

**TUGAS AKHIR**  
**PERANCANGAN MESIN MOTOR BAKAR**  
**SATU SILINDER DENGAN DAYA MAKSIMUM 1 HP DAN**  
**PUTARAN MAKSIMUM 6000 RPM**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD ROBBY KURNIAWAN**

**1407230063**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

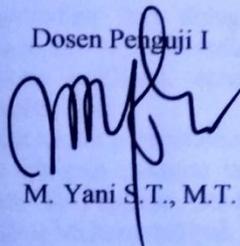
Nama : M.Robby Kurniawan  
NPM : 1407230063  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Perancangan Mesin Motor Bakar Satu Silinder Dengan  
Daya Maksimum 1 HP Dan Putaran Maksimum 6000 Rpm  
Bidang Ilmu : Alat Berat

Telah berhasil dipertahankan dihadapan penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Januari 2019

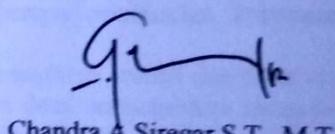
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



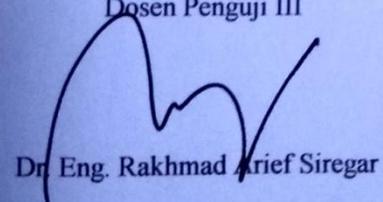
M. Yani S.T., M.T.

Dosen Penguji II



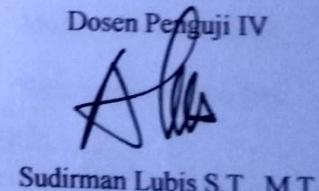
Chandra A Siregar S.T., M.T.

Dosen Penguji III



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Affandi S.T., M.T



## ABSTRAK

Pada umumnya mesin motor bakar diberbagai tempat memiliki bentuk yang besar dan bobotnya sangat berat sehingga sangat sulit mengaplikasikannya didaerah yang hanya memiliki lahan tidak terlalu luas. Melihat adanya peluang, maka dirancang dan diinovasi sebuah mesin motor bakar yang bentuknya tidak terlalu besar dan bobotnya tidak terlalu berat, sehingga dapat digunakan dibebagai tempat yang tidak terlalu luas sehingga mempermudah konsumen dalam mengaplikasikannya. Mesin motor bakar adalah suatu perangkat/mesin yang mengubah energi panas menjadi energi mekanik. Energi ini dapat diperoleh dari proses pembakaran dalam dan proses pembakaran luar. perancangan adalah suatu proses yang kedua setelah proses perencanaan yang bertujuan untuk memperbaiki atau membuat produk baru untuk waktu yang akan datang. Dimana perancangan ini diawali dengan penelitian dan menganalisis kebutuhan konsumen dalam pekerjaannya sehari-hari. Kemudian, merancang konsep yang merupakan sekumpulan ide-ide dari beberapa sumber yang dipilih menggunakan konsep *Weight Decision Matri*. Kemudian merancang detail komponen produk terhadap peforma. Dan kemudian mengevaluasi produk hasil rancangan, mengevaluasi produk hasil rancangan ini bermaksud untuk mengkaji ulang secara teoritis hasil perancangan produk terhadap spesifikasi produk yang dirancang. Kemudian mendokumentasikan hasil rancangan produk yang terdiri dari gambar-gambar komponen mesin motor bakar. Dari hasil penelitian ini, maka dirancang mesin motor bakar berkapasitas satu silinder dengan daya maksimum 1 hp dan putaran maksimum 6000 rpm. Mesin motor bakar ini memiliki bentuk desain yang tidak terlalu besar dan bobotnya juga tidak terlalu berat dengan volume silinder 30 cc, sehingga dapat dimanfaatkan dilingkungan yang tidak terlalu luas. Sehingga konsumen mudah menggunakan atau memanfaatkannya. Peforma mesin sangat berpengaruh pada panjang langkah dan volume ruang bakar , semakin besar volume ruang bakar dan semakin panjang langkah yang dirancang maka semakin besar pula putaran yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya. Mesin ini sangat cocok untuk lingkungan yang tidak terlalu luas dan mudah untuk pemanfaatannya bagi konsumen. Misalnya sebagai mesin pemotong rumput, penggerak pompa air, mesin pemotong kayu dan lain sebagainya.

**Kata Kunci:** Perancangan, Motor bakar

## ABSTRACT

In general, the motor fuel engine in many places has a great shape and weight is very heavy so it is difficult to apply it only has a land area that is not too broad. Seeing an opportunity, then designed and innovated a motor fuel engine that looks not too big and not too heavy weight, so it can be used dibebagai place that is not too wide making it easier for consumers to apply it. Motor fuel engine is a device / machine which converts thermal energy into mechanical energy. This energy can be obtained from the combustion process inside and outside the combustion process. the design is a process that is second only to the planning process that aims to improve or create new products for the future. Where this design begins with research and analyze the needs of consumers in their daily work. Then, design a concept which is a collection of ideas from several sources that are selected using the concept of Decision Weight Matri. Then design details of the product components of Performance. And then evaluate the results of product design, evaluate product design results is intended to review the theoretical results of the product design specification designed products. Then document the results of the design of products that consist of images of the motor fuel engine components. From these results, it is designed engine with a capacity of one cylinder combustion engine with a maximum power of 1 hp and a maximum rotation of 6000 rpm. Motor fuel engine has a form design that is not too big and not too heavy weight by volume of 30 cc cylinder, so that it can be used in the environment that is not too broad. So easy to use or exploit consumers. Performance machine is very influential in stride length and volume of the combustion chamber, the greater the volume of the combustion chamber and the longer steps designed the greater the resulting rotation, and vice versa. This machine is ideal for environments that are not too broad and easily to their use for the consumer. For example, a lawn mower, water pump drive, wood cutting machine and so forth. So easy to use or exploit consumers. Performance machine is very influential in stride length and volume of the combustion chamber, the greater the volume of the combustion chamber and the longer steps designed the greater the resulting rotation, and vice versa. This machine is ideal for environments that are not too broad and easily to their use for the consumer. For example, a lawn mower, water pump drive, wood cutting machine and so forth. So easy to use or exploit consumers. Performance machine is very influential in stride length and volume of the combustion chamber, the greater the volume of the combustion chamber and the longer steps designed the greater the resulting rotation, and vice versa. This machine is ideal for environments that are not too broad and easily to their use for the consumer. For example, a lawn mower, water pump drive, wood cutting machine and so forth.

Keywords: Design, Motor fuel

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmtullahi Wabarakatuh.*

Puji syukur kita kepada Allah SWT atas segala berkat dan rahmat yang telah diberikan sehingga selesainya penelitian dan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Mesin Motor Bakar 1 Silinder dengan Daya Maksimum 1 Hp dan Putaran Maksimum 6000 Rpm” dengan baik.

Penelitian dan penulisan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan menjadi Sarjana Teknik Mesin.

Banyak pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penulisan laporan tugas akhir ini, maka diucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UMSU yang memberi dukungan dengan dilaksanakan penelitian penulisan laporan ini.
2. Bapak Affandi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin UMSU yang memberi dukungan untuk dilaksanakan penelitian dan penulisan laporan.
3. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar selaku dosen pembimbing I yang memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Sudirman Lubis S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang memberikan bimbingan demi sempurnanya tugas akhir ini.
5. Untuk kedua orang tua yang tercinta atas doa dan dorongan baik material maupun spritiual sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
6. Terima kasih buat teman,sahabat yang selalu membantu memberikan semangat untuk melanjutkan tugas akhir.
7. Teman-Teman A3 malam fakultas teknik mesin yang telah mendukung dan memberi saran serta semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Dan semua pihak yang tidak tersebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu mohon maaf

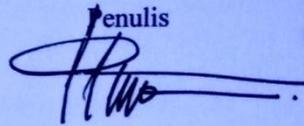
dan mengucapkan terima kasih atas segala bentuk saran dan kritik yang sifatnya membangun untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

*Wassalamualaikum Warahmtullahi Wabarakatuh.*

Medan, 15 Maret 2019

Penulis



M. ROBBY KURNIAWAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR NOTASI

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.2 Rumusan Masalah

1.3 Ruang Lingkup

1.4 Tujuan

1.5 Manfaat

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Perancangan

2.2 Fase-fase Perancangan

2.2.1 Apakah Masalah Spesifikasi Produk dan Perancangan Produk

2.2.2 Fase Perancangan Konsep Produk atau Conceptual Design Phase

2.2.3 Perancangan Produk

2.2.4 Rencana Hasil Perancangan Produk

2.2.5 Standar dan Spesifikasi Perancangan Produk

2.3 Motor Bakar

2.4 Klasifikasi Motor Bakar

2.4.1 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Petyalana

2.4.2 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Struktur Silinder

2.4.3 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Letak Katup

2.4.4 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Posisi Pompa Oli

2.4.5 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Jumlah Peristiwa

2.5 Bagian-bagian Motor Bakar

2.6 Langkah-langkah Kerja Motor Bakar

2.6.1 Motor Bakar Dua Langkah

2.6.2 Motor Bakar Empat Langkah

2.7 Perancangan dan Gambar Kerja

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengertian Perancangan	4
2.2 Fase-fase Perancangan	4
2.2.1 Analisis Masalah Spesifikasi Produk dan Perencanaan Proyeksi	5
2.2.2 Fase Perancangan Konsep Produk atau <i>Conceptual                 Design Phase</i>	6
2.2.3 Perancangan Produk	7
2.2.4 Evaluasi Hasil Perancangan Produk	7
2.2.5 Gambar dan Spesifikasi Pembuatan Produk	7
2.3 Motor Bakar	8
2.4 Klasifikasi Motor Bakar	9
2.4.1 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Penyalaan	9
2.4.2 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Susunan Silinder	10
2.4.3 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Lokasi Katup	11
2.4.4 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Proses Pasokan Udara	12
2.4.5 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Sistem Pendingin	13
2.5 Bagian-bagian Motor Bakar	13
2.6 Langkah-langkah Kerja Motor Bakar	16
2.6.1 Motor Bakar Dua Langkah	16
2.6.2 Motor Bakar Empat Langkah	18
2.7 Parameter Kinerja Motor Bakar	20
2.7.1 Kinematika Torak	20
2.7.2 Kinerja	21
2.7.3 Tekanan Efektif Putara	22
2.7.4 Torsi dan Daya	23
2.7.5 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	25

<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
	3.1 Tempat dan Waktu	27
	3.2 Alat yang digunakan	27
	3.3 Diagram Alir Perancangan Mesin Motor Bakar	30
	3.3.1 Penjelasan Diagram Alir	31
	3.4 Perancangan Konsep Desain Rancangan Mesin Motor Bakar	32
	3.5 Prosedur Perancangan Mesin Motor Baka	32
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
	4.1 Pemilihan Konsep Desain Perancangan Mesin Motor Bakar	34
	4.2 Hasil Pemilihan Konsep Desain Perancangan Mesin Motor Bakar	41
	4.3 Hasil Desain Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor</i>	45
	4.4 Hasil Analisa	47
	4.4.1 Volume Langkah Torak	47
	4.4.2 Volume Ruang Bakar	47
	4.4.3 Kecepatan Torak	47
	4.4.4 Gaya yang Dihasilkan	48
	4.4.5 Usaha Kompresi	48
	4.4.6 Tekanan Kompresi	49
	4.4.7 Torsi	49
	4.5 Hasil Perbandingan	49
	4.5.1 Asumsi Pertama	50
	4.5.2 Asumsi Kedua	51
	4.6 Spesifikasi Akhir Perancangan Produk	56
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
	5.1 Kesimpulan	57
	5.2 Saran	57

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **LEMBAR ASISTENSI**

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motor Bensin	9
Gambar 2.2 Motor Diesel	9
Gambar 2.3 Motor Sebaris	10
Gambar 2.4 Motor V	11
Gambar 2.5 Motor Datar	12
Gambar 2.6 <i>Supercharger</i>	12
Gambar 2.7 <i>Turbocharger</i>	12
Gambar 2.8 Bagian-bagian Motor Bakar	13
Gambar 2.9 Prinsip Kerja Motor Bakar 2-langkah	17
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Motor Bakar 4-langkah	19
Gambar 2.11 Geometri Torak dan Silinder	21
Gambar 3.1 Alat Gambar	28
Gambar 3.2 Laptop	28
Gambar 3.3 Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor</i>	29
Gambar 3.4 Diagram Alir	30
Gambar 4.1 Desain Mesin Motor Bakar Pada Konsep Pertama	34
Gambar 4.2 Desain Kepala Silinder Pada Konsep Pertama	35
Gambar 4.3 Desain Blok Silinder Pada Konsep Pertama	35
Gambar 4.4 Desain Blok Mesin Pada Konsep Pertama	36
Gambar 4.5 Desain Mesin Motor Bakar Pada Konsep Kedua	36
Gambar 4.6 Desain Blok Mesin Pada Konsep Kedua	37
Gambar 4.7 Desain Blok Silinder Pada Konsep Kedua	37
Gambar 4.8 Desain Mesin Motor Bakar Pada Konsep Ketiga	38
Gambar 4.9 Desain Blok Mesin Pada Konsep Ketiga	38
Gambar 4.10 Desain Kepala Silinder Pada Konsep Ketiga	39
Gambar 4.11 Desain Tutup Blok Mesin Pada Konsep Ketiga	39
Gambar 4.12 Desain Terpilih Untuk Perancangan Mesin Motor Bakar	42
Gambar 4.13 Desain Piston Mesin Motor Bakar	41
Gambar 4.14 Desain Batang Penghubung dan Kruk As Mesin Motor Bakar	42
Gambar 4.15 Desain Blok Silinder Mesin Motor Bakar	42
Gambar 4.16 Desain Blok Mesin Motor Bakar	42
Gambar 4.17 Desain Batang Penghubung Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor</i>	43
Gambar 4.18 Desain Kruk As Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor</i>	43
Gambar 4.19 Desain Piston Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor</i>	44
Gambar 4.20 Desain Blok Silinder Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor</i>	44
Gambar 4.21 Desain Blok Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor</i>	44
Gambar 4.22 Desain Blok Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak <i>Autodesk Inventor</i>	45
Gambar 4.23 Hasil Desain Mesin Motor Bakar Tampak Samping Kiri	45

Gambar 4.24 Hasil Desain Mesin Motor Bakar Tampak Samping Kanan	46
Gambar 4.25 Hasil Desain Mesin Motor Bakar Tampak Depan	46
Gambar 4.26 Grafik Panjang Langkah Terhadap Torsi	54
Gambar 4.27 Grafik Volume Ruang Bakar Terhadap Torsi	54
Gambar 4.28 Grafik Panjang Langkah Terhadap Putaran	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Kegiatan	27
Tabel 4.1 Pemilihan Konsep	40
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Perbandingan Konsep	53
Tabel 4.3 Spesifikasi Rancangan Produk	56

## DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Besaran	Satuan
1	$\bar{V}_t$	Kecepatan Torak Purata	m/s
2	L	Panjang Langkah	m
3	N	Putaran Poros Engkol	Rpm
4	$a$	Radius Engkol	m
5	$\theta$	Besar Sudut Engkol	°
6	I	Panjang Batang Penghubung	m
7	R	Rasio Panjang Penghubung Terhadap Radius Engkol	m
8	W	Kerja Pada Suatu Siklus	KJ
9	F	Gaya	N
10	P	Tekanan	kPa
11	$A_t$	Luasan Dimana Torak Bekerja	Cm <sup>2</sup>
12	d	Diameter Torak	m
13	X	Jarak Gerakan Torak	m
14	dv	Volume Diferensial	m <sup>3</sup>
15	$mep$	Tekanan Efektif Putara	kPa
16	w	Kerja Spesifik Suatu Siklus	KJ
27	$bmep$	<i>Brake Mean Effective Pressure</i>	
28	$w_b$	Kerja Rem	KJ
19	$imep$	<i>Indicated Mean Effective Pressure</i>	
20	$\tau$	Torsi	N.m
21	$V_L$	Volume Langkah	m <sup>3</sup>
22	$\dot{W}$	Daya	kW, hp
23	n	Putaram Poros Engkol	Rpm
24	$\mu$	Viskositas Dinamik	Kg/m.s
25	$W_i$	Kerja Induksi	KJ
26	$W_f$	Kerja Friksi	KJ
27	S	Panjang Langkah	m
28	c	konstanta	
29	$m_f$	Laju Aliran Bahan Bakar	Kg/s

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Di zaman ini semua serba dituntut serba cepat dan tepat khususnya dalam bidang industri. Oleh karena itu, dunia industri dituntut memiliki sumber dayamanusia yang berkualitas tinggi dalam menyeimbangkan kemajuam teknologi, khususnya dalam bidang industri. Seseorang harus memiliki suatu keahlian dalam bidang tertentu, agar dapat menciptakan karya yang bagus dalam dunia industri. Selain itu, kemajuan teknologi juga sangat berpengaruh terhadap produksi.

Semakin majunya teknologi yang digunakan maka semakin bagus pula kualitas dan kuantias produk yang dihasilkan. Disamping mempengaruhi kualitas dan kuantitas produk, peforma produk yang dihasilkan juga lebih baik. Dalam dunia industri seseorang dituntut untuk lebih aktif dan kreatif. Seseorang dituntut mampu memiliki kemampuan terhadap hasil produk untuk diinovasi. Guna tercapainya kemajuan dan perkembangan dalam industri itu sendiri. Untuk merancang mesin yang baru memang sulit, seseorang harus kreatif mampu mempunyai ide dan menuangkan gagasannya tersebut.

Pada umumnya mesin motor bakar diberbagai tempat memiliki bentuk yang besar dan bobotnya sangat berat sehingga sangat sulit mengaplikasikannya didaerah yang hanya memiliki lahan tidak terlalu luas. Melihat adanya peluang, maka dirancang dan diinovasi sebuah mesin motor bakar yang bentuknya tidak terlalu besar dan bobotnya tidak terlalu berat, sehingga dapat digunakan dibebagai tempat yang tidak terlalu luas sehingga mempermudah konsumen dalam mengaplikasikannya.

Perancangan mesin motor bakar ini hanya mempunyai 1 silinder dengan daya 1 hp dan putaran maksimum 6000 rpm. karena dalam pengaplikasiannya mesin ini hanya untuk beban yang ringan. Misalnya untuk mesin pemotong rumput gendong dan mesin untuk pompa air. Pada umumnya, diberbagai tempat mesin yang digunakan mempunyai bentuk dan bobot cukup besar dan berat sehingga harganya relatif mahal. Maka dirancang mesin motor bakar satu silinder dengan daya maksimum 1 hp dan putaran maksimum 6000 rpm.

Untuk mencapai hasil tersebut, maka dalam perancangan dibutuhkan ketelitian dan perencanaan yang matang. Agar dapat dihasilkan produk mesin yang lebih efektif dan efisien. Serta mesin yang dirancang mampu beroperasi secara maksimal. Sehingga menghasilkan mesin yang diinginkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah mesin yang dirancang ?
2. Bagaimanakah spesifikasi performa mesin yang dirancang ?
3. Bagaimanakah pemanfaatan mesin yang dirancang untuk lingkungan sekitar ?
4. Hal apa saja yang mempengaruhi perancangan mesin yang akan dirancang ?

## 1.3 Ruang Lingkup

1. Melihat banyaknya masalah dalam merancang mesin motor bakar, maka penulis hanya fokus pada hasil performa mesin motor bakar yang dirancang. Agar pembahasan dalam penulisan ini lebih fokus ke performa mesin motor bakar satu silinder dengan daya maksimum 1 hp dan putaran maksimum 6000 rpm .
2. Perancangan ini hanya digambar secara manual dan juga menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor 2014*.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan perancangan mesin motor bakar ini adalah:

1. Untuk mendefinisikan hasil perancangan mesin yang dirancang.
2. Untuk mengidentifikasi hasil perancangan terhadap spesifikasi performa.
3. Untuk menginterpretasikan pemanfaatan hasil rancangan terhadap lingkungan sekitar.
4. Untuk mengevaluasi hasil rancangan terhadap teknologi masa kini.

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh adalah:

1. Merupakan salah satu bekal untuk mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri, sebagai modal persiapan untuk dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh.
2. Konsumen dapat memakai hasil rancangan dengan baik dan benar.
3. Mempermudah pekerjaan konsumen dengan pemanfaatan hasil rancangan terhadap lingkungan.
4. Memicu konsumen untuk berkeaktifitas dengan memanfaatkan hasil rancangan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Pengertian Perancangan

Perancangan adalah suatu proses yang kedua setelah proses perencanaan yang bertujuan untuk memperbaiki atau membuat produk baru untuk waktu yang akan datang. Perancangan juga termasuk suatu alat dalam metode teknik yang merupakan suatu aktivitas dengan maksud tertentu untuk pemenuhan kebutuhan manusia.

