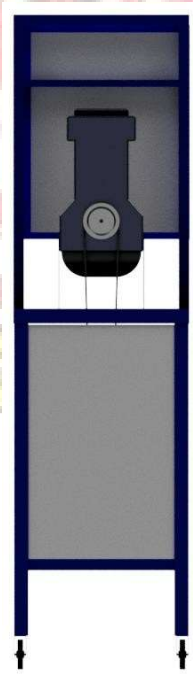


Gambar 9 Detail Alat Simulasi

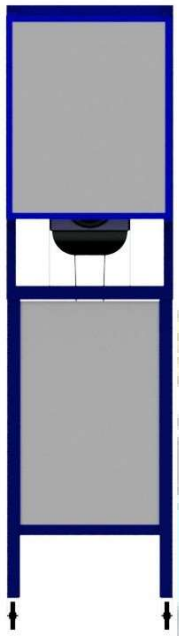
Lampiran 3 Desain Gambar 3D



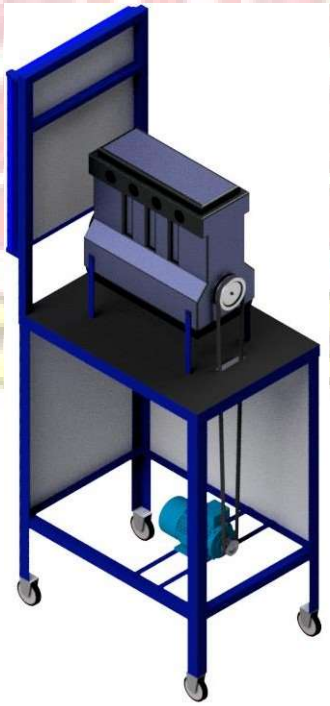
Gambar 10 Tampak Samping Alat Simulasi



Gambar 11 Tampak Depan Alat Simulasi



Gambar 12 Tampak Belakang Alat Simulasi



Gambar 13 Detail Alat Simulasi

Lampiran 4 ***Specification Engine***

Suzuki Jimny SJ410

Type	F 10 A SOHC, *Belt Drive*
Cylinder	4 *In-Line*
Number of Valve	8
Piston Displacement	970 cc
Bore x Stroke	65.5 x 72 mm
Compression Ratio	8.8 : 1
Maximum Output	50/5.5000 kw(hp)/rpm
Maximum Torque	7.5/3.500 Nm(kgm)/rpm
Fuel Distribution	*Carburetor Single Choke*

LEMBAR REVISI JUDUL SKRIPSI

Nama Mahasiswa : 1. Muh. Fadhil Ihsan Stambuk : 34318020
2. Muh.Abdal 34318022
3. Alfian Hariyanto 34318005

Catatan Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Pari	- Perubahan label pada alat - tambahkan nomor - Tujuan di jelaskan di BSI (1.3) - Spesifikasi engine	
2	Jufri	- Perbaiki maryine penulisan tugas akhir	
3	Iqbal.	- Perbaiki penulisan sesuai standar penulisan - tambahkan cover alat di buatlah -	
4	Arman	- Buatlah tipe & spesifikasi	

Makassar, 29 September 2021
Ketua/Sekretaris Panitia Ujian Skripsi,

Muh Iqbal , S.T., M.Eng.
NIP

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telepon: (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043
Laman : www.poliupg.ac.id/ E-Mail : pnup@poliupg.ac.id

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah Sebagai Media Pembelajaran
Nama Pembimbing I : Yan Kondo, S.T.,M.T.
Tahun Ajaran : 2020/2021

KARTU ASISTENSI

Nama :
1. Muh. Fadhil Ihsan /34318020
2. Muh.Abdal /34318022
3. Alfian Hariyanto /34318005

Program Studi/Jurusan : Teknik Otomotif /Teknik Mesin

No	Tanggal	Uraian Revisi	Paraf
1.	3-7-2021	- lakukan pengetongan cari wide cut kalau ada.	
2.	10-7-2021	- Atau bisa gunakan gerinda.	
3.	14-7-2021	- Perbaiki latar belakang sinkronkan dengan Rumusan & Tujuan.	
4.	24-7-2021	- Cari materiak untuk Penyelan - Potong besnai dengan gambar skytsa. perhatikan Ergonomi tdk terlalu tinggi tidak terlalu Rendah.	
5.	6-8-2021	- Pasang motor lalu lakukan pengujian. - lakukan penyilisan agar tdk berat.	
6.	21-8-2021	- Tidak usah pakai belt. - Buat engkol pemutar dan pasangkan pada Roda gila.	
7.	2d-8-2021	- lakukan pengujian dgn menggunakan engkol. - Cat semua Rangka.	
8.	16-9-21	- Buat hasil kan dikembalikan besnai dgn yg kamu lakukan	
9.	21-9-2021	- Buat power point. - Usus semua berjalan. - ACC siap untuk ujian	

TanggalAcc:

Makassar, 21- September 2021
Pembimbing I,

Yan Kondo, S.T.,M.T.
NIP. 19660119 199202 1 001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telepon: (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043
Laman : www.poliupg.ac.id/ E-Mail : pnup@poliupg.ac.id

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Simulasi Motor Bakar 4 Langkah Sebagai Media Pembelajaran
Nama Pembimbing II : Yan Kondo, S.T.,M.T.
Tahun Ajaran : 2020/2021

KARTU ASISTENSI

Nama :
1. Muh. Fadhil Ihsan /34318020
2. Muh.Abdal /34318022
3. Alfian Hariyanto /34318005

Program Studi/Jurusan : Teknik Otomotif /Teknik Mesin

No	Tanggal	Uraian Revisi	Paraf
1.	16-09-2021	(•) Perbaiki Daftar Isi (nomor halaman) (•) Tambahkan Daftar Tabel, gambar, lampiran (•) Perhatikan Aligment / kesegajaran. penulisan laporan.	(okey)
2.	17-09-2021	(•) Perbaiki Alignment BAB II, III, dst. (•) Desain Alat yang mau direncang tambahkan pada BAB II. (•) Perbaiki Format penulisan BAB IV (•). Hasil kegiatan. Penjelasan + Foto (gambar Hasil (b). BAB IV. → 4.1. Hasil / tahapan 4.2. Deskripsi pembahasan	(okey)
3.	18-09-2021.	(•) Perbaiki hal 36 (•) Perbaik hal 37-38	
4.	19-09-2021	(•) perbaiki hal 42. (gambar Alat, rapor kosong)	
5.	21-09-2021	(•) perbaik hal 43. (isi gambar kerja pada tabel 4.1)	
6.	22-09-2021	(•) perbaiki kesimpulan. sinkronkan dengan tujuan	
7.	23-09-2021	(•) Tambahkan keterangan gambar pada lampiran	

TanggalAcc:
23-09-2021

Acc.

Makassar, 23 September 2021
Pembimbing II,

Nur Wahyuni, S.T., M.T.
NIP. 19790429 200801 2 008