Perancangan adalah kegiatan awal dari usaha merealisasikan suatu produk yang keberadaannya dibutuhkan oleh masyarakat untuk meringankan hidupnya. Setelah perancangan selesai maka kegiatan yang menyusul adalah pembuatan produk. Kedua kegiatan tersebut dilakukan oleh dua orang atau dua kelompok orang dengan keahliannya masing-masing, yaitu perancangan dilakukan oleh tim perancang dan pembuatan produk oleh kelompok pembuatan produk (H. Darmawan Harsokusoemo 2000).

Perancangan itu sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan, karena itu perancangan kemudian disebut sebagai proses perancangan yang mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam perancangan tersebut. Kegiatan-kegiatan dalam proses perancangan dinamakan fase. Fase-fase dalam proses perancangan berbeda satu dengan yang lainnya.

#### 2.2 Fase-fase Dalam Proses Perancangan

Fase-fase atau proses perancangan merupakan tahapan umum dalam perancangan yang dikenal dengan sebutan NIDA, yang merupakan kepanjangan dari *Need, Idea, Decision* dan *Action*. Yang artinya tahap pertama seorang perancang menetapkan dan mengidentifikasi kebutuhan (*Need*). Sehubungan dengan alat atau produk yang harus dirancang. Kemudian, dilanjutkan dengan pengembangan atau ide-ide (*Idea*) yang akan melahirkan berbagai alternatif yang ada, sehingga perancangan akan memutuskan (*Decision*) suatu alternatif yang terbaik. Dan pada akhirnya dilakukan proses pembuatan (*Action*). Perancangan suatu alat berdasarkan data antropometri atau sesuai dengan kebutuhan manusia

bertujuan untuk mengurangi tingkat kelelahan kerja, meningkatkan peformansi kerja dan meminimalisasi potensi kecelakaan kerja.

Salah satu deskripsi proses perancangan adalah deskripsi yang menyebutkan bahwa proses perancangan terdiri dari fase-fase berikut (H. Darmawan Harsokusoemo. 2000):

1. Analisis masalah, spesifikasi produk dan perencanaan.
2. Fase perancangan konsep perancangan konsep produk atau *conceptual design phase*.
3. Perancangan produk.
4. Evaluasi hasil perancangan produk.
5. Gambar dan spesifikasi pembuatan produk.

#### 2.2.1 Analisis Masalah, Spesifikasi Produk dan Perencanaan Proyek

Kebutuhan produk baru diperlukan sebagai *problem* perancangan atau masalah perancangan. Sebagaimana halnya sebuah *problem* atau masalah, maka perlu adanya pemecahan masalah yang berupa solusi melalui analisis masalah. Dalam hal masalah tersebut adalah masalah perancangan, maka solusinya dapat berupa solusi alternatif yang semuanya benar. Salah satu diantaranya beberapa solusi tersebut dapat merupakan solusi terbaik, karena itu harus ada suatu cara untuk memilih solusi terbaik tersebut.

Hasil analisis masalah yang utama adalah pernyataan masalah atau *problem statement* tentang produk baru. Pernyataan masalah tersebut belumlah berupa solusi/produk baru, tetapi mengandung keterangan-keterangan tentang produk yang akan dirancang.

Pernyataan masalah sedikitnya mengandung tiga buah unsur yaitu:

1. Pernyataan itu sendiri.
2. Beberapa kendala atau *constraints* yang membatasi solusi masalah tersebut dan spesifikasi produk.
3. Kriteria keterterimaan (*acceptability criteria*) dan kriteria lain yang harus dipenuhi produk.

Spesifikasi produk merupakan dokumen yang sangat penting dalam proses perancangan. Spesifikasi produk mengandung keinginan-keinginan

pengguna/bagian pemasaran tentang produk yang akan dibuat. Spesifikasi produk merupakan dasar dan pemandu bagi perancang dalam merancang produk dan spesifikasi produk tersebut akan menjadi tolak ukur pada evaluasi hasil rancangan dan evaluasi produk yang sudah jadi. Perlu dicatat disini bahwa spesifikasi produk adalah dinamis sifatnya, yaitu dapat mengalami perubahan selama proses perancangan dan pembuatan produk.

Spesifikasi produk mengandung hal-hal berikut:

1. Kinerja atau *performance* yang harus dicapai produk.
2. Kondisi lingkungan, seperti temperatur, tekanan dan lain-lain yang akan dialami produk.
3. Kondisi operasi lain.
4. Jumlah produk yang akan dibuat.
5. Dimensi produk.
6. Berat produk.
7. Ergonomik.
8. Keamanan dan safety.
9. Harga produk.

Jika waktu penyelesaian perancangan dan pembuatan produk tercantum dalam spesifikasi, maka perlu dibuat jadwal penyelesaian setiap fase dan langkah dalam proses perancangan dan pembuatan produk. Hal ini merupakan suatu perencanaan proyek.

### 2.2.2 Fase Perancangan Konsep Produk atau *Conceptual Design Phase*

Fase berikutnya dalam deskripsi proses perancangan adalah perancangan konsep produk. Konsep produk adalah solusi/solusi-solusi alternatif dari masalah dalam bentuk skema (*scheme*). Masalah dalam hal ini adalah produk baru, yang dipandang sebagai masalah perancangan yang memerlukan solusi. Fase ini dalam bahasa perancangan dikenal dengan fase pencarian konsep-konsep produk yang memenuhi fungsi dan karakteristik produk, sebagaimana tercantum dalam spesifikasi produk. Fase perancangan ini menuntut semua kemampuan dan kreativitas perancang dan merupakan fase yang sangat memberi peluang untuk mendapatkan solusi yang baru, baik dan original.

### 2.2.3 Perancangan Produk

Fase perancangan produk terdiri dari beberapa langkah, tetapi pada intinya pada fase ini, solusi/solusi-solusi alternatif dalam bentuk skema dikembangkan lebih lanjut menjadi produk atau benda teknik yang bentuk material dan dimensi komponen-komponennya telah ditentukan. Jika terdapat lebih dari satu solusi alternatif, maka harus ditentukan satu solusi akhir yang terbaik melalui suatu proses pemilihan solusi terbaik. Solusi terbaik tersebut dituangkan dalam bentuk *general arrangement drawing* atau gambar susunan umum. Sebelum terpilih solusi akhir, fase ini memberikan umpan-balik ke fase sebelumnya yaitu fase analisis masalah dan perencanaan proyek. Proses iteratif seperti ini dapat terjadi diantara fase-fase dalam suatu proses perancangan.

Fase perancangan produk diakhiri dengan perancangan detail komponen-komponen produk, yang kemudian dituangkan dalam gambar-gambar detail untuk proses pembuatan.

### 2.2.4 Evaluasi Hasil Perancangan Produk

Sebelum produk dibuat berdasarkan gambar perancangan produk, maka (bakal) produk tersebut harus dievaluasi terlebih dahulu terhadap persyaratan-persyaratan atau spesifikasi produk yang dihasilkan pada fase pertama dari proses perancangan. Produk hasil perancangan produk haruslah dapat spesifikasi produk, yaitu harus memenuhi fungsinya, mempunyai karakteristik yang harus dipunyainya dan dapat melakukan kinerja atau *performance* seperti yang disyaratkannya.

### 2.2.5 Gambar dan Spesifikasi Pembuatan Produk

Gambar dari hasil rancangan produk terdiri dari: (1) gambar semua komponen produk lengkap dengan bentuk geometrinya, dimensi, kekasaran/kehalusan permukaan material, (2) gambar susunan, (3) spesifikasi yang membuat keterangan-keterangan yang tidak dapat dimuat pada gambar dan (4) *bill of materials*.

### 2.3 Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu perangkat/mesin yang mengubah energi thermal/panas menjadi energi mekanik. Energi ini dapat diperoleh dari proses pembakaran yang terbagi menjadi dua yaitu:

1. Motor bakar pembakaran luar (*Eksternal combustion engine*).

Motor bakar pembakaran luar adalah suatu mesin yang mempunyai sistem pembakaran yang terjadi diluar dari mesin itu sendiri. Misalnya mesin uap dimana energi thermal dari hasil pembakaran dipindahkan kedalam fluida kerja mesin. Pembakar air pada ketel uap menghasilkan uap kemudian uap tersebut dimasukkan kedalam sistem kerja mesin untuk mendapatkan tenaga mekanik. Hal-hal yang dimiliki pada mesin pembakaran luar yaitu:

1. Dapat memakai semua bentuk bahan bakar.
2. Dapat memakai bahan bakar yang bermutu rendah.
3. Cocok untuk melayani beban-beban besar dalam satu poros.
4. Lebih cocok dipakai untuk daya tinggi.

2. Motor bakar pembakaran dalam (*Internal combustion engine*).

Pada umumnya motor pembakaran dalam dikenal dengan motor bakar torak. Proses pembakaran bahan bakar terjadi didalam mesin itu sendiri sehingga gas-gas hasil pembakaran berfungsi sekaligus sebagai fluida kerja mesin. Hal-hal yang dimiliki pada mesin pembakaran dalam yaitu:

1. Pemakaian bahan bakar irit.
2. Berat tiap satuan tenaga mekanis lebih kecil.
3. Konstruksi lebih sederhana, karena tidak memerlukan ketel uap, kondensor dan sebagainya.

Motor pembakaran dalam, atau motor bakar torak merupakan pesawat kalori yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi bahan bakar mekanis. Energi kimia dari bahan bakar yang bercampur dengan udara diubah terlebih dahulu menjadi energi thermal melalui pembakaran atau oksidasi, sehingga temperatur dan tekanan gas pembakaran didalam silinder meningkat. Gas bertekanan tinggi didalam silinder berekspansi dan mendorong torak bergerak translasi dan menghasilkan gerak rotasi poros engkol (*crankshaft*) sebagai keluaran mekanis motor. Motor pembakaran dalam banyak digunakan dalam

berbagai aktivitas manusia baik sebagai motor penggerak pompa air, generator, mesin pemotong rumput maupun sebagai sarana transportasi (Ir. Philip Kristanto 2017).

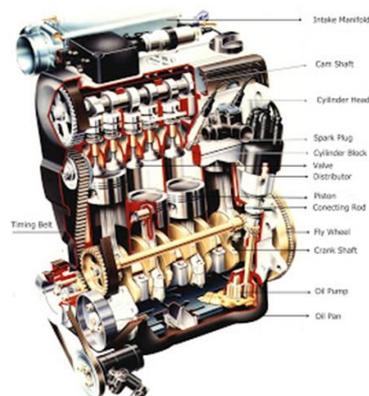
## 2.4 Klasifikasi Motor Bakar Torak

Motor bakar torak diklarifikasikan menurut penyalaan, susunan silinder, lokasi katup, dan proses pasokan udaranya. Berikut ini penjelasannya (Ir. Philip Kristanto.2017).

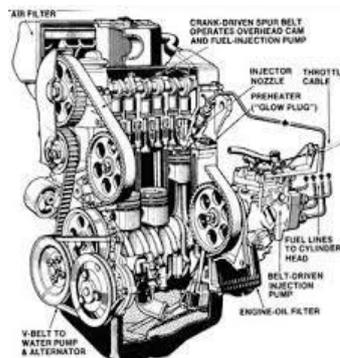
### 2.4.1 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Sistem Penyalaan

Berdasarkan sistem penyalaan:

1. Motor bensin atau mesin otto (gambar 2.1).
2. Motor diesel (gambar 2.2).



Gambar 2.1 Motor Bensin (Ir. Philip Kristanto 2017).



Gambar 2.2 Motor Diesel (Ir. Philip Kristanto 2017).

Pada motor bensin, campuran udara-bahan bakar dinyalakan oleh percikan bunga api listrik diantara kedua elektrode busi sehingga motor bensin juga dikenal sebagai motor pengapian percik (*Spark Ignition Engines*). Pada motor diesel atau motor penyalan kompresi (*Compression Ignition Engines*) terjadi proses penyalan sendiri bahan bakar yang diinjeksikan kedalam aliran udara panas dengan tekanan dan temperatur tinggi akibat proses kompresi di dalam silinder.

#### 2.4.2 Klasifikasi Motor Berdasarkan Susunan Silinder

Berdasarkan susunan silindernya:

##### 1. Motor bakar sebaris (*in-line*).

Pada gambar dibawah, menunjukkan motor yang pistonnya disusun berderet satu sama lain. Model ini adalah desain paling umum, membutuhkan banyak ruang karena panjang blok silinder yang diperlukan tempat torak, terutama pada motor dengan jumlah silinder lebih dari empat.



Gambar 2.3 Motor Sebaris (<http://teknikmesinzone.blogspot.com>).

##### 2. Motor V.

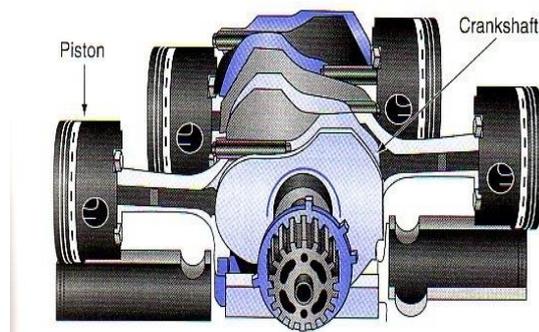
Pada gambar berikut ini, silinder ditata berbentuk V. Poros engkol dapat dibuat lebih pendek dan lebih kompak. Ketika penyalan (*firing*) terjadi pada setiap deretan piston dalam satu baris (*bank*), mereka membantu menyeimbangkan satu sama lain dan menyediakan kelancaran dalam pengiriman tenaga.



Gambar 2.4 Motor V (<http://teknikmesinzone.blogspot.com>).

### 3. Motor Datar (*flat engine*).

Pada gambar dibawah, kadang-kadang disebut motor *boxer* atau motor horizontal berlawanan. Pada motor jenis ini, torak ditata mendatar disetiap sisi poros engkol. Ini berarti pada motor empat silinder horizontal berlawanan akan terdapat dua torak disetiap sisi poros engkol. Sebuah mesin datar menyediakan pusat gravitasi rendah dan pergerakan poros engkol relatif singkat karena hanya ada dua piston berdampingan. Ini yang membuat mesin kompak.



Gambar 2.5 Motor Datar ([www.kitapunya.net](http://www.kitapunya.net)).

#### 2.4.3 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Lokasi Katup

Berdasarkan lokasi katupnya:

1. Katup samping.
2. Katup kepala.
3. Katup kombinasi (disamping dan dikepala).

#### 2.4.4 Klasifikasi Motor Bakar Berdasarkan Proses Pasokan Udara

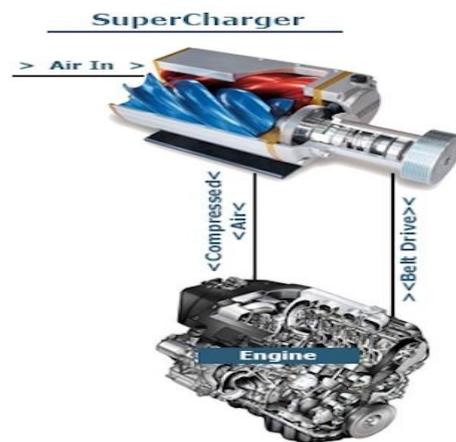
Berdasarkan pasokan udara:

##### 1. Alami

Proses pemasukan udara kedalam silinder dilakukan secara alami tanpa menggunakan sistem tekanan dorong (*boost pressure*) udara masukan, dan hanya mengandalkan tekanan hisap motor.

##### 2. *Supercharger*

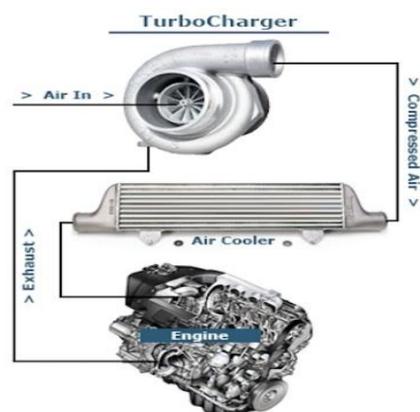
Tekanan udara masuk ditingkatkan dengan kompresor yang digerakkan oleh poros engkol motor.



Gambar 2.6 *Supercharger* (<http://enoanderson.com>).

##### 3. *Turbocharger*

Tekanan udara masuk akan ditingkatkan dengan turbin kompresor yang digerakkan oleh gas buang motor.



Gambar 2.7 *Turbocharger* (<http://enoanderson.com>).

4. Kompresi melalui karter (bak engkol).

Siklus motor dua langkah dengan menggunakan bak engkol (karter) sebagai penekan udara masukan.

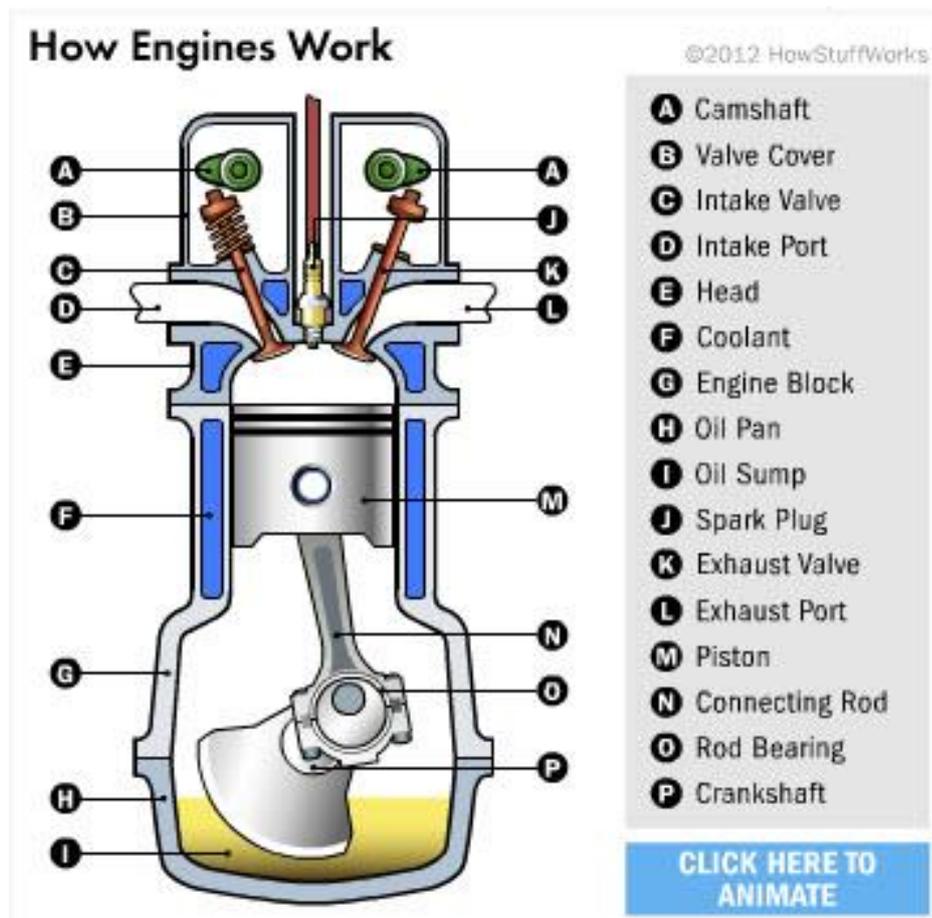
#### 2.4.5 Klasifikasi Motor Berdasarkan Sistem Pendingin

Berdasarkan sistem pendingin:

1. Berpendingin udara.
2. Berpendingin cairan yang didinginkan, yang ada pada umumnya adalah air.

#### 2.5 Bagian-bagian Motor Bakar

Pada gambar dibawah ini menunjukkan bagian-bagian utama yang ada pada motor bakar.



Gambar 2.8 Bagian-bagian Motor Bakar (<http://www.insinyoer.com>).

a. As klep(*Camshaft*)

As klep(*Camshaft*) adalah poros yang memiliki sejumlah nok atau cam yang dibuat dengan sudut tertentu yang berfungsi untuk membuka dan menutup katup pada mesin.

b. Tutup klep (*Valve Cover*)

Tutup klep (*Valve Cover*) adalah bagian atau part yang berfungsi untuk menutupi bagian dari as klep (*camshaft*), klep (*Valve*) dan lain-lain.

c. Klep minyak (*Intake Valve*)

Klep minyak (*Intake Valve*) berfungsi untuk mengatur masuknya campuran bahan bakar dan udara ke ruang bakar. Diameter klep minyak (*Intake Valve*) lebih besar dibandingkan diameter klep api (*Exhaust Valve*), ini bertujuan untuk memaksimalkan masuknya campuran bahan bakar dan udara ke ruang bakar.

d. *Intake Port*

*Intake Port* adalah saluran masuknya campuran bahan bakar dan udara ke ruang bakar sebelum melewati klep minyak.

e. Deksel (*Cylinder Head*)

Deksel (*Cylinder Head*) merupakan penutup ujung bagian atas silinder. Fungsi utama deksel (*Cylinder Head*) adalah menyediakan ruang dimana campuran bahan bakar dan udara dapat dibakar secara efisien.

f. Pendingin (*Coolant*)

Pendingin (*Coolant*) adalah zat cair yang berfungsi untuk menjaga suhu mesin agar tetap optimal ketika mesin beroperasi.

g. Blok mesin (*Engine Block*)

Blok mesin (*Engine Block*) merupakan bagian utama mesin menyambungkan seluruh komponen-komponennya. Fungsi blok mesin adalah sebagai tempat piston beroperasi, tempat berdirinya poros engkol dan lain-lain.

h. Karter (*Oil Pan*)

Karter (*Oil Pan*) adalah bak khusus yang digunakan untuk menampung oli mesin.

i. Pompa oli (*Oil Pump*)

Pompa oli (*Oil Pump*) merupakan alat yang sangat penting pada mesin yang berfungsi untuk mengalirkan atau memompa oli mesin ke segala arah yang bertujuan untuk melumasi komponen-komponen yang bergerak.

j. Busi (*Spark Plug*)

Busi (*Spark Plug*) merupakan perangkat elektrik yang digunakan untuk mengawali pembakaran pada motor penyalaan percik dengan menciptakan percikan api ke celah elektrode.

k. Klep api (*Exhaust Valve*)

Klep api (*Exhaust Valve*) berfungsi untuk mengatur keluarnya gas buang sisa pembakaran dari mesin. Diameter Klep api (*Exhaust Valve*) lebih kecil dibandingkan diameter klep minyak (*Intake Valve*), karena gas buang lebih mudah keluar dari mesin karena dorongan piston. Selain itu, gas buang juga bertekanan tinggi, jadi tidak akan sulit keluar dari mesin meskipun diameter katup ex kecil.

l. *Exhaust Port*

*Exhaust Port* adalah saluran gas buang dimana gas sisa pembakaran keluar dari ruang bakar ke knalpot.

m. Piston

Piston adalah bagian yang bebrbentuk silindris yang bergerak bolak-balik pada silinder yang bertujuan untuk meneruskan gaya tekanan hasil ledakan pembakaran diruang bakar untuk memutar poros engkol secara terus-menerus.

n. *Connecting Rod*

*Connecting Rod* adalah komponen mesin yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari piston ke poros engkol untuk kemudian diubah menjadi gerakan berputar.

o. *Rod Bearing*

*Rod Bearing* merupakan komponen pendukung pada bagian yang bergesekan yang selalu menerima tekanan dan gesekan dengan kecepatan tinggi. Hal ini bertujuan agar komponen yang bergesekan tidak mengalami keausan lebih cepat dan mempermudah gerakan komponen tersebut.

p. *Crankshaft*

*Crankshaft* merupakan komponen mesin yang mengubah gerak vertikal/horizontal dari piston menjadi gerak rotasi atau putaran.

## 2.6 Langkah Kerja Motor Bakar

Operasional pembakaran internal menghasilkan kekuatan mekanik sebagai hasil dari pembakaran bahan bakar didalam silinder yang menyebabkan udara disilinder mengembang dan memindahkan piston. Mereka bergerak dengan cara timbal-balik yang diubah menjadi aksi putar dengan cara menghubungkan batang penghubung dengan poros engkol.

Ketika piston mulai masuk atau hisap (empat langkah) katup intake dibiarkan terbuka oleh hubungan yang dioperasikan dengan *camshaft* dan saluran buang pada posisi tertutup, sehingga menjebak campuran bahan bakar dengan udara didalam ruang bakar. Namun, engkol terus berlanjut bergerak dan memaksa piston naik dan mengompres udara yang terjebak. Hal ini dinamakan langkah kompresi.

Saat piston sudah sampai ke atas maka busi memercikan bunga api (pada motor bensin) sedangkan pada motor diesel suhu yang terkompresi akan naik setinggi 538°C, maka terjadi ledakan didalam ruang bakar yang mengakibatkan piston diipaksa turun kebawah.

Pada saat piston sudah sampai ke bawah maka katup buang terbuka dan piston melanjutkan gerakan keatas meniup gas hasil pembakaran ke knalpot, dengan demikian siklus ini terajdi secara berulang-ulang (CAD 1977).

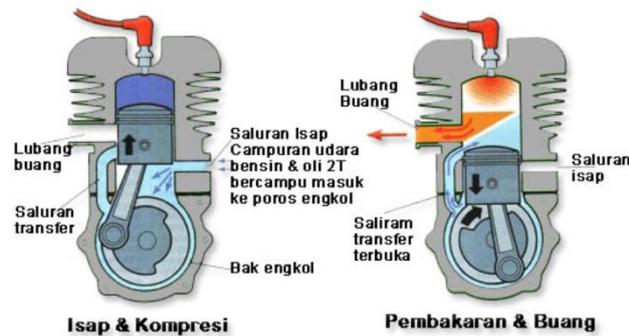
Berdasarkan siklus operasinya, motor pembakaran dalam baik motor bensin maupun motor diesel, dibedakan menjadi motor 2-langkah dan motor 4-langkah. Berikut ini penjelasannya (Ir. Philip Kristanto 2017).

### 2.6.1 Motor Bakar Dua Langkah

Motor dua langkah hanya membutuhkan satu kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus didalam silinder. Kerja (langkah daya) dihasilkan pada setiap putaran poros engkol. Motor dua langkah beroperasi tanpa katup. Sebagai pengganti katup, kebanyakan mesin dua langkah menggunakan lubang saluran dinding silinder yang yang dibuka dan ditutup oleh torak ketika bergerak naik dan

turun didalam silinder. Beberapa motor dua langkah menggunakan katup pasif atau kelopak penutup yang biasa disebut katup buluh yang berfungsi untuk membantubak engkol setelah campuran udara dan bahan bakar dihisap.

Jika seluruh proses pada motor empat langkah berlangsung diatas torak, maka motor dua langkah juga memanfaatkan area bawah torak (*crankcase*) untuk mempercepat operasi. Proses kompresi pada motor dua langkah terjadi dua kali setiap putaran. Kompresi pertama atau *pre-compression* berlangsung didalam engkol, dimana campuran udara dan bahan bakar ditarik kedalam bak engkol dan selanjutnya dikompresi melalui gerakan engkol dan masuk keruang bakar.kompresi kedua berlangsung didalam silinder dan ruang bakar sehingga dihasilkan tekanan tinggi untuk menyalakan campuran udara dan bahan bakar dengan bantuan busi. Prinsip kerja motor bakar dua langkah dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.9 Prinsip Kerja Motor 2-langkah (<http://fastnlow.net>).

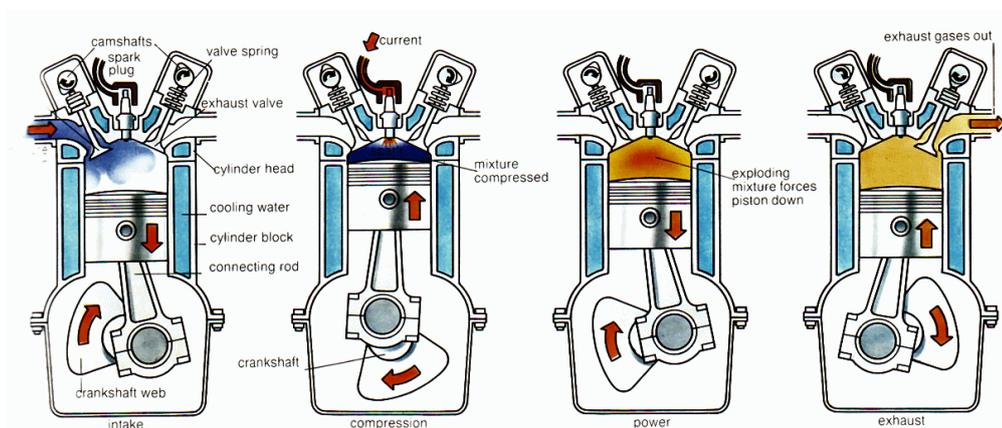
1. Langkah hisap, saat torak bergerak menuju ke TMA (setengah putaran pertama atau  $180^\circ$ ), terjadi kevakuman diruang engkol (dibagian bawah torak) dan saluran masuk terbuka. Karena adanya beda tekanan tersebut, udara luar dihisap masuk dan bercampur dengan bahan bakar dikarburator yang selanjutnya masuk ke ruang engkol. Proses ini disebut langkah hisap.
2. *Pre-compression*, saat torak bergerak kebawah (setengah putaran kedua  $180^\circ$ ) menutup lubang saluran masuk dan meremas (*squeezes*) campuran bahan bakar dan udara didalam bak engkol sehingga

tekanannya meningkat. Saat torak terus bergerak kebawah, saluran transfer pada dinding silinder terbuka. Campuran bertekanan didesak naik ke atas piston. (pada titik ini, saluran buang di dinding silinder di seberang saluran transfer terbuka).

3. Langkah kompresi, piston bergerak ke TMA (menutup saluran transfer dan buang) dan memampatkan campuran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar.
4. Langkah daya, tepat sebelum torak mencapai TMA, busi memercikan bunga api keruang bakar yang terdapat campuran udara dan bahan bakar bertekanan tinggi. Sehingga terjadi ledakan pada ruang bakar yang mengakibatkan terdorongnya piston dari TMA ke TMB untuk melakukan langkah daya.
5. Langkah buang, saat torak bergerak kebawah melakukan langkah daya, saluran buang terbuka dan campuran yang masuk dari saluran transfer membantu mendorong gas sisa pembakaran ke luar mesin. Proses ini disebut proses pembilasan langkah hisap, saat torak bergerak menuju ke TMA (setengah putaran pertama atau  $180^\circ$ ), terjadi kevakuman diruang engkol (bagian bawah torak) dan saluran masuk terbuka. Karena adanya beda tekanan tersebut, udara luar dihisap masuk dan bercampur dengan bahan bakar di karburator yang selanjutnya masuk ke ruang engkol. Proses ini disebut langkah hisap.

#### 2.6.1 Motor Empat Langkah

Motor empat langkah membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus didalam silinder. Dengan kata lain, setiap silinder membutuhkan empat langkah torak pada dua putaran poros engkol untuk melengkapi siklusnya. Prinsip kerja motor empat langkah ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Motor 4-langkah ([www.kompasiana.com](http://www.kompasiana.com)).

1. Langkah hisap, diawali dengan torak di TMA dan berakhir dengan posisi torak di TMB, yang mana menghisap campuran udara dan bahan bakar. Untuk meningkatkan masa campuran yang dihisap, katup masuk terbuka sesaat sebelum langkah hisap dimulai dan menutup setelah berakhirnya langkah tersebut.
2. Langkah kompresi, ketika kedua katup tertutup dimana campuran didalam silinder dimampatkan dan volumenya diperkecil. Menjelang akhir langkah kompresi, pembakaran diaktifkan dan tekanan silinder naikdengan cepat.
3. Langkah daya atau langkah ekspansi, diawali dengan posisi torak di TMA dan berakhir di TMB ketika temperatur dan tekanan gas yang tinggi mendorong torak ke bawah dan memaksa poros engkol untuk berputar. Ketika torak mendekati TMB, katup buang terbuka untuk mengawali proses buang dan tekanan silinder turun mendekati tekanan buang.
4. Langkah buang, dimana sisa gas hasil pembakaran keluar dari silinder disebabkan tekanan silinder yang pada hakikatnya lebih tinggi dibandingkan tekanan buang. Gas kemudian didorong keluar oleh torak ketika bergerak kearah TMA. Ketika torak mendekati TMA, katup masuk terbuka. Sesaat setelah TMA, katup buang terbuka dan siklus dimulai lagi dari awal dan begitu pula seterusnya.

Untuk memperoleh keluaran daya yang lebih tinggi dari ukuran motor yang ditentukan, dan desain katup yang lebih sederhana, dikembangkan siklus dua

langkah. Siklus dua langkah juga dapat digunakan baik untuk motor pengapian percikan maupun pengapian kompresi.

## 2.7 Parameter Kinerja Motor Bakar

Kinerja motor bergantung pada beberapa parameter, yaitu kinematika torak, kinerja, tekanan efektif purata, torsi dan daya, serta konsumsi bahan bakar spesifik. Berikut penjelasannya (Ir. Philip Kristanto 2017).

### 2.7.1 Kinematika Torak

Ada dua mekanisme gerak yang terjadi pada motor bakar, yaitu gerak-bolak-balik dan gerak putar. Gerak bolak-balik dilakukan oleh komponen torak, batang torak (*connecting rod*) dan katup. Gerak putar dihasilkan oleh komponen poros engkol, poros bubungan, dan roda penerus (*flywheel*).

Torak bergerak translasi bolak-balik didalam silinder antara TMA dan TMB dengan kecepatan purata sebanding dengan poros engkol. Jadi, setiap putaran poros engkol, torak menjalani lintasan yang sama dengan dari TMA ke TMB dan sebaliknya sebanyak dua kali langkahnya.

$$\bar{V}_t = 2 L N \quad (2-1)$$

Dimana:

$L$  = panjang langkah (m)

$N$  = putaran poros engkol, putara/menit (rpm)

$\bar{V}_t$  = kecepatan torak purata (m/s)

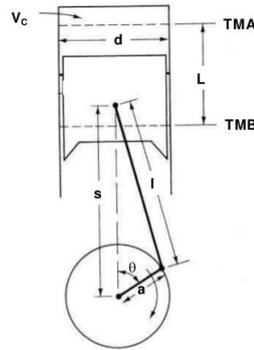
Hubungan antara panjang langkah,  $L$ , dan radius engkol (*crank offset*),  $a$ , suatu motor dengan diameter silinder (*bore*),  $d$ , yang berputar pada kecepatan motor,  $N$ , dinyatakan dengan:

$$L = 2a \quad (2-2)$$

$a$  dan  $d$  pada umumnya dinyatakan dalam m atau cm.

Pada torak, atau lintasannya sejauh  $L$  dari titik matinya dinyatakan dengan:

$$L = a \cos\theta + \sqrt{l^2 - a^2 \sin^2\theta} \quad (2-3)$$



Gambar 2.11 Geometri Torak dan Silinder (Ir. Philip Kristanto 2017).

Dimana:

$a$  = radius engkol

$I$  = panjang batang penghubung (*connecting rod*)

$\theta$  = sudut engkol, yang diukur dari garis pusat (*center line*) silinder yang bernilai nol ketika torak berada di TMA.

Jika rasio panjang batang penghubung,  $I$ , terhadap radius engkol,  $a$ , dinyatakan dengan  $R$ , atau:

$$R = I/a \quad (2-4)$$

Persamaan (2-3) dapat dinyatakan ulang melalui:

$$L = a \cos\theta + \sqrt{I^2 - a^2 \sin^2\theta} = a \cos\theta + \sqrt{R^2 a^2 - a^2 \sin^2\theta}$$

$$L = a \cos\theta + a \sqrt{R^2 - \sin^2\theta}, \text{ atau}$$

$$L = a [\cos\theta + \sqrt{R^2 - \sin^2\theta}] \quad (2-5)$$

Nilai  $R$  untuk motor kecil pada umumnya antara 3 sampai 4, sedangkan untuk motor besar antara 5 sampai 10. Hal ini menunjukkan pengaruh  $R$  terhadap kecepatan torak.

### 2.7.2 Kinerja

Kinerja pada motor pembakaran dalam dihasilkan oleh gas didalam silinder ruang bakar. Kinerja merupakan hasil dari suatu gaya yang bekerja melalui suatu jarak tertentu. Ini berkaitan dengan gaya yang dihasilkan tekanan gas pada torak yang bergerak. Kinerja yang dihasilkan pada suatu siklus motor pembakaran dalam:

$$w = \int F dx = \int P A_t dx \quad (2-6)$$

Dimana:

P = tekanan didalam ruang bakar

$A_t$  = luasan dimana torak bekerja

x = jarak gerakan torak

dan

$$A_t dx = dV \quad (2-7)$$

$dV$  adalah volume diferensial yang dipindahkan oleh torak ketika bergerak ke suatu jarak  $dx$  sehingga kerja yang dilakukan dapat dituliskan dengan:

$$w = \int P dV \quad (2-8)$$

siklus motor sebenarnya dinyatakan melalui diagram indikator. Diagram indikator dihasilkan melalui *plotter* mekanis yang dihubungkan langsung ke motor.

### 2.7.3 Tekanan Efektif Purata

Ukuran kinerja motor yang lebih bermanfaat diperoleh dengan membagi kerja persiklus dengan volume yang dipindahkan dari silinder persiklus. Parameter yang dihasilkan mempunyai satuan gaya persatuan luas dan disebut dengan tekanan efektif putara (*Mean Effective Pressure*, MEP).

$$W = (mep)\Delta v$$

Atau

$$mep = \frac{w}{\Delta v} \quad (2-9)$$

$$\Delta v = v_{TMB} - v_{TMA} \quad (2-10)$$

Dimana:

W = kerja pada suatu siklus

w = kerja spesifik suatu siklus

Jika digunakan parameter kerja rem, maka tekanan efektif puratanya disebut dengan tekanan efektif purata rem (*Brake Mean Effective Pressure*, BMEP).

$$bmep = \frac{w_b}{\Delta v} \quad (2-11)$$

Jika digunakan parameter kerja indikasi, maka tekanan efektif puratanya disebut tekanan efektif putara indikasi (*Indicated Mean Effective Pressure*, IMEP).

$$imep = \frac{w_b}{\Delta v} \quad (2-12)$$

Nilai maksimum BMEP motor bensin berada dalam kisaran 850 sampai 1050 kPa pada kecepatan dimana diperoleh torsi maksimum (sekitar 3000 rpm). Untuk motor bensin yang dilengkapi turbocarjer, BMEP maksimum berada dalam kisaran 1250 sampai 1700 kPa. Untuk motor diesel empat langkah, BMEP maksimum berada dalam kisaran 700 sampai 900 kPa. Untuk motor diesel empat langkah yang dilengkapi turbocarjer, nilai maksimum BMEP secara khas berada dalam kisaran 1000 sampai 1200 kPa, sementara untuk motor yang dilengkapi *aftercooled turbocharger* dapat naik sampai 1400 kPa.

#### 2.7.4 Torsi dan Daya

Torsi yang dihasilkan suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan dynamometer yang dikopel dengan poros output mesin. Oleh karena sifat dynamometer yang bertindak seolah-olah seperti sebuah rem dalam sebuah mesin, maka daya yang dihasilkan poros output ini sering disebut sebagai daya rem (Mulfi Hazwi 2014).

$$P_B = \frac{2\pi n}{60} T \quad (2-13)$$

Torsi dan daya adalah ukuran yang menggambarkan *output* kinerja dari motor pembakaran dalam. Kedua parameter ini menjelaskan dan elemen kinerja yang berbeda, tergantung penggunaan kendaraan. Jadi pada saat merancang kendaraan, produsen harus mempertimbangkan kendaraan akan digunakan untuk apa. Sebagai contoh, sebuah mobil sport mungkin memerlukan daya yang besar, namun karena ringan maka tidak selalu memerlukan jumlah torsi yang besar. Sebaliknya, kendaraan yang dirancang untuk membawa beban berat, seperti kendaraan untuk angkutan orang atau barang, mungkin memerlukan torsi yang lebih besar dan daya yang lebih kecil (Ir. Philip Kristanto 2017).

Ketika piston bergerak dari TMA ke TMB selama langkah daya, sebuah daya diberikan ke batang penghubung (*connecting rod*) yang menghubungkan piston dengan bantalan poros engkol sehingga poros engkol berputar. Gaya putar yang diterapkan untuk poros engkol ini disebut torsi ( $\tau$ ). Jadi torsi menyatakan ukuran kemampuan motor untuk melakukan kerja. Satu ukuran untuk torsi adalah Newton-meter.

Hubungan torsi dengan kerja rem dinyatakan dengan:

$$2\pi\tau = W_b = (bmep) \frac{V_L}{n} \quad (2-14)$$

Untuk motor siklus dua langkah, dengan satu siklus untuk setiap putaran (n=1)

$$2\pi\tau = w_b = (bmep)V_L \quad (2-15)$$

$$\tau = (bmep) \frac{V_L}{2\pi} \quad \text{untuk siklus dua langkah} \quad (2-16)$$

Untuk motor siklus empat langkah, melakukan dua putaran per siklus (n=2)

$$\tau = (bmep) \frac{V_L}{4\pi} \quad \text{untuk siklus empat langkah} \quad (2-17)$$

Dalam persamaan ini, BMEP dan kerja rem  $W_b$  digunakan karena torsi merupakan ukuran keluaran poros engkol. Motor diesel pada umumnya mempunyai torsi lebih tinggi dibanding motor bensin.

Jika torsi menyatakan ukuran kemampuan motor untuk melakukan kerja, maka daya adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan seberapa besar kerja yang dapat dilakukan dalam satu periode waktu tertentu. Jadi daya menyatakan ukuran kelajuan dimana kerja dilakukan. Dengan kata lain, jika torsi menentukan apakah suatu motor dapat menggerakkan kendaraan melalui suatu rintangan, maka daya menentukan seberapa cepat kendaraan mampu bergerak di atas rintangan itu.

Jika n = banyaknya putaran per siklus dan N = kecepatan motor, maka

$$\dot{W} = w \frac{N}{n} \quad (2-18)$$

$$\dot{W} = 2\pi N \tau \quad (2-19)$$

$$\dot{W} = \left(\frac{1}{2n}\right) (mep) A_t \bar{v}_t \quad (2-20)$$

Dimana:

$W_b$  = kerja rem satu putaran

$V_L$  = volume satu langkah

n = jumlah putaran per siklus

$$\dot{W} = (mep) \frac{A_t \bar{v}_t}{4} \quad \text{untuk siklus empat langkah} \quad (2-21)$$

$$\dot{W} = (mep) \frac{A_t \bar{v}_t}{2} \quad \text{untuk siklus dua langkah} \quad (2-22)$$

Dengan:

W = kerja per siklus

$A_t$  = luasan muka torak dari semua torak

$\bar{V}_t$  = kecepatan torak purata

Dari definisi kerja atau MEP yang digunakan didalam persamaan (2-18) sampai (2-22), daya dapat dinyatakan sebagai daya rem, daya indikasi bersih (*net indicated power*), daya indikator kotor (*gross indicated power*), daya pompa dan bahkan daya gesekan.

$$W_b = \mu_m W_i \quad (2-23)$$

$$(W_i)_{\text{netto}} = (W_i)_{\text{kotor}} - (W_i)_{\text{pompa}} \quad (2-24)$$

$$W_b = W_i - W_i \quad (2-25)$$

Dimana  $\mu_m$  = efisiensi mekanik motor.

Daya dinyatakan dalam KW atau daya kuda (*horse power, HP*), dimana hubungannya dinyatakan melalui:

$$1 \text{ hp} = 0.7457 \text{ kw}$$

$$1 \text{ kw} = 1.341 \text{ hp}$$

$$1 \text{ ps} = 0.7355 \text{ kw}$$

Torsi maupun daya merupakan fungsi kecepatan motor. Pada kecepatan rendah, torsi meningkat dengan meningkatnya kecepatan motor. Saat kecepatan motor ditingkatkan lebih lanjut, torsi mencapai maksimum dan kemudian berukuran. Berkurangnya torsi pada kecepatan yang lebih tinggi karena motor tidak mampu mencerna muatan udara yang penuh.

Untuk memperoleh daya yang lebih besar dapat melakukan meningkatkan volume langkah, MEP, dan kecepatan. Meningkatkan volume langkah berarti meningkatkan massa motor dan kebutuhan ruang, keduanya bertentangan dengan kecenderungan dengan mobil masa kini. Karena alasan ini, motor modern dibuat lebih kecil tetapi dapat berputar dengan kecepatan lebih tinggi, dan sering dilengkapi dengan *supercharger* atau *turbocharger* untuk meningkatkan MEP.

### 2.7.5 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin. Bila daya rem dalam satuan kW dan laju aliran massa bahan bakar dalam satuan kg/jam, maka (Mulfi Hazwi 2014):

$$Sfc = \frac{m_f \times 10^3}{P_B} \quad (2-26)$$

Besarnya laju aliran massa bahan bakar ( $m_f$ ) dihitung dengan persamaan berikut:

$$m_f = \frac{sgf.V_f.10^{-3}}{t_f} \times 3600 \quad (2-27)$$

Dalam pengujian motor, konsumsi bahan bakar diukur sebagai laju aliran massa bahan bakar per satuan waktu ( $\dot{m}_{bb}$ ). Ukuran bagaimana motor menggunakan bahan bakar yang tersedia secara efisien untuk menghasilkan kerja yang disebut konsumsi bahan bakar spesifik yang dinyatakan sebagai laju aliran massa bahan bakar per satuan daya (Ir. Philip Kristanto 2017).

$$Sfc = \frac{\dot{m}_{bb}}{\dot{W}} \quad (2-28)$$

Dimana,  $\dot{m}_{bb}$  = laju aliran bahan bakar kedalam motor (gr/sekon), dan

$\dot{W}$  = daya motor (kW).

1. Daya rem,  $\dot{W}_b$ , memberikan konsumsi bahan bakar spesifik (*brake specific*

$$\text{fuel consumption, BSFC): } bsfc = \frac{\dot{m}_{bb}}{\dot{W}_b} \quad (2-29)$$

2. Daya indikasi,  $\dot{W}_t$ , memberikan konsumsi bahan bakar spesifik (*indicated*

$$\text{specific fuel consumption, ISFC): } isfc = \frac{\dot{m}_{bb}}{\dot{W}_i} \quad (2-30)$$

Konsumsi bahan bakar spesifik rem (BSFC), berkurang ketika kecepatan motor meningkat (pada kisaran kecepatan rendah), mencapai minimum, dan kemudian meningkat lagi pada kecepatan tinggi karena tingginya kerugian gesekan. Konsumsi bahan bakar spesifik rem (BSFC), juga bergantung pada rasio kompresi. Semakin tinggi rasio kompresi semakin rendah BSFC.

Pada rasio kompresi lebih tinggi BSFC berkurang, berkaitan dengan efisiensi thermal yang lebih tinggi. Konsumsi bahan bakar spesifik pada umumnya dinyatakan dalam satuan gm/kW-jam. Untuk kendaraan transportasi pada umumnya menggunakan ekonomi bahan bakar berkaitan dengan jarak jelajah per satuan bahan bakar, seperti kilometer per liter (km/l).

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

1. Tempat pelaksanaan perancangan mesin motor bakar satu silinder dengan daya maksimum 1 hp dan putaran maksimum 6000 rpm. Di Jalan Balai Desa Tanjung Selamat Sunggal.
2. Waktu perancangan dan penyusunan tugas sarjana ini dilaksanakan pada 28 desember 2018 dan dinyatakan selesai oleh dosen pembimbing.

Tabel 3.1 waktu kegiatan

No	Kegiatan	Juli	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
1	Pengajuan Judul	■					
2	Studi Literatur		■				
3	Desain Rancangan			■			
4	Penyediaan Alat Dan Bahan				■		
5	Perancangan Motor Bakar				■	■	
6	Penyusunan Skripsi				■	■	■

### 3.2 Alat yang digunakan

Adapun alat yang digunakan untuk perancangan mesin motor bakar ini adalah:

1. Alat gambar

Alat gambar berfungsi untuk menyketsa gambar dari komponen-komponen mesin motor bakar sementara.



Gambar 3.1 Alat Gambar

## 2. Laptop

Laptop berfungsi untuk menggambar komponen-komponen mesin motor bakar dengan menggunakan bantuan software.



Gambar 3.2 Laptop

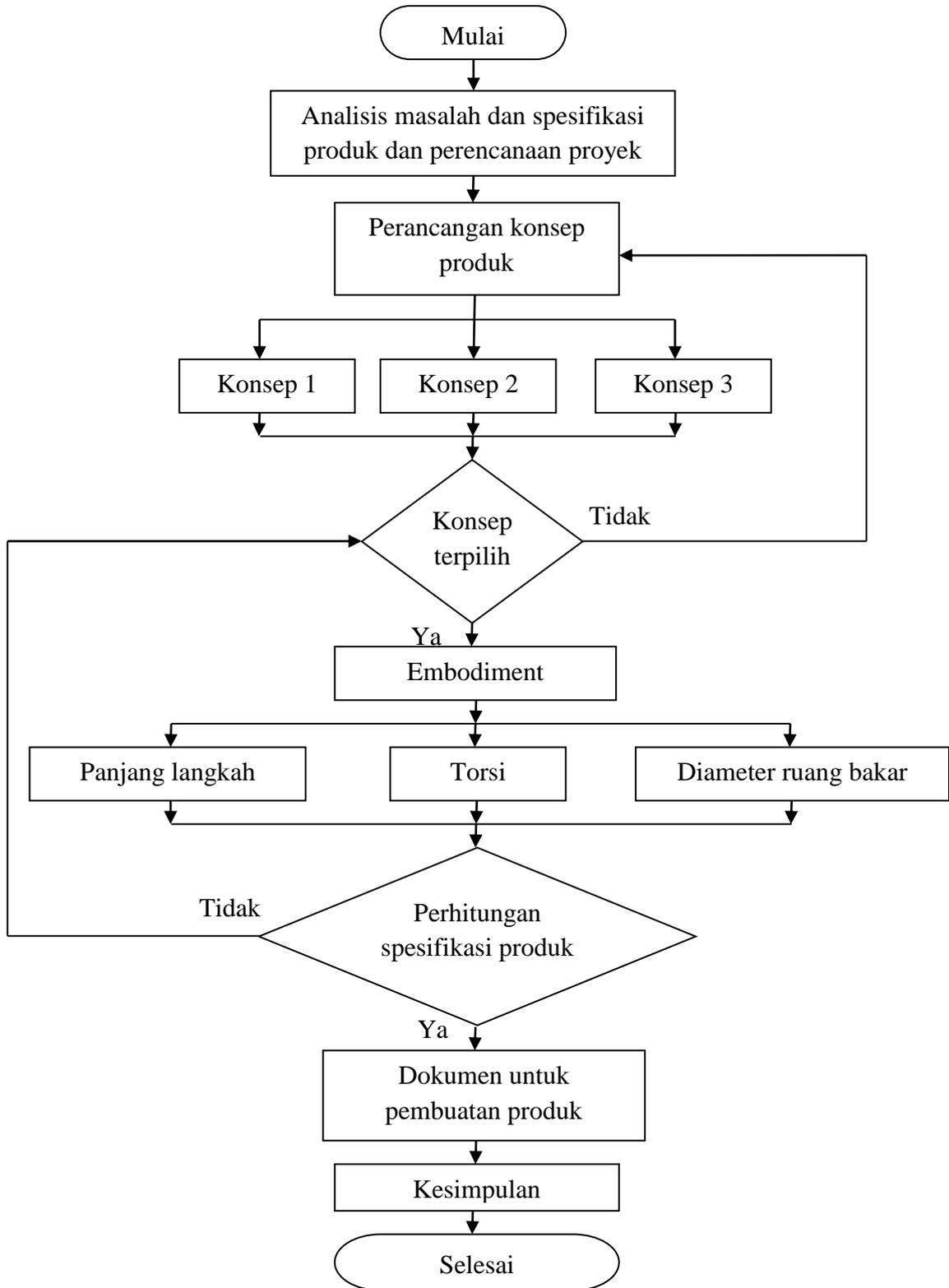
### 3. Perangkat Lunak *Autodesk Inventor*

Perangkat Lunak *Autodesk Inventor* ini merupakan salah satu software yang digunakan untuk menggambar komponen-komponen motor bakar.



Gambar 3.3 Perangkat Lunak *Autodesk Inventor*

### 3.3 Diagram Alir Perancangan Mesin Motor Bakar



Gambar 3.4 Diagram Alir Perancangan Mesin Motor Bakar

### 3.3.1 Penjelasan Diagram Alir

#### 1. Analisis masalah dan spesifikasi produk dan perencanaan proyek

Dimulai dari menganalisis masalah dan spesifikasi produk dan perencanaan proyek, dimana seorang perancang harus menganalisa kebutuhan konsumen dalam pekerjaannya sehari-hari. Kemudian, merencanakan perancangan produk untuk dapat memenuhi kebutuhan konsumen dalam pekerjaannya sehari-hari.

#### 2. Perancangan konsep

Perancangan konsep merupakan sekumpulan solusi atau ide-ide dari beberapa sumber dalam bentuk skema yang kemudian dikaji guna untuk mendapatkan solusi atau ide-ide terbaik dalam perancangan yang akan dibuat. Dalam perancangan konsep ini solusi atau ide-ide dikembangkan sesuai dengan teknologi masa kini. Agar produk yang dirancang lebih mudah pemakaiannya dan memiliki kualitas yang baik dari produk yang sudah ada.

#### 3. Konsep terpilih

Konsep terpilih merupakan hasil dari solusi atau ide-ide dari berbagai sumber yang telah dikaji. Konsep terbaik ini diterapkan pada produk yang akan dirancang.

#### 4. *Embodiment*

Dalam fase *Embodiment* ini berakhir dengan perancangan detail komponen produk terhadap performance, yang kemudian dituangkan dalam gambar-gambar detail untuk proses pembuatan produk perancangan.

#### 5. Perhitungan spesifikasi produk

Hasil perancangan produk haruslah sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Seperti dapat memenuhi fungsinya, mempunyai karakteristik dan dapat melakukan kinerja atau *performance* yang diinginkan. Maka diperlukan perhitungan spesifikasi. Apabila perhitungan sesuai dengan spesifikasi maka dilanjutkan ke dokumen pembuatan produk dan apabila perhitungan tidak sesuai, maka kembali ke *embodiment* yang akan merancang kembali ukuran-ukuran pada komponen mesin.

#### 6. Dokumen untuk pembuatan produk

Pada fase ini, hasil rancangan produk terdiri dari gambar-gambar komponen mesin motor bakar.

#### 7. Kesimpulan

Dari kesimpulan ini dapat diterangkan hal apa saja yang diterapkan pada hasil rancangan yang dibuat.

### 3.4 Perancang Konsep Desain Rancangan Mesin Motor Bakar

Adapun gambaran secara manual konsep desain rancangan mesin motor bakar yang diusulkan dari beberapa sumber yakni:

1. Konsep pertama, pada konsep pertama ini bak mesin mempunyai bentuk seperti persegi yang tidak senyawa atau dapat dibuka menjadi dua bagian dengan blok dan deksel terpisah atau dapat dibuka satu persatu.
2. Konsep kedua, pada konsep kedua ini bak mesin mempunyai bentuk lingkaran yang dapat dibuka menjadi dua bagian dengan blok dan deksel yang senyawa.
3. Konsep ketiga, pada konsep ketiga ini bak mesin mempunyai bentuk seperti prisma yang menyatu dengan blok silinder, sedangkan blok deksel dan bagian samping bak mesin dapat di bongkar pasang.

### 3.5 Prosedur Perancangan Mesin Motor Bakar

1. Dimulai dari menganalisis masalah dan spesifikasi produk dan perencanaan proyek, dimana seorang perancang harus menganalisa kebutuhan konsumen dalam pekerjaannya sehari-hari. Kemudian, merencanakan perancangan produk untuk dapat memenuhi kebutuhan konsumen dalam pekerjaannya sehari-hari.
2. Merancang konsep yang merupakan sekumpulan solusi atau ide-ide dari beberapa sumber dalam bentuk skema yang kemudian dikaji guna untuk mendapatkan solusi atau ide-ide terbaik dalam perancangan yang akan dibuat. Dalam perancangan konsep ini solusi atau ide-ide dikembangkan sesuai dengan teknologi masa kini. Agar produk yang dirancang lebih mudah pemakaiannya dan memiliki kualitas yang baik dari produk yang sudah ada.

3. Dalam fase *embodiment* ini berakhir dengan perancangan detail komponen produk terhadap *performance*, yang kemudian dituangkan dalam gambar-gambar detail untuk proses pembuatan produk perancangan.
4. Mengevaluasi produk hasil rancangan, mengevaluasi produk hasil rancangan ini bermaksud untuk mengkaji ulang secara teoritis hasil perancangan produk terhadap spesifikasi produk yang dirancang. Hasil perancangan produk haruslah sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Seperti dapat memenuhi fungsinya, mempunyai karakteristik dan dapat melakukan kinerja atau *performance* yang diinginkan.
5. Mendokumentasikan hasil rancangan produk yang terdiri dari gambar-gambar komponen mesin motor bakar.

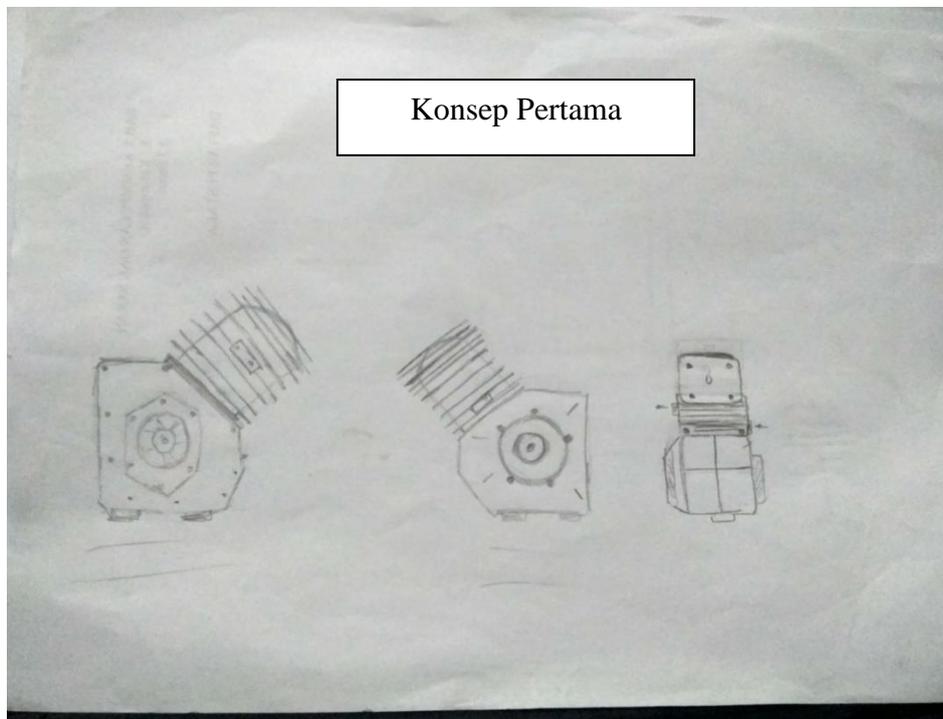
## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

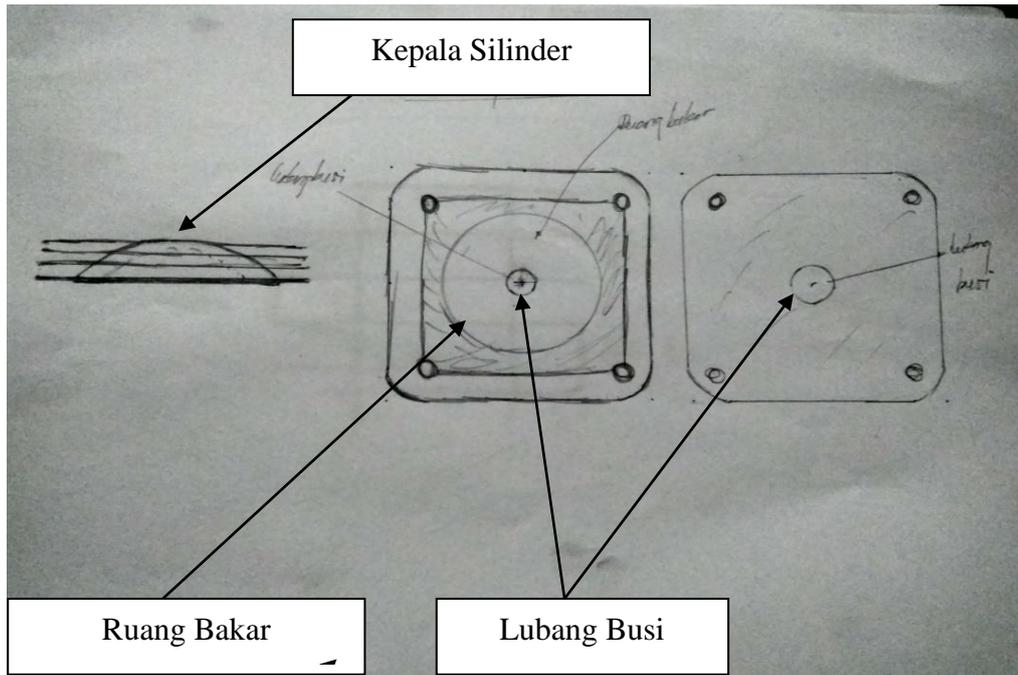
#### 4.1 Pemilihan Konsep Desain Perancangan Mesin Motor Bakar

Adapun beberapa konsep yang diajukan sebagai bahan pertimbangan untuk perancangan mesin motor bakar satu silinder dengan daya maksimum 1 hp dan putaran maksimum 6000 rpm:

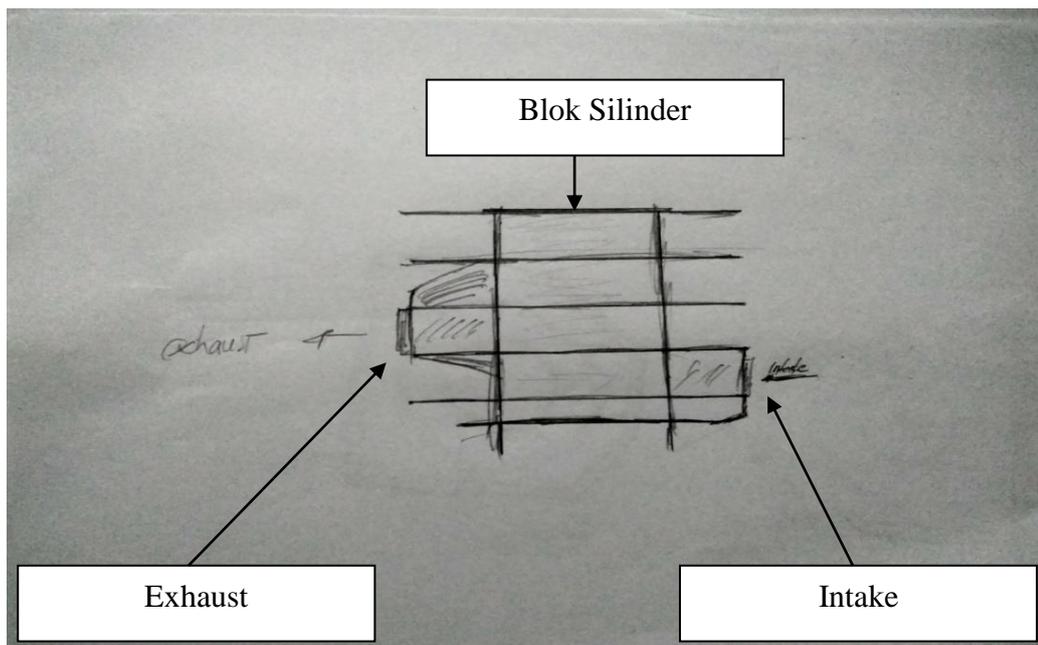
1. Konsep pertama, pada konsep pertama ini bak mesin mempunyai bentuk seperti persegi yang tidak senyawa atau dapat dibuka menjadi dua bagian dengan blok dan deksel terpisah atau dapat dibuka satu persatu.



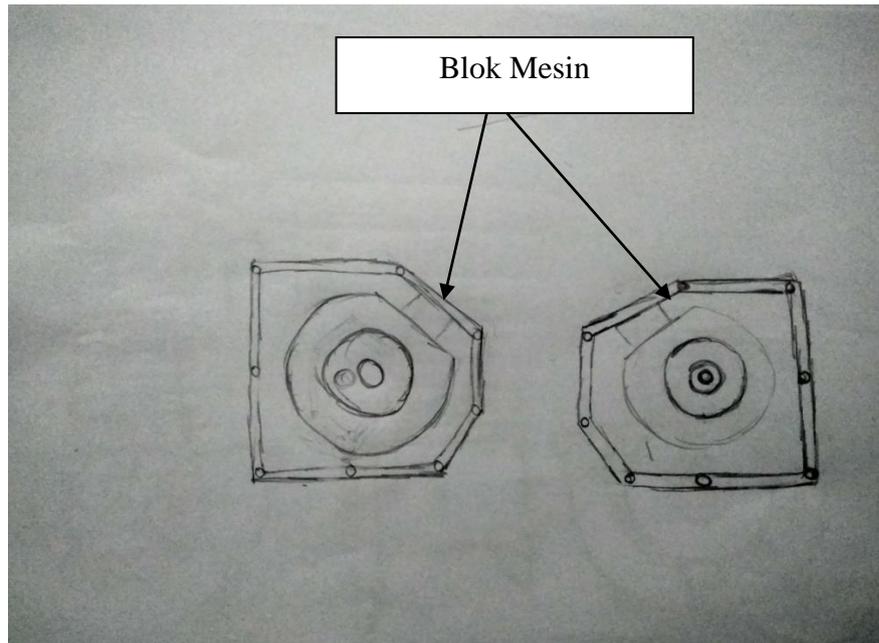
Gambar4.1 Desain Mesin Motor Bakar Pada Konsep Pertama



Gambar 4.2 Desain Kepala Silinder Pada Konsep Pertama

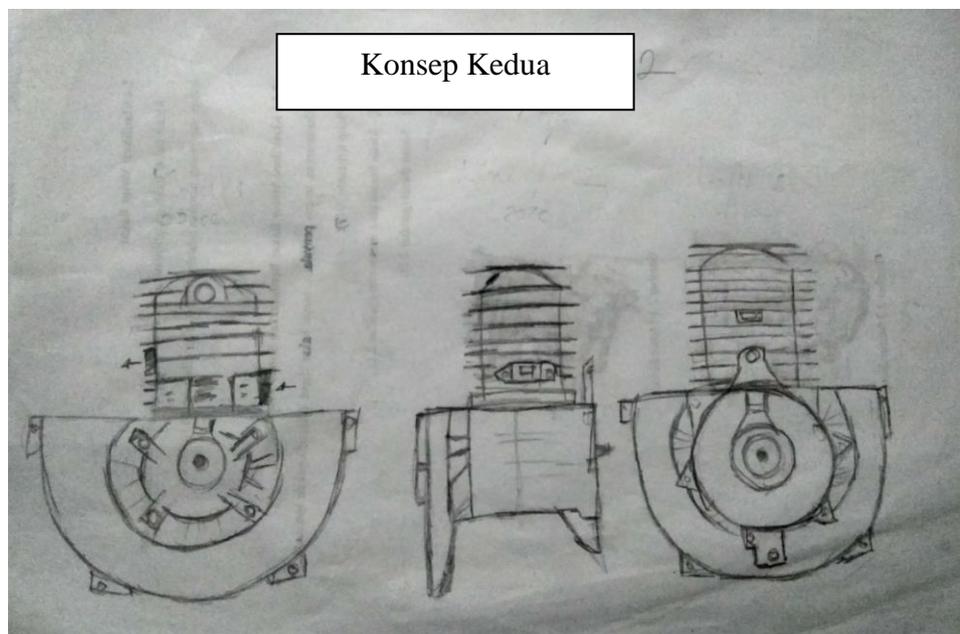


Gambar 4.3 Desain Blok Silinder Pada Konsep Pertama

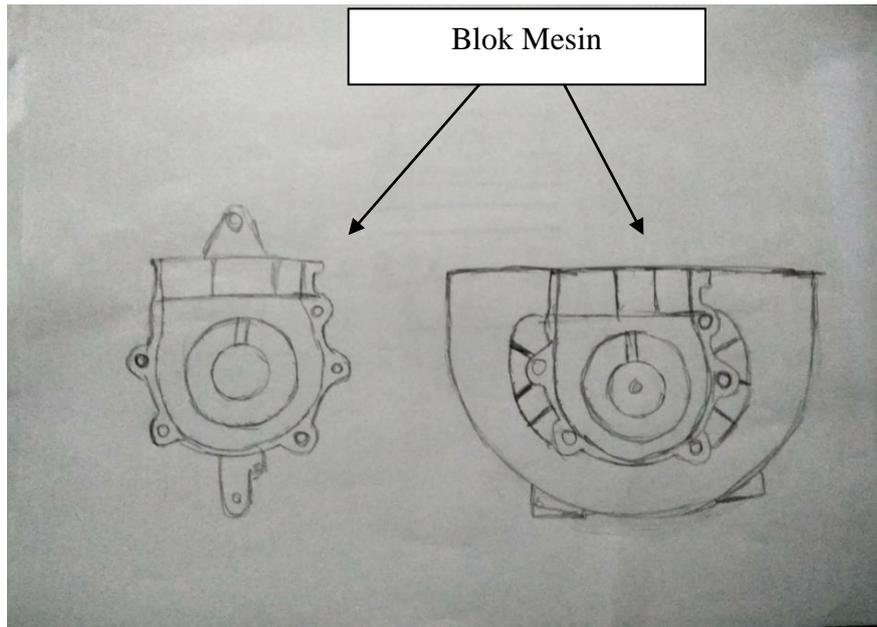


Gambar 4.4 Desain Blok Mesin Pada Konsep Pertama

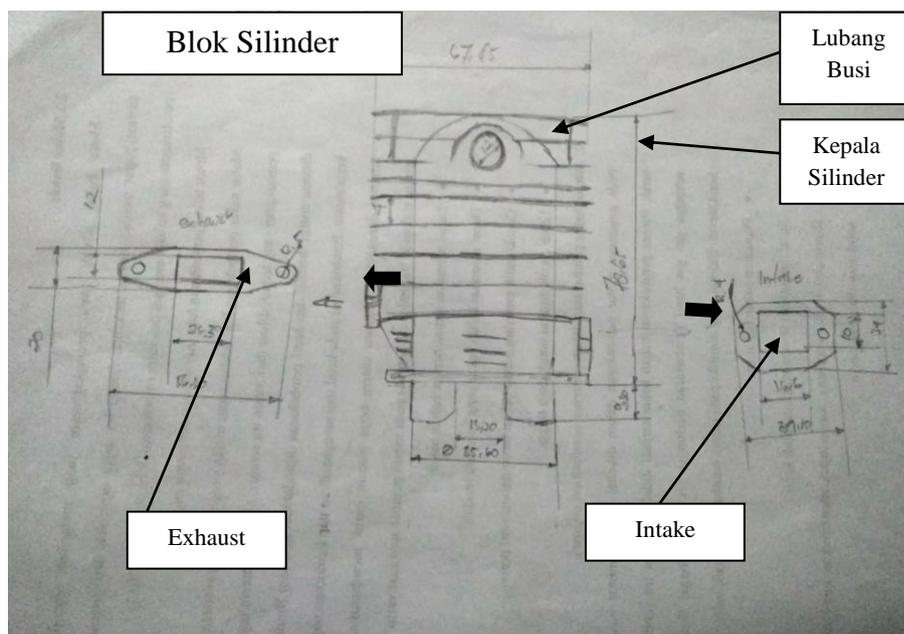
2. Konsep kedua, pada konsep kedua ini bak mesin mempunyai bentuk lingkaran yang dapat dibuka menjadi dua bagian dengan blok dan deksel yang senyawa.



Gambar 4.5 Desain Mesin Motor Bakar Pada Konsep Kedua

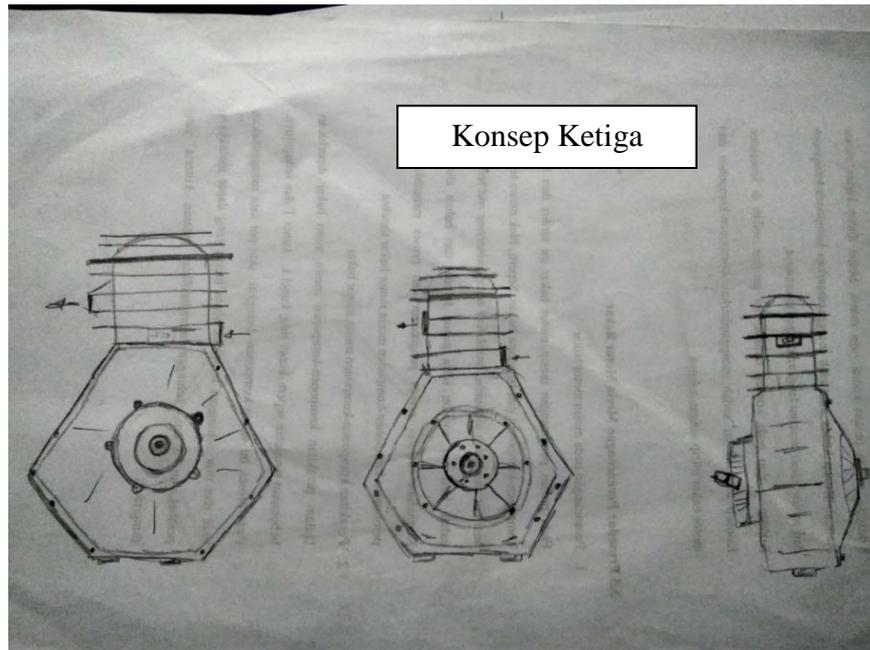


Gambar 4.6 Desain Blok Mesin Pada Konsep Kedua

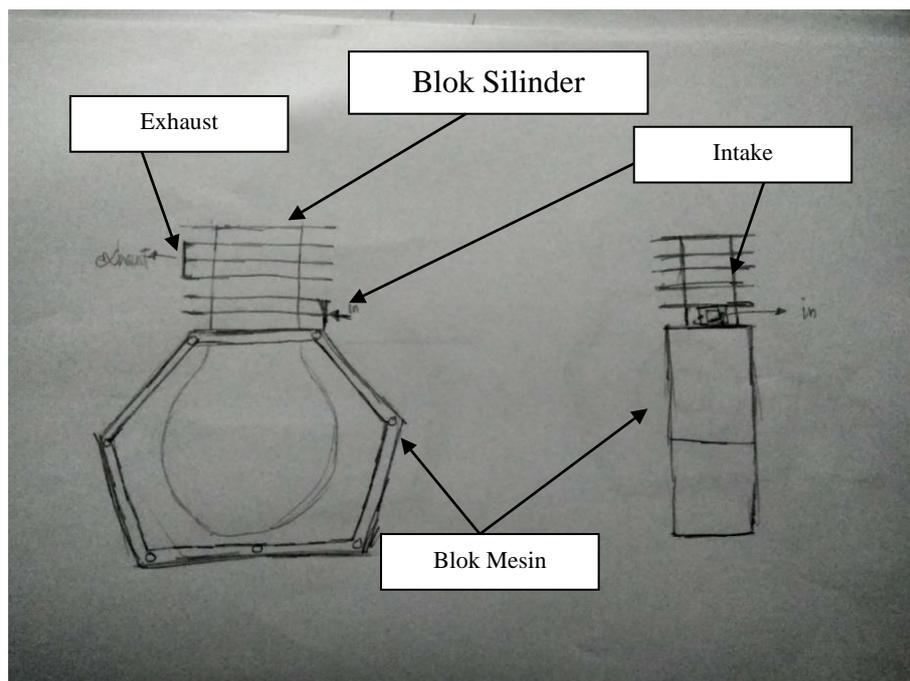


Gambar 4.7 Desain Blok Silinder Pada Konsep Kedua

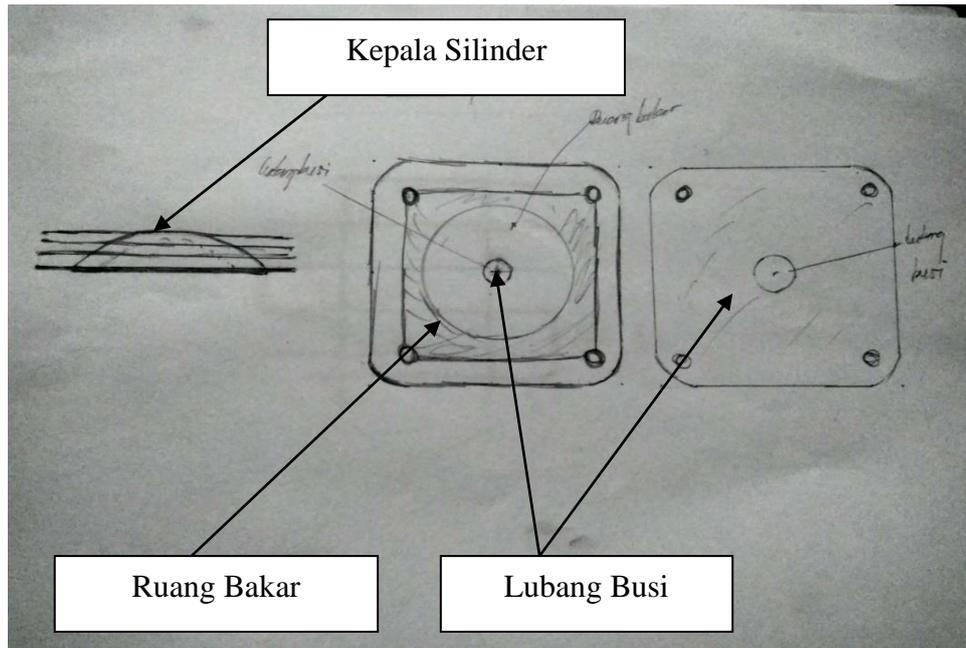
3. Konsep ketiga, pada konsep ketiga ini bak mesin mempunyai bentuk seperti prisma yang menyatu dengan blok silinder, sedangkan blok deksel dan bagian samping bak mesin dapat di bongkar pasang.



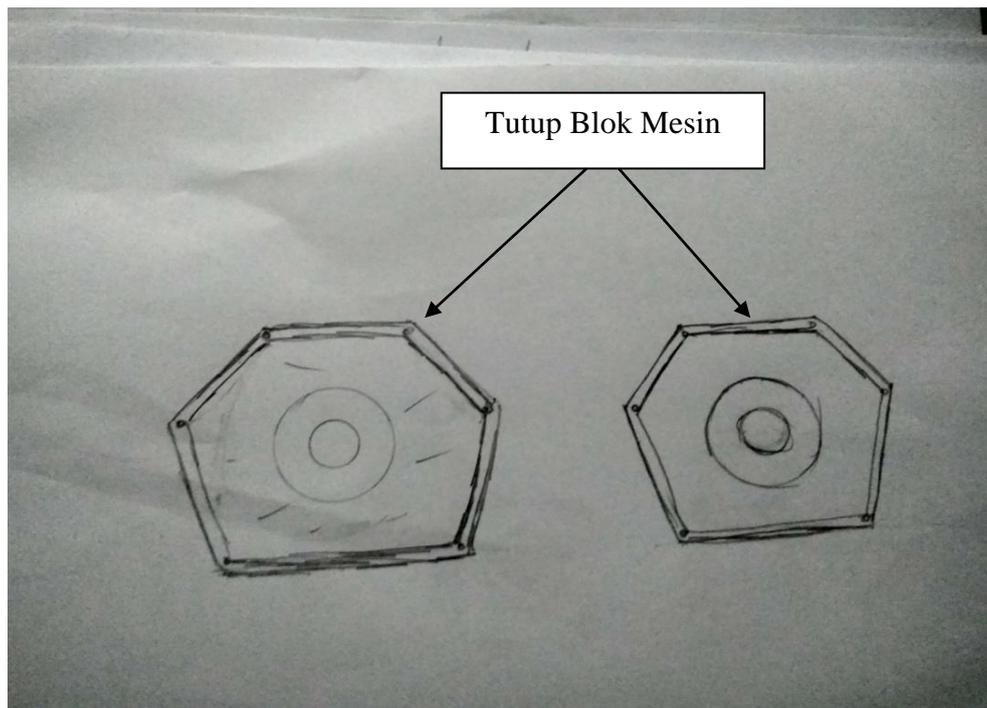
Gambar 4.8 Desain Mesin Motor Bakar Pada Konsep Ketiga



Gambar 4.9 Desain Blok Mesin Pada Konsep Ketiga



Gambar 4.10 Desain Kepala Silinder Pada Konsep Ketiga



Gambar 4.11 Desain Tutup Blok Mesin Pada Konsep Ketiga

Metode pemilihan konsep desain instrumen ini menggunakan konsep *Weight Decision Matrix*, seperti dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 pemilihan konsep(Fil Sulistri, 2015).

No	Desain	Jenis Desain Motor Bakar 6000 rpm/1hp								
		Konsep 1			Konsep 2			Konsep 3		
		Skor	Pemberat	Nilai	Skor	Pemberat	Nilai	Skor	Pemberat	Nilai
1.	Perancangan konstruksi	5	0.25	1.25	7	0.25	1.75	7	0.25	1.75
2.	Waktu perancangan	5	0.2	1	8	0.2	1.6	7	0.2	1.4
3.	Proses perakitan	5	0.2	1	8	0.2	1.6	7	0.2	1.4
4.	Performa produk	7	0.35	2,45	9	0.35	3.15	7	0.35	2,45
5.	Jumlah			5,7			8,1			7

Keterangan skor :

- a. Angka 3 artinya adalah tidak baik.
- b. Angka 5 artinya adalah cukup.
- c. Angka 7 artinya adalah baik.
- d. Angka 9 artinya adalah sangat baik.

Keterangan pemberat :

- a. Perancangan konstruksi 0.25 artinya adalah 25 %.
- b. Waktu perancangan 0.2 artinya adalah 20 %.
- c. Proses perakitan 0.2 artinya adalah 20 %.
- d. Peforma produk 0.35 artinya adalah 35 %.
- e. Jadi total keseluruhan desain adalah 100 %.

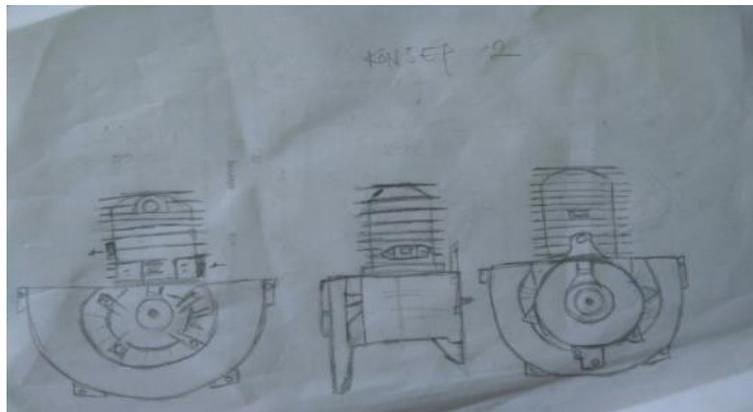
Untuk menentukan nilai tertinggi dari tabel 4.1 pemilihan konsep desain didapat dari hasil skor di kali hasil persentase dari jenis-jenis desain. Contohnya, pada desain konsep pertama nomor satu skor untuk perancangan konstruksi sebesar 5, maka untuk mendapatkan hasil nilainya ialah  $5 \times 25\% = \frac{125}{100} = 1.25$  maka nilai pada perancangan konstruksi adalah 1.25 begitu pula seterusnya.

Dari penilaian pada tabel 4.1 pemilihan konsep desain dipilih nilai tertinggi yaitu konsep kedua untuk tugas sarjana ini. Karena, dihitung secara teoritis, jumlah nilai konsep kedua lebih banyak dibandingkan jumlah nilai konsep pertama dan konsep ketiga.

#### 4.2 Hasil Pemilihan Konsep Desain Perancangan Mesin Motor Bakar

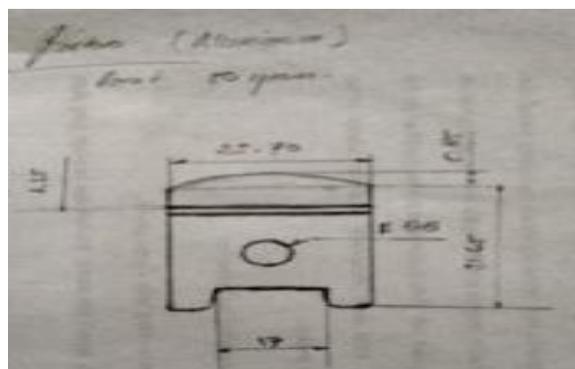
Berikut adalah konsep desain yang terpilih untuk perancangan mesin motor bakar.

1. Desain pertama, pada desain pertama ini menggambarkan secara manual keseluruhan mesin motor bakar yang akan dirancang. Tetapi, pada desain pertama ini belum ditentukan ukuran-ukuran pada mesin motor bakar, hanya saja menggambarkan gambaran mesin motor bakar yang akan dirancang.

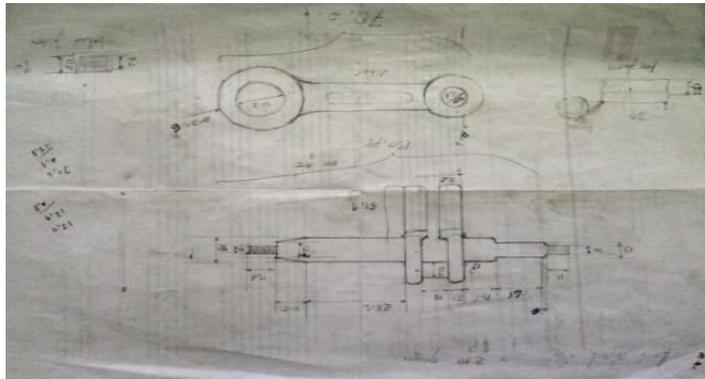


Gambar 4.12 Desain Terpilih Untuk Perancangan Mesin Motor Bakar

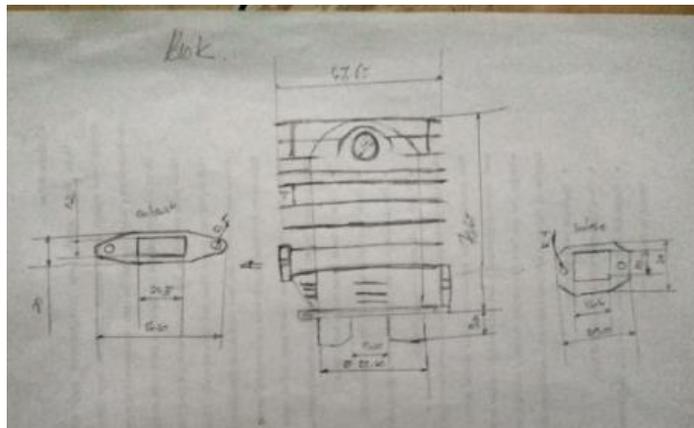
2. Desain kedua, setelah desain pertama selesai dilanjutkan desain kedua. Pada desain kedua ini, masih sama dengan konsep pertama yakni menggambarkan desain mesin motor bakar secara manual. Tetapi pada konsep kedua ini sudah menggambarkan gambaran komponen-komponen mesin motor bakar yang dilengkapi dengan ukuran-ukurannya.



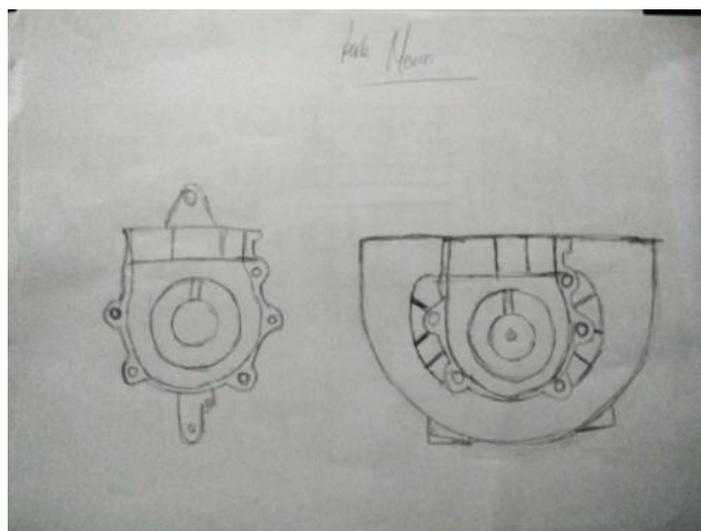
Gambar 4.13 Desain Piston Mesin Motor Bakar



Gambar 4.14 Desain Batang Penghubung dan Kruk As Mesin Motor Bakar

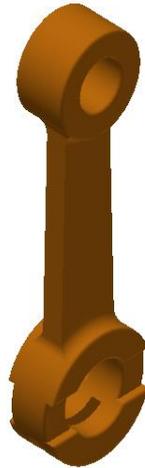


Gambar 4.15 Desain Blok Silinder Mesin Motor Bakar

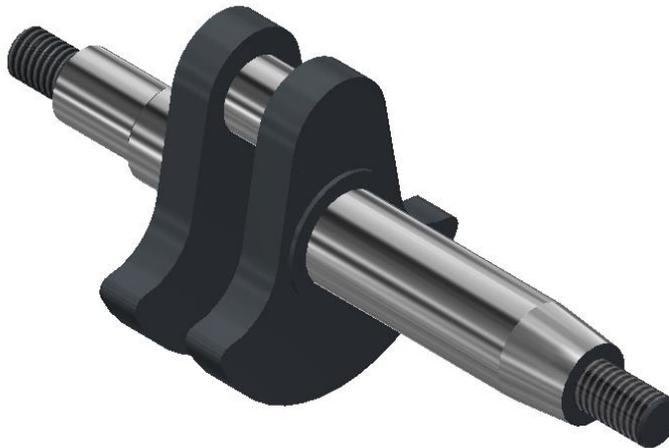


Gambar 4.16 Desain Blok Mesin Motor Bakar

3. Desain ketiga, dan pada desain ketiga ini melanjutkan penggambaran dari konsep kedua. Pada konsep ketiga ini komponen-komponen mesin motor bakar digambar menggunakan perangkat lunak *autodesk inventor*. Dimana komponen-komponen yang dirancang sudah memiliki bentuk yang sempurna.



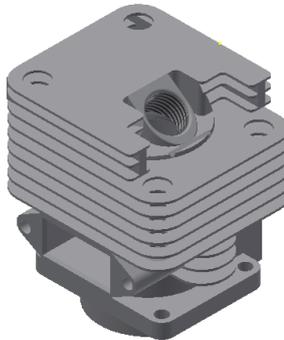
Gambar 4.17 Desain Batang Penghubung Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak *Autodesk Inventor*



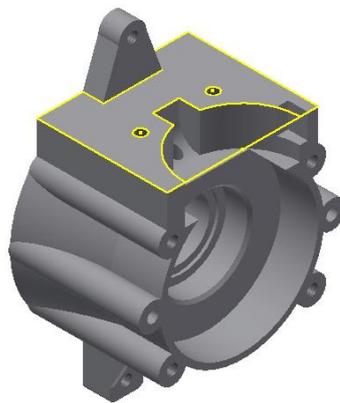
Gambar 4.18 Desain Kruk As Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak *Autodesk Inventor*



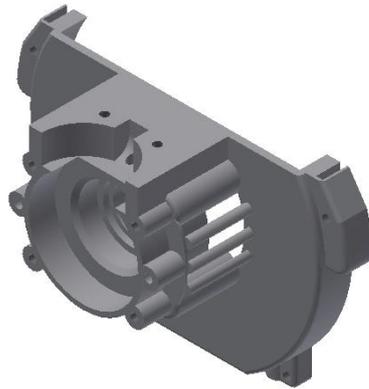
Gambar 4.19 Desain Piston Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak *Autodesk Inventor*



Gambar 4.20 Desain Blok Silinder Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak *Autodesk Inventor*



Gambar 4.21 Desain Blok Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak *Autodesk Inventor*



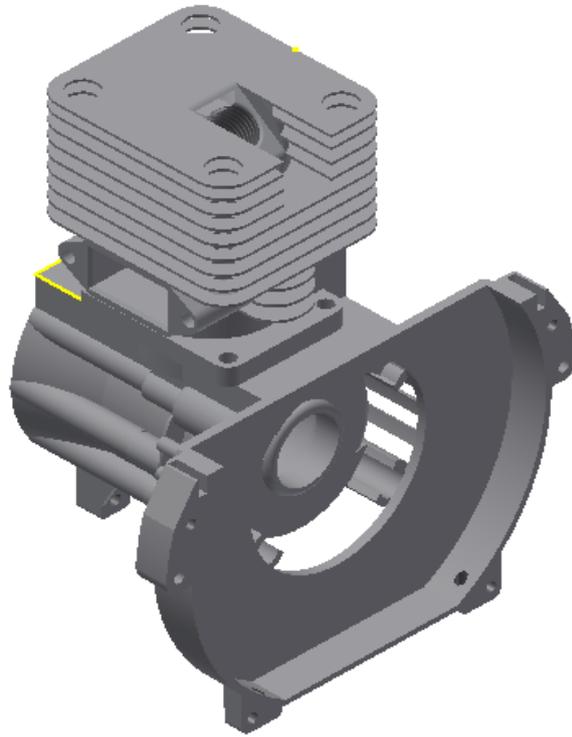
Gambar 4.22 Desain Blok Mesin Motor Bakar Menggunakan Perangkat Lunak *Autodesk Inventor*

#### 4.3 Hasil Desain Menggunakan Software Autodesk Inventor

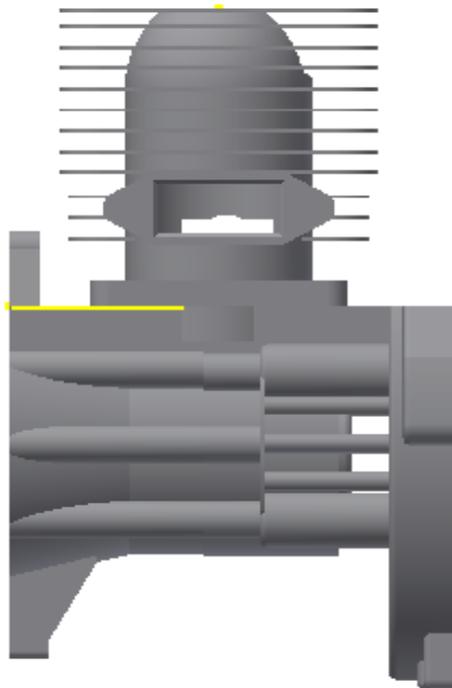
Proses perancangan mesin motor bakar ini menggunakan *software autodesk inventor*, dimana *software autodeks inventor* ini berfungsi untuk mempermudah dalam proses perancangan mesin motor bakar yang akan dibuat. Dengan adanya *software autodes inventor* ini, tingkat ketelitiannya lebih tinggi dibandingkan penggambaran secara manual. Selain mempermudah proses perancangan, juga mempercepat penggambaran komponen-komponen mesin motor bakar yang akan dibuat. Sehingga mempersingkat waktu perancangan.



Gambar 4.23 Hasil Desain Mesin Motor Bakar Tampak Samping Kiri



Gambar 4.24 Hasil Desain Mesin Motor Bakar Tampak Samping Kanan



Gambar 4.25 Hasil Desain Mesin Motor Bakar Tampak Depan

#### 4.4 Hasil Analisa

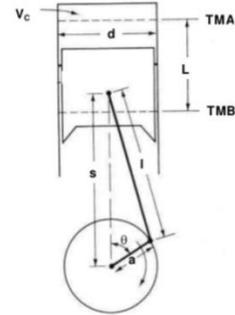
##### 4.4.1 Volume Langkah Torak

Dirancang, diameter piston = 35,75 mm

Panjang langkah = 30 mm

Maka dapat dihitung volume langkah torak,

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{\pi}{4} D^2 \cdot L \\ &= \frac{3,14}{4} (35,75)^2 \cdot 30 \\ &= 30098,37188 \text{ mm}^3 \\ &= \frac{30098,37188 \text{ mm}^3}{1000} \\ &= 30 \text{ cc} \end{aligned}$$



Diubah menjadi satuan  $\text{m}^3$   $30098,37188 \text{ mm}^3 \times 10^{-9} = 0,000030 \text{ m}^3$

##### 4.4.2 Volume Ruang Bakar

Dari hasil volume langkah torak maka didapat pula volume ruang bakar dengan perbandingan 8-11 kali lipat lebih kecil dari besar volume langkah torak untuk motor bakar bensin.

Dengan asumsi 8 maka volume ruang bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} r &= \frac{v}{vc} \Rightarrow \frac{v}{vc} = \frac{8}{1} \\ v &= 8 vc \Rightarrow 8 vc = vc + 0,000030 \\ 8 vc - vc &= 0,000030 \\ 7 vc &= 0,000030 \\ vc &= \frac{0,000030}{7} \\ vc &= 4,285 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \\ vc &= 4,285 \cdot 10^{-6} \times 1 \cdot 10^9 \\ vc &= \frac{4,285 \times 10^3 \text{ mm}^3}{1000} \Rightarrow 4,285 \text{ cc} \end{aligned}$$

Maka volume ruang bakar adalah 4,285 cc.

##### 4.4.3 Kecepatan Torak

Karena mesin yang dirancang memiliki putaran maksimum 6000 rpm, maka kecepatan torak dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 v_t &= 2 \pi N \\
 &= \left(2 \frac{\text{langkah}}{\text{putaran}}\right) \left(\frac{6000 \text{ rpm}}{60 \text{ detik}}\right) = \left(2 \times 0,03 \frac{\text{meter}}{\text{langkah}}\right) \left(\frac{6000 \text{ rpm}}{60 \text{ detik}}\right) \\
 &= (0,06)(100) = 6 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Kecepatan torak dalam 6000 rpm adalah  $6 \text{ m/s}$ .

#### 4.4.4 Gaya yang Dihasilkan

Diketahui daya (P) pada motor bakar sebesar 1 Hp, maka dapat dihitung gaya yang dihasilkan.

$$1 \text{ Hp} = 0,7457 \text{ kw} = 745,7 \text{ N m/s}$$

$$\text{Jika, } P = F \times v$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } F &= \frac{P}{v} \\
 &= \frac{745,7 \text{ N m/s}}{6 \text{ m/s}} \\
 &= 124,28 \text{ N}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.5 Usaha Kompresi

Untuk langkah awal dibutuhkan usaha untuk melakukan putaran mesin. Usaha dapat dihitung bergantung pada arah dan besar sudutnya.

$$w = F \sin \theta L$$

Untuk mengetahui besar sudut digunakan persamaan trigonometri dengan menghitung panjang sisi-sisinya terlebih dahulu dengan menggunakan *teorema pythagoras*.

$$\text{Diketahui, panjang } t = 54,82 \text{ mm}$$

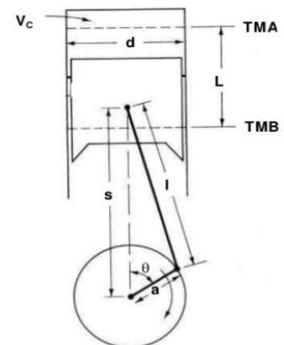
$$\text{Panjang } a = 15,50 \text{ mm}$$

Ditanya panjang  $s = \dots?$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{t^2 - a^2} \\
 &= \sqrt{54,82^2 - 15,50^2} \\
 &= 52,58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jika  $s$  sudah diketahui maka dapat dihitung besar sudutnya, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \sin \theta &= \frac{\text{lintasan sejauh } a}{\text{panjang } t} \\
 \sin \theta &= \frac{15,50}{54,82}
 \end{aligned}$$



$$\theta = \sin^{-1} 0,282743524$$

$$\theta = 16^\circ$$

Jadi besar sudut antara lintasan sejauh s dengan panjang t sebesar  $16^\circ$ . Dari besar sudut tersebut maka dapat dihitung pula:

$$\begin{aligned} w &= F \sin \theta L \\ &= 124,28 \sin 16 (0,03) \\ &= 1,0276 \text{ j} \end{aligned}$$

#### 4.4.6 Tekanan Kompresi

Adapun besar tekanan yang yang dilakukam untuk melakukan langkah kompresi atau memampatkan udara ke dalam ruang bakar dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\begin{aligned} p &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{124,28}{\frac{\pi}{4} D^2} \\ &= \frac{124,28}{\frac{3,14}{4} (35,75)^2} \\ &= \frac{1242,83}{0,785 (1278,0625)} \\ &= \frac{124,28}{1003,279063} \\ &= 0,123 \text{ N/m}^2 \Rightarrow 0,123 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Jadi, besar tekanan pada piston yang memampatkan udara ke ruang bakar sebesar  $0,123 \text{ N/m}^2$  atau  $0,123 \text{ Pa}$ .

#### 4.4.7 Torsi

#### 4.4.8

Adapun torsi maksimum yang dihasilkan pada perancangan motor bakar yakni :

$$\tau = f \times l$$

$$\tau = 124,28 \times 0,05482$$

$$\tau = 6,8 \text{ N.m}$$

#### 4.5 Hasil Perbandingan

Untuk membandingkan peforma konsep kedua yang terpilih sebagai usulan perancangan dengan konsep pertama dan konsep ketiga berdasarkan diameter

piston (diameter *liner*) yang berbeda. Tetapi, putaran dan daya tetap sama dengan putaran 6000 rpm dan daya 1 hp. Maka dapat dihitung :

#### 4.5.1 Asumsi pertama

##### a. Volume langkah torak

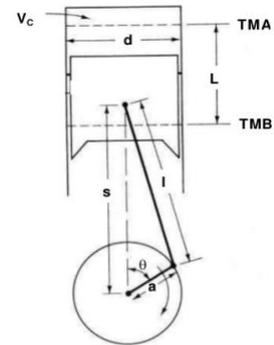
Diketahui, diameter piston = 30,75 mm

Panjang langkah = 25 mm

Maka dapat dihitung volume langkah torak,

$$\begin{aligned}
 VL &= \frac{\pi}{4} D^2 \cdot L \\
 &= \frac{3,14}{4} (30,75)^2 \cdot 25 \\
 &= 18556,66406 \text{ mm}^3 \\
 &= \frac{18556,66406}{1000} \\
 &= 18 \text{ cc}
 \end{aligned}$$

Diubah menjadi satuan  $m^3$ ,  $18556,66406 \text{ mm}^3 \times 10^{-9} = 0,000018 \text{ m}^3$



##### b. Volume ruang bakar

Dari hasil volume langkah torak maka didapat pula volume ruang bakar dengan perbandingan 8-11 kali lipat lebih kecil dari besar volume langkah torak untuk motor bakar bensin. Dengan asumsi 8 maka volume ruang bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{v}{vc} \Rightarrow \frac{v}{vc} = \frac{8}{1} \\
 v &= 8 \text{ } vc \Rightarrow 8 \text{ } vc = vc + 0,000018 \\
 8 \text{ } vc - vc &= 0,000018 \\
 7 \text{ } vc &= 0,000018 \\
 vc &= \frac{0,000018}{7} \\
 vc &= 2571 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \\
 vc &= 2571 \cdot 10^{-6} \times 1 \cdot 10^9 \\
 vc &= \frac{2,571 \times 10^3 \text{ mm}^3}{1000} \Rightarrow 2,571 \text{ cc}
 \end{aligned}$$

Maka volume ruang bakar adalah 2,571 cc.

c. Tekanan kompresi

Adapun besar tekanan yang yang dilakukam untuk melakukan langkah kompresi atau memampatkan udara ke dalam ruang bakar dengan menggunakan rumus dibawah ini. Sehubungan daya tidak diubah maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{124,28}{\frac{\pi}{4} D^2} \\
 &= \frac{124,28}{\frac{3,14}{4} (30,75)^2} \\
 &= \frac{124,28}{0,785 (945,5625)} \\
 &= \frac{124,28}{742,2665} \\
 &= 0,167 \text{ N/m}^2 \Rightarrow 0,167 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

Jadi, besar tekanan pada piston yang memampatkan udara ke ruang bakar sebesar  $0,167 \text{ N/m}^2$  atau  $0,167 \text{ Pa}$ .

d. Torsi

Adapun torsi maksimum yang dihasilkan pada asumsi pertama perancangan motor bakar yakni :

$$\begin{aligned}
 \tau &= f \times l \\
 \tau &= 124,28 \times 0,04982 \\
 \tau &= 6,1 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Asumsikedua

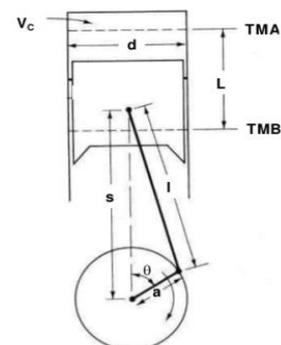
a. Volume langkah torak

Diketahui, diameter piston = 40,75 mm

Panjang langkah = 35 mm

Maka dapa dihitung volume langkah torak,

$$\begin{aligned}
 VL &= \frac{\pi}{4} D^2 \cdot S \\
 &= \frac{3,14}{4} (40,75)^2 \cdot 35 \\
 &= 45623,95469 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$



$$= \frac{45623,95469 \text{ mm}^3}{1000}$$

$$= 45 \text{ cc}$$

Diubah menjadi satuan  $\text{m}^3$ ,

$$45623,95469 \text{ mm}^3 \times 10^{-9} = 0,000045 \text{ m}^3$$

b. Volume ruang bakar

Dari hasil volume langkah torak maka didapat pula volume ruang bakar dengan perbandingan 8-11 kali lipat lebih kecil dari besar volume langkah torak untuk motor bakar bensin. Dengan asumsi 8 maka volume ruang bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$r = \frac{v}{vc} \Rightarrow \frac{v}{vc} = \frac{8}{1}$$

$$v = 8 \text{ vc} \Rightarrow 8 \text{ vc} = \text{vc} + 0,000045$$

$$8 \text{ vc} - \text{vc} = 0,000045$$

$$7 \text{ vc} = 0,000045$$

$$\text{vc} = \frac{0,000045}{7}$$

$$\text{vc} = 6428 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{vc} = 6428 \cdot 10^{-6} \times 1 \cdot 10^9$$

$$\text{vc} = \frac{6,428 \times 10^3 \text{ mm}^3}{1000} \Rightarrow 6,428 \text{ cc}$$

Maka volume ruang bakar adalah 6,428 cc.

c. Tekanan kompresi

Adapun besar tekanan yang dilakukan untuk melakukan langkah kompresi atau memampatkan udara ke dalam ruang bakar dengan menggunakan rumus dibawah ini. Sehubungan daya tidak diubah maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned} p &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{124,28}{\frac{\pi}{4} D^2} \\ &= \frac{124,28}{\frac{3,14}{4} (40,75)^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{124,28}{0,785 (1660,5625)} \\
&= \frac{124,28}{1303,541563} \\
&= 0,095 \text{ N/m}^2 \Rightarrow 0,095 \text{ Pa}
\end{aligned}$$

Jadi, besar tekanan pada piston yang memampatkan udara ke ruang bakar sebesar  $0,095 \text{ N/m}^2$  atau  $0,095 \text{ Pa}$ .

d. Torsi

Adapun torsi maksimum yang dihasilkan pada asumsi pertama perancangan motor bakar yakni :

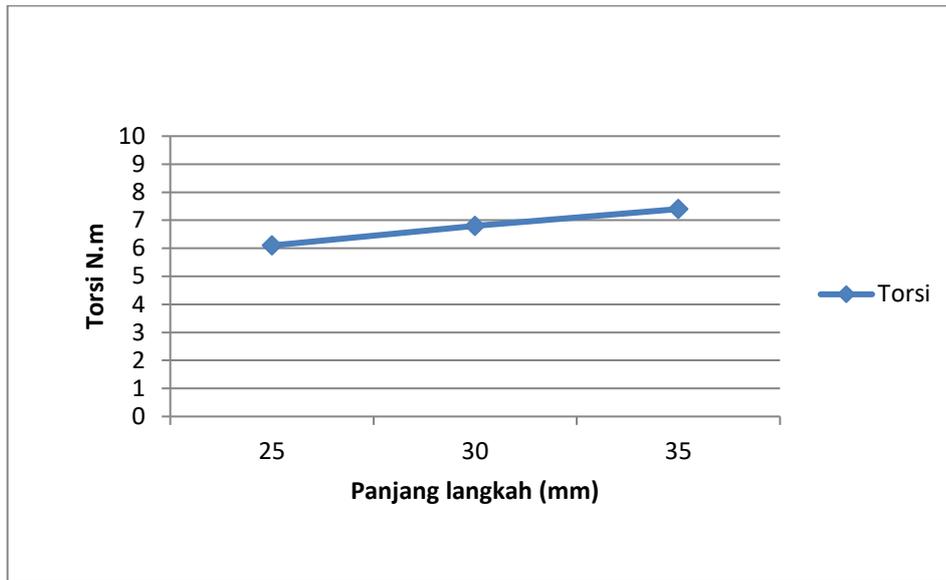
$$\begin{aligned}
\tau &= f \times l \\
\tau &= 124,28 \times 0,05982 \\
\tau &= 7,4 \text{ N.m}
\end{aligned}$$

Dari pembahasan diatas dapat dituliskan dengan pada tabel dibawah ini.

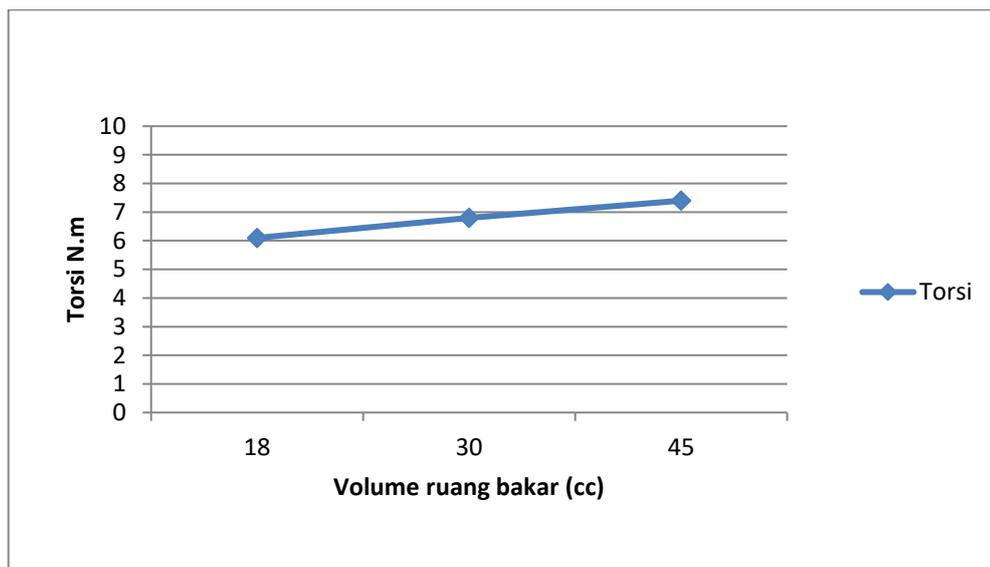
Tabel 4.2 hasil perhitungan perbandingan konsep.

No	Desain	Panjang langkah (mm)	Diameter piston/silinder (mm)	Volume langkah (cc)	Volume ruang bakar (cc)	Torsi (N.m)
1.	Desain pertama	25	30,75	18	2,571	6,1
2.	Desain kedua	30	35,75	30	4,285	6,8
3.	Desain ketiga	35	40,75	45	6,428	7,4

Dari data perbandingan diatas dapat digambarkan dengan grafik berikut ini.



Gambar 4.26 Grafik Panjang Langkah Terhadap Torsi



Gambar 4.27 Grafik Volume Ruang Bakar Terhadap Torsi

Dari grafik diatas dapat diartikan bahwa semakin besar volume langkah maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan, begitu pula dengan semakin besar volume ruang bakar maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan.

Adapun untuk pembuktian putaran maksimum terhadap panjang langkah dari beberapa konsep sebagai berikut.

1. Pada panjang langkah 30 mm.

$$V = \frac{2LN}{60} = \frac{LN}{30}$$

$$6 = \frac{0,03 \times N}{30}$$

$$0,03 \times N = 30 \times 6$$

$$N = \frac{180}{0,03}$$

$$N = 6000 \text{ rpm}$$

Putaran maksimum pada langkah 30 mm adalah 6000 rpm.

2. Pada panjang langkah 25 mm.

Untuk mengetahui putaran maksimum pada langkah 25 mm digunakan persamaan berikut.

$$\frac{N_2}{L_2} = \frac{N_1}{L_1}$$

$$\frac{6000}{0,03} = \frac{N_1}{0,025}$$

$$0,03 N_1 = 6000 \times 0,025$$

$$0,03 N_1 = 150$$

$$N_1 = \frac{150}{0,03} = 5000 \text{ rpm}$$

Putaran maksimum pada langkah 25 mm adalah 5000 rpm.

3. Pada panjang langkah 35 mm.

Untuk mengetahui putaran maksimum pada langkah 35 mm digunakan juga persamaan yang sama seperti persamaan sebelumnya.

$$\frac{N_2}{L_2} = \frac{N_3}{L_3}$$

$$\frac{6000}{0,03} = \frac{N_1}{0,035}$$

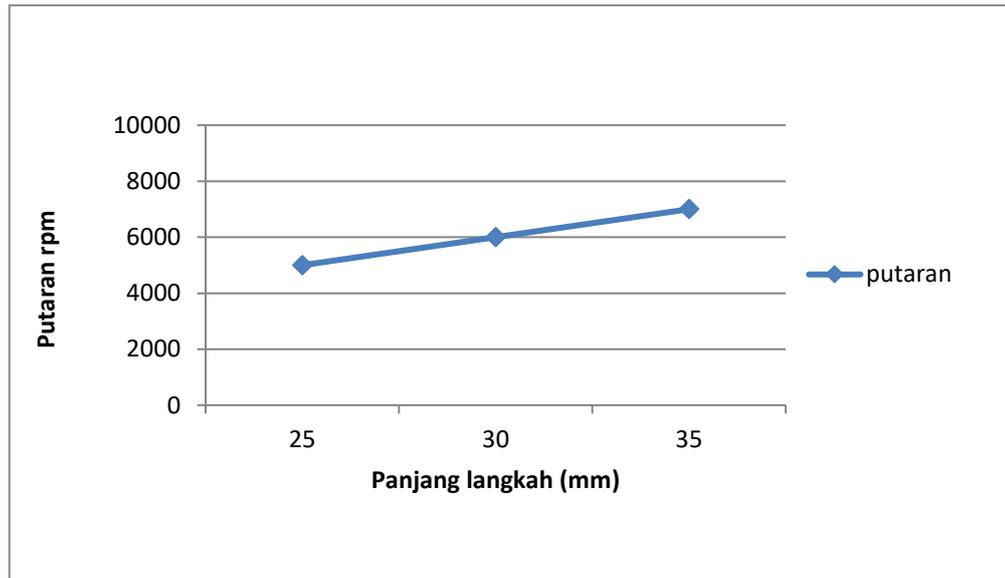
$$0,03 N_1 = 6000 \times 0,035$$

$$0,03 N_1 = 210$$

$$N_1 = \frac{210}{0,03} = 7000 \text{ rpm}$$

Putaran maksimum pada langkah 35 mm adalah 7000 rpm.

Dari pembuktian diatas maka dapat digambarkan pada grafik berikut.



Gambar 4.28 Grafik Panjang Langkah Terhadap Putaran

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa semakin panjang panjang langkah yang dirancang maka semakin besar pula putaran yang akan di dapat pada putaran maksimum mesin yang dirancang, begitu pula sebaliknya.

Dari grafik diatas juga menjelaskan mengapa perancang memilih konsep yang memiliki panjang langkah 30 mm. Karena, panjang langkah 30 mm dapat menghasilkan putaran maksimum 6000 rpm.

#### 4.6 Spesifikasi Akhir Perancangan Produk

Adapun spesifikasi akhir perancangan mesin motor bakar yang dirancang sebagai berikut.

Tabel 4.3 Spesifikasi Rancangan Produk

Model Mesin	Ukuran	Satuan
Jumlah silinder	1 silinder	
Kapasitas silinder	30	cc
Diameter piston	35,75	mm
Panjang langkah	30	mm
Putaran maksimum	6000	Rpm
Daya maksimum	1	Hp
Torsi maksimum	6,8	N.m
Sistem bahan bakar	Karburator	
Bahan bakar	Bensin timbal	

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Pada perancangan mesin motor bakar ini memiliki kesimpulan yaitu:

1. Perancangan mesin motor bakar ini mempunyai dua langkah per siklus dengan kapasitas mesin satu silinder dengan daya maksimum 1 hp dan putaran maksimum 6000 rpm.
2. Performa mesin motor bakar sangat berpengaruh pada panjang langkah dan volume ruang bakar. Semakin besar volume ruang bakar dan semakin panjang langkah maka semakin besar pula putaran yang dihasilkan begitu pula sebaliknya.
3. Mesin yang dirancang ini sangat cocok untuk lingkungan yang tidak terlalu luas dan mudah pemanfaatannya bagi konsumen. Misalnya untuk mesin pemotong rumput, pompa air, pemotong kayu dan lain sebagainya.
4. Mesin ini mempunyai desain yang sederhana, sehingga mempermudah pembuatan dan perakitan produknya. Serta selanjutnya perlu modifikasi desain, agar teknologi yang ada pada mesin yang dirancang setara dengan teknologi mesin masa kini.

#### 5.2 Saran

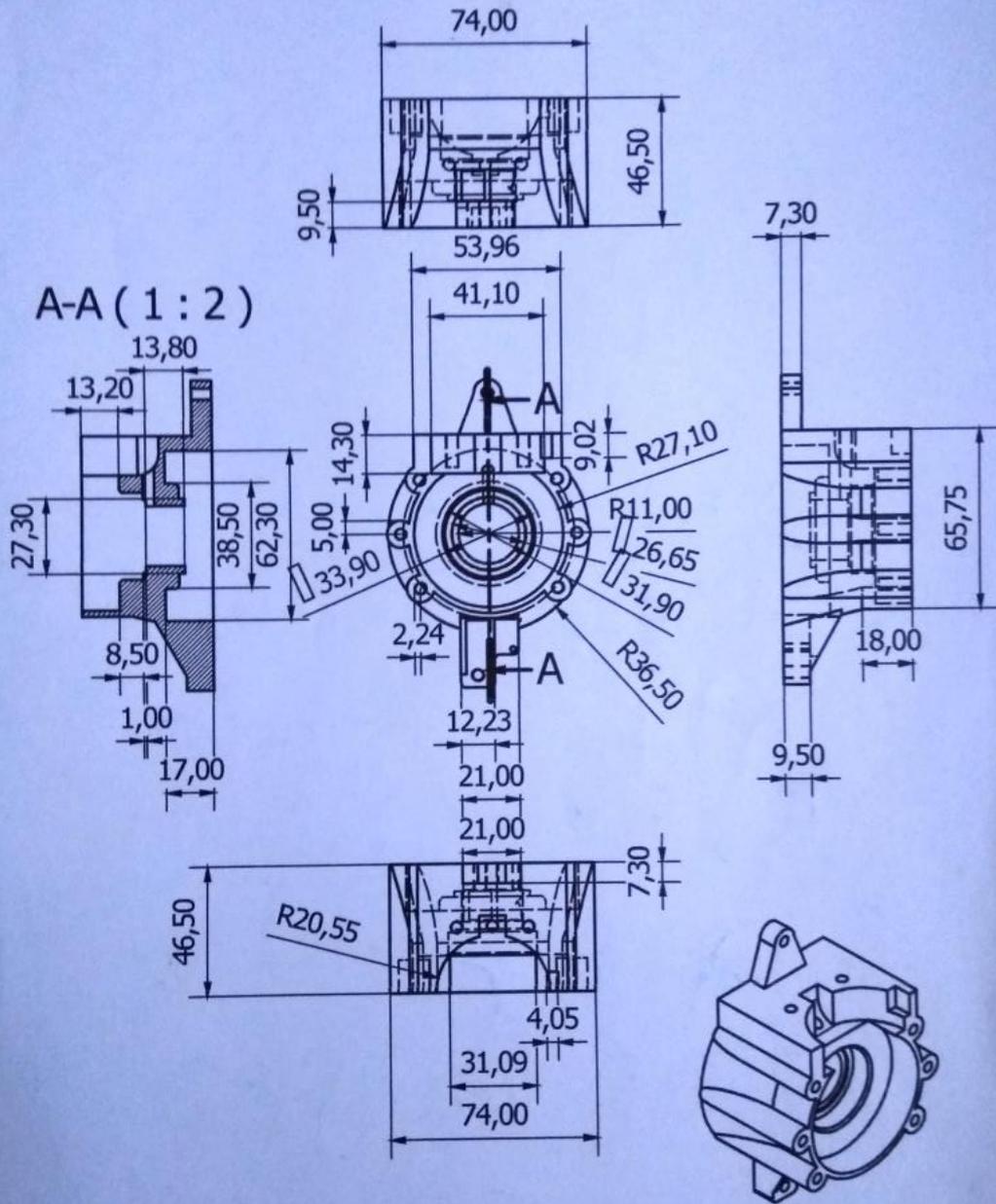
Adapun beberapa saran yang disampaikan oleh penulis yaitu:

1. Jika ingin mendapatkan suatu desain perancangan yang optimal, dibutuhkan ide-ide yang lebih baik lagi serta mengkolaborasikan ide dengan perkembangan-perkembangan teknologi masa kini.
2. Perlu pengujian lebih lanjut untuk mendapatkan analisa lebih lengkap diantaranya mengetahui faktor – faktor yang dapat mempengaruhi hasil sehingga dapat mengganggu keakuratan hasil penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

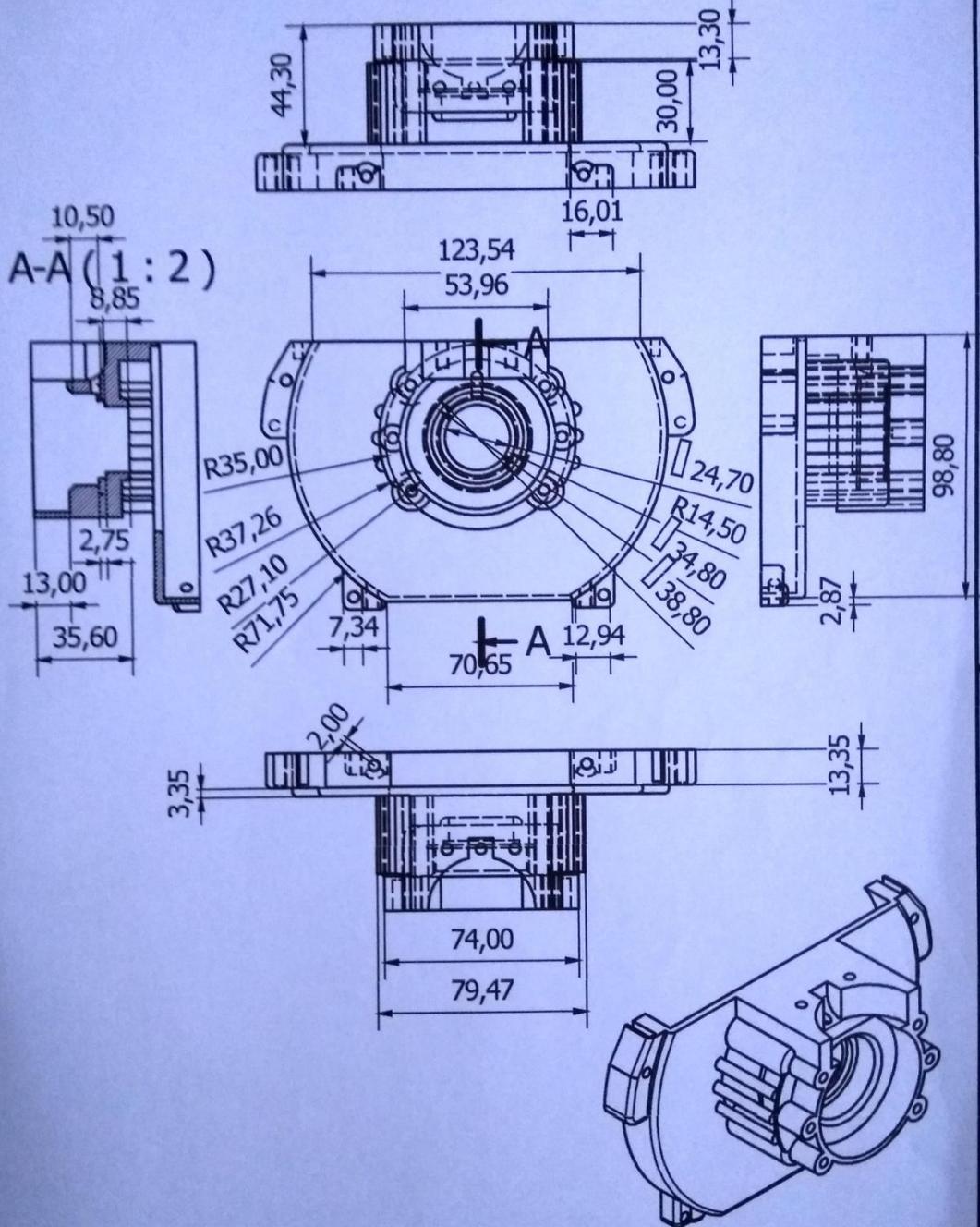
- Aidia Propertiuos. Rumus Usaha. 11 Januari 2019. <https://www.slideshare.net/reborn4papua/usaha-energi-dan-persentation>.
- Borghini, Massimo. (2017). Design and Experimental Development of A Compact and Efficient Range Extender Engine. *Journal Applied Energy*. 202, 507–526.
- CAD. (1977). Designing Diesel Manifolds. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 9 (1), 75–76.
- Ebrahimi, Rahim. (2018). Development of A Real-Time Two-Stroke Marine Diesel Engine Model With In-Cylinder Pressure Prediction Capability. *Journal Energy Conversion and Management*. 172, 164–172.
- Lubis, Erman. (2017). Perancangan konstruksi Pada Mesin Kubus Es Berukuran Kecil. *Laporan Tugas Akhir*. Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Lubis, Sudirman. (2013). Analisa Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Sepatu Rem Mobil Penumpang jenis Mini Bus Menggunakan Perangkat Lunak MSC.Nastran. *Jurnal Reintek*. Vol. 9 (2), 8.
- Hazwi, Mulfi. (2014). Analisa Eksperimental Peformansi Mesin Diesel Menggunakan Bahan Campuran Biofuel Vitamine Engine Power Booster. *Jurnal E-Dinamis*, Vol. 9 (1), 2.
- Hafner, M. (2002). Model-Based Control Design for Ic-Enginr on Dynamometers:The Toolbox 'Optimot'. *Journal Elsevier IFAC Publication*.
- Harsokusomo, Darmawan. (2000). *Pengantar Perancangan Teknik-Perancangan Produk*. Bandung: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.
- Kristanto, Philip. (2017). *Motor Bakar Torak-Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Andi.
- Tang, Yuanyuan. (2017). Development of A Real-Time Two-Stroke Marine Diesel Engine Model With In-Cylinder Pressure Prediction Capability. *Journal Applied Energy*, (194), 55-70.

# LAMPIRAN

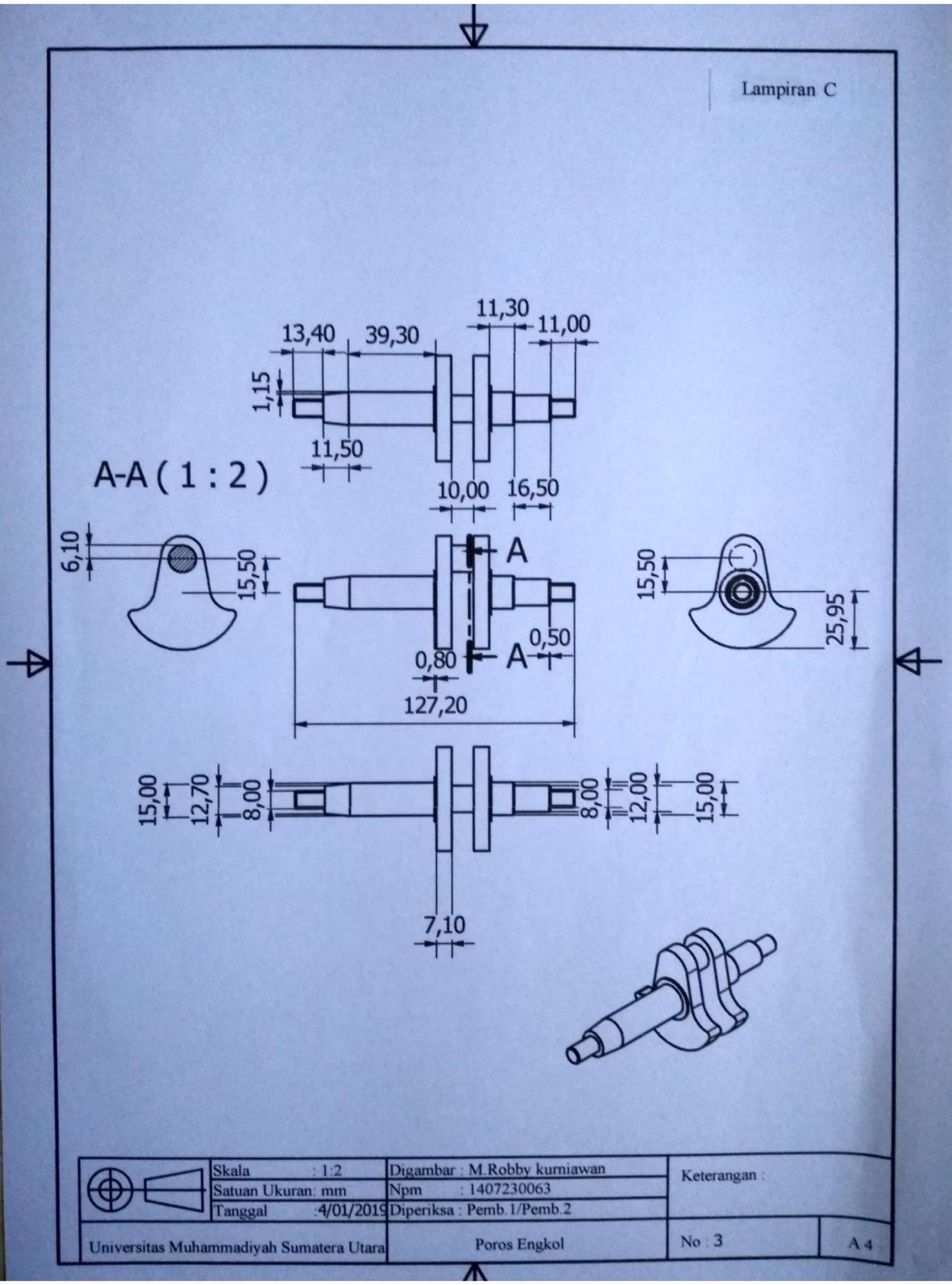


	Skala : 1:2	Digambar : M.Robby kurniawan	Keterangan :
	Satuan Ukuran: mm	Npm : 1407230063	
	Tanggal : 4/01/2019	Diperiksa : Pemb. 1/Pemb 2	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Blok Mesin I	No : 1	A 4

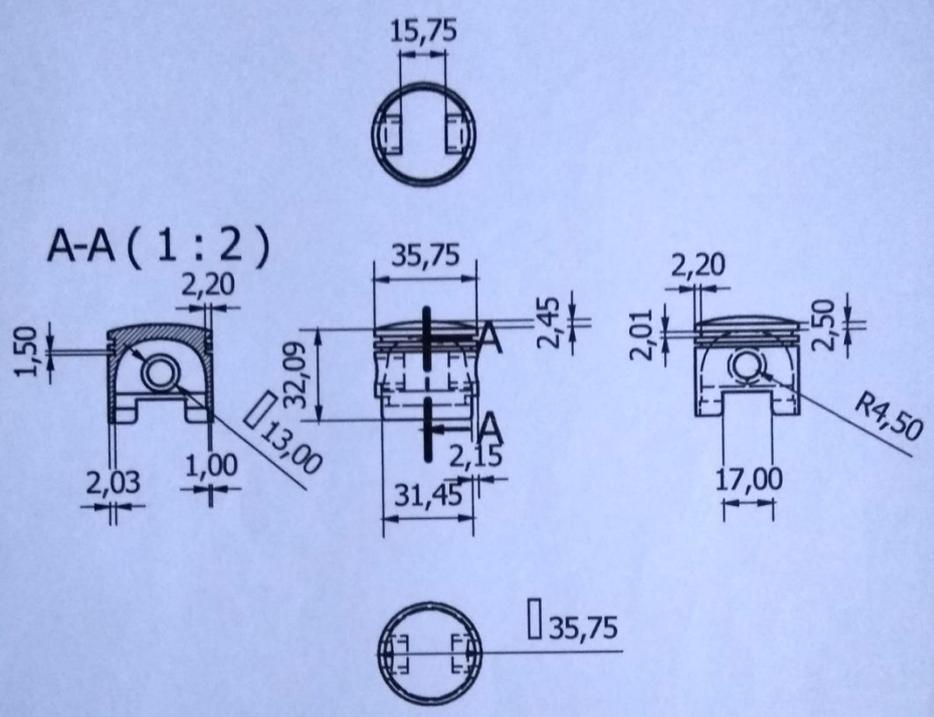
Lampiran B



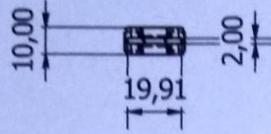
	Skala : 1:2	Digambar : M.Robby kurniawan	Keterangan :	
	Satuan Ukuran: mm	Npm : 1407230063		
	Tanggal : 4/01/2019	Diperiksa : Pemb. 1/Pemb. 2		
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Blok Mesin II	No : 2	A 4	



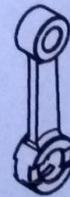
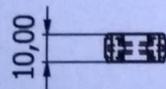
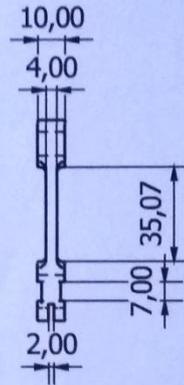
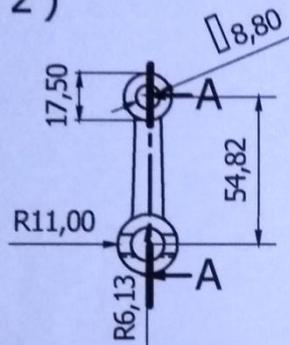
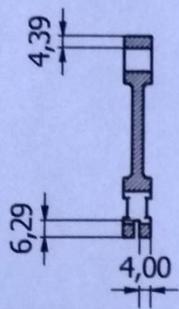
	Skala : 1:2	Digambar : M.Robby kurniawan	Keterangan :
	Satuan Ukuran: mm	Npm : 1407230063	
	Tanggal : 4/01/2019	Diperiksa : Pemb. 1/Pemb. 2	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Poros Engkol	No : 3	A 4



	Skala : 1:2	Digambar : M Robby kurniawan	Keterangan :
	Satuan Ukuran: mm	Npm : 1407230063	
	Tanggal : 4/01/2019	Diperiksa : Pemb. 1/Pemb. 2	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Piston	No : 4	A 4

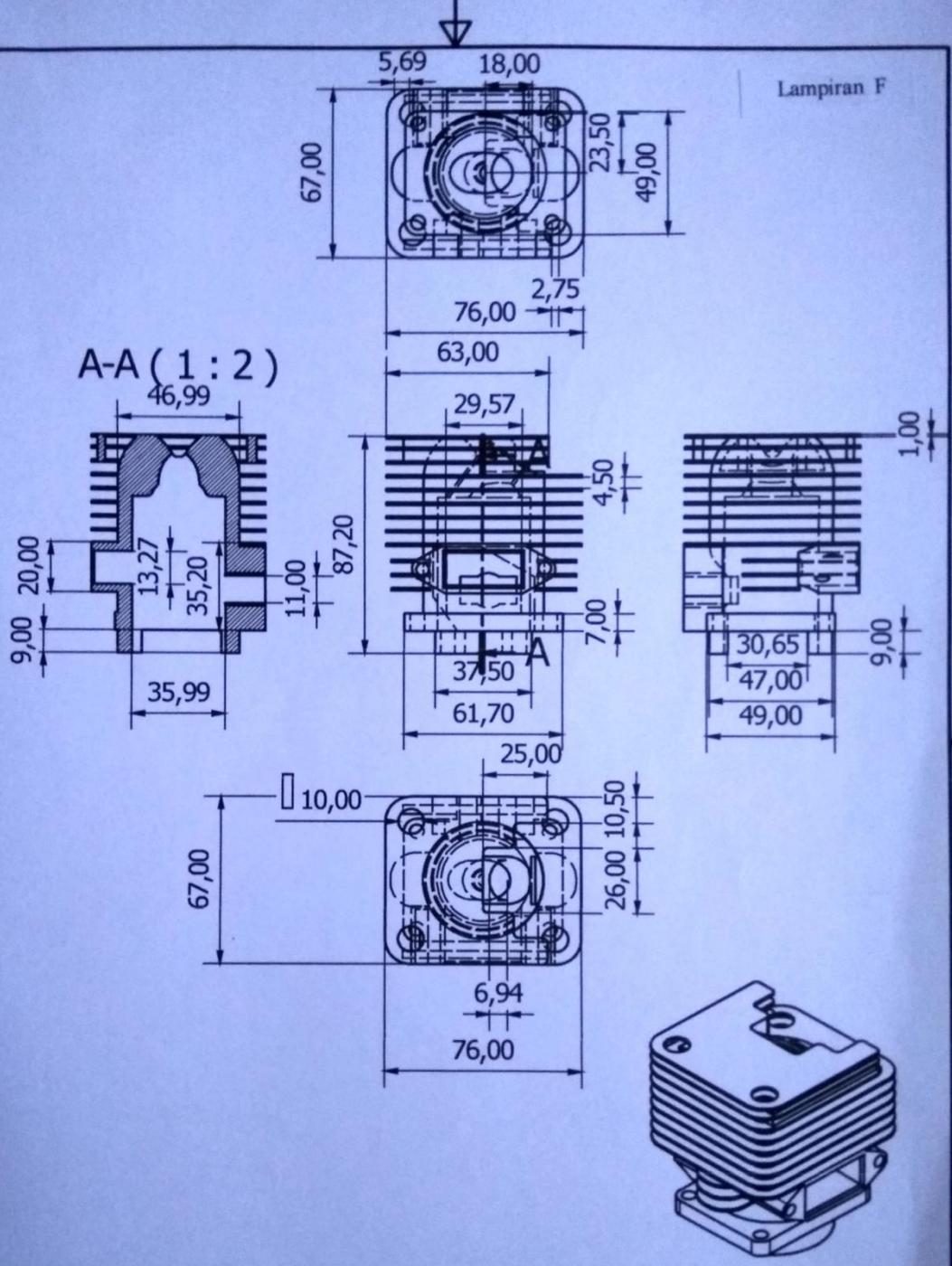


A-A (1:2)



	Skala : 1:2	Digambar : M.Robby kurniawan	Keterangan :
	Satuan Ukuran: mm	Npm : 1407230063	
	Tanggal : 4/01/2019	Diperiksa : Pemb. 1/Pemb. 2	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Batang Penghubung	No : 5	A 4

Lampiran F



	Skala : 1:2	Digambar : M.Robby kurniawan	Keterangan :
	Satuan Ukuran: mm	Npm : 1407230063	
	Tanggal : 4/01/2019	Diperiksa : Pemb. 1/Pemb 2	
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Blok Silinder	No : 6	A 4

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

## Peserta Seminar

Nama : M.Robby Kurniawan  
 NPM : 1407230063  
 Judul Tugas Akhir : Perancangan Mesin Motor Bakar Satu Silinder Dengan –  
 Daya Maksimum 1Hp Dan Putaran Maksimum 6000Rpm.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:	.....
Pembimbing – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	:	.....
Pembanding – I	: M.Yani.S.T.M.T	:	.....
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	.....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230236	M. Khairul Kadir Kangkat	
2	1407230227	ALFI SHAHRIN	AS
3	1407230080	ALVI MAULANA	AAS
4	1407230262	RIZKI MAULANA ROSANDI	RS
5	1407230203	RIZKA SEPTIYAWAN HASIBUAN	
6	1407230249	MOLANI SYAH PRIATJADJO	
7	1407230035	SANDI RAWAN	SR
8	1407230291	RIZKI QURAE.	A
9	1407230242	SUGANOI FADILLAH	
10			

Medan, 13 Jum. Awal 1440 H  
 19 Januari 2019 M

Ketua Prodi. T Mesin

Afandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : M.Robby Kurniawan  
NPM : 1407230063  
Judul T.Akhir : Perancangan Mesin Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya -  
Maksimum 1 Hp Dan Putaran Maksimum 6000 Rpm.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*Revisi pada draft skripsi bagian yg direvisi*

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

Medan 13 Jum.Awal 1440H  
19 Januari 2019 M



Dosen Pemanding- I

M.Yani.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

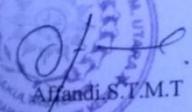
NAMA : M.Robby Kurniawan  
NPM : 1407230063  
Judul T.Akhir : Perancangan Mesin Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya -  
Maksimum 1 Hp Dan Putaran Maksimum 6000 Rpm.

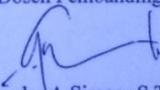
Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
*lihat buku tugas sarjana*  
.....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 13 Jum.Awal 1440H  
19 Januari 2019 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T Mesin  
  
Alfandi.S.T.M.T  


Dosen Pemanding- II  
  
Chandra A Siregar.S.T.M.T

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

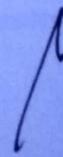
Perancangan Mesin Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya Maksimum 1 Hp Dan Putaran Maksimum 6000 Rpm

Nama : M. Robby Kurniawan  
NPM : 1407230063

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar  
Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis S.T., M.T.

No	Hari/ tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	25/8/18	Perbaiki Bab 2	
2.	1/9/18	lanjut Bab 3	
3.	8/9/18	Perbaiki Bab 5.	
4.	15/9/18	lanjut bab 4	
5.	22/12/18	Perbaiki Bab 4 lanjut ke pemb. II	 
6.	28/4/19	Saran ditambahi Acc Seminar	

Acc Seminar



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : M. Robby Kurniawan  
NPM : 1407230063  
Tempat/ Tanggal Lahir : Helvetia, 17 Nopember 1996  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Alamat : Jl. Beringin Raya Pasar X Dusun VIII  
    Kel/ Desa : Desa Manunggal  
    Kecamatan : Labuhan Deli  
    Kab/ Kota : Deli Serdang  
    Provinsi : Sumatera Utara  
Nomor HP : 0857-6365-0607  
Nama Orang Tua  
    Ayah : Legimin  
    Ibu : Rohani

### PENDIDIKAN FORMAL

2002-2008 : SD PAB 29 Desa Manunggal  
2008-2011 : SMP N 1 Labuhan Deli  
2011-2014 : SMK PAB 1 Helvetia  
2014-2019 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera  
Utara