

**PENGARUH VARIASI MASSA ROLLER DAN SUDUT  
KEMIRINGAN *DRIVE PULLEY* PADA CVT TERHADAP  
*FOUR STROKES ENGINE PERFORMANCE***

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**MUHAMMAD HAFIZ BUTAR-BUTAR  
188130080**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

HALAMAN JUDUL

**PENGARUH VARIASI MASSA ROLLER DAN SUDUT  
KEMIRINGAN *DRIVE PULLEY* PADA CVT TERHADAP  
*FOUR STROKES ENGINE PERFORMANCE***

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

Oleh:

**MUHAMMAD HAFIZ BUTAR-BUTAR  
188130080**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Pengaruh Variasi Massa Roller Dan Sudut  
Kemiringan *Drive pulley* pada CVT Terhadap  
*Four Strokes Engine Performance*  
Nama Mahasiswa : Muhammad Hafiz Butar-Butar  
NIM : 188130080  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Muhammad Idris, ST., MT.  
Pembimbing I



Dr. Eng. Supriatno, ST., MT.  
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Isyandi, ST., MT  
Ka. Prodi Teknik Mesin

Tanggal Lulus: 04 Oktober 2023

## HALAMAN PERNYATAAN

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

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 14 Februari 2023



Muhammad Hafiz Butar Butar  
188130080

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA

### ILMIAH

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Hafiz Butar-Butar

NPM : 188130080

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti-Fee Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Pengaruh Variasi Massa Roller Dan Sudut Kemiringan *Drive pulley* pada CVT Terhadap *Four Strokes Engine Performance*”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap tercantum nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya .

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 14 Februari 2023

Yang menyatakan



Muhammad Hafiz Butar-Butar

## ABSTRAK

Judul penelitian ini adalah pengaruh variasi massa roller dan sudut kemiringan *drive pulley* pada CVT (*Continuously Variable Transmission*) terhadap *four strokes engine performance*. Penelitian ini dilatarbelakangi karena seiring berjalannya waktu pemakaian sepeda motor honda *matic* 2022 performa akan menurun, sehingga perlu dilakukan sesuatu untuk meningkatkan kembali kinerja mesin. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh massa roller dan sudut kemiringan terhadap *four stroke engine performance* dengan metode RSM (*Response surface Methodology*) pada sepeda motor *matic* tahun 2022.

Pada penelitian ini di analisis pengaruh penggunaan variasi massa roller dan sudut kemiringan *pulley* primer terhadap *performa engine* dan konsumsi bahan bakar spesifik pada sepeda motor *matic* 2022. Lalu data yang diperoleh akan di olah dengan menggunakan metode RSM (*Response surface Methodology*).

Hasil data pengolahan menggunakan metode *response surface methodology* (RSM) dilakukan pengolahan data dengan fitur *response surface optimizer* pada *software Minitab* 20.3 untuk mencapai performa yang *maximum* yaitu daya sebesar 5,59838 kW, torsi sebesar 10,3988N.m dan *Air Fuel Ratio* (AFR) sebesar 14,6002 dengan nilai *composite desirability* sebesar 0,895763 dengan melakukan setting parameter pada roller sebesar 15,1928 gram , dengan sudut kemiringan *drive pulley* sebesar 14,2071 derajat.

**Kata Kunci** : Roller, Drive Pulley, CVT, RSM

## ABSTRACT

*The title of this research is the effect of variations in roller mass and drive pulley tilt angle on a CVT (Continuously Variable Transmission) on four strokes engine performance. This research is motivated by the fact that as time goes by, the performance of a 2022 Honda automatic motorbike will decrease, so something needs to be done to improve engine performance again. The aim of this research was to analyze the effect of roller mass and tilt angle on four stroke engine performance using the RSM (Response surface Methodology) method on automatic motorbikes in 2022.*

*In this research, the effect of using variations in roller mass and primary pulley tilt angle on engine performance and specific fuel consumption on 2022 automatic motorbikes is analyzed. Then the data obtained will be processed using the RSM (Response surface Methodology) method.*

*The results of data processing using the response surface methodology (RSM) method were processed using the response surface optimizer feature in Minitab 20.3 software to achieve maximum performance, namely power of 5.59838 kW, torque of 10.3988N.m and Air Fuel Ratio (AFR) amounting to 14.6002 with a composite desirability value of 0.895763 by setting parameters on the roller of 15.1928 grams, with a drive pulley tilt angle of 14.2071 degrees.*

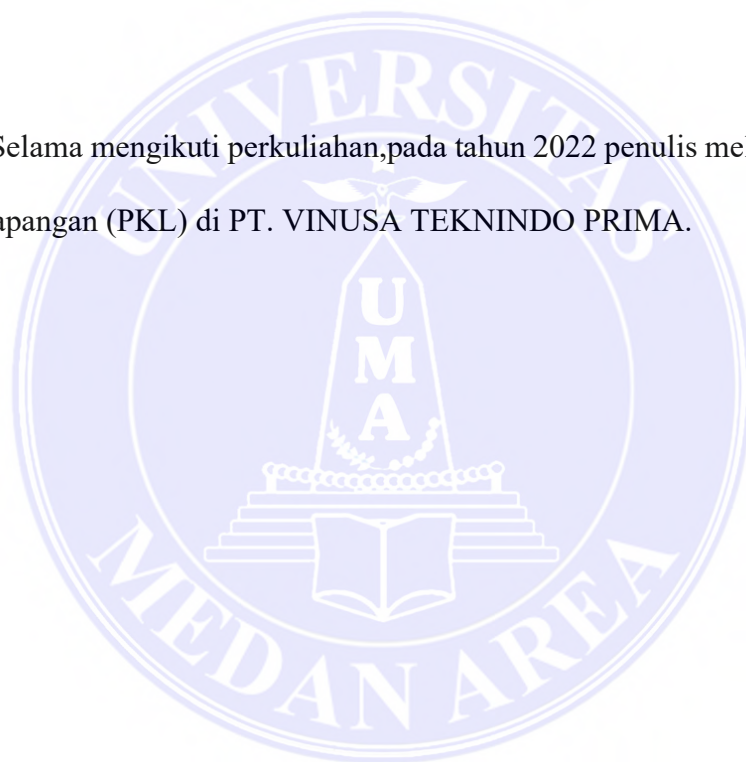
**Keywords:** Roller, Drive Pulley, CVT, RSM

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 01 Oktober 1999 dari ayah Nazaruddin Butar Butar (Almarhum) dan Ibu Henita Riza Penulis merupakan putra kedua dari tiga bersaudara.

Tahun 2017 penulis lulus dari SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan dan pada tahun 2018 juga terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahan, pada tahun 2022 penulis melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. VINUSA TEKNINDO PRIMA.





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah berjudul Pengaruh Variasi Massa Roller Dan Sudut Kemiringan *Drive pulley* pada CVT Terhadap *Four Strokes Engine Performance*.

Terima kasih penulis ucapkan kepada bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan saran kepada penulis dalam tugas akhir ini, Bapak Dr. Iswandi, ST, MT., selaku ketua program studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah memberikan saran dan masukan, serta orang tua dan istri saya yang telah banyak memberikan perhatian, doa, nasihat, dan motivasi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis,



(Muhammad Hafiz Butar Butar)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 CVT ( <i>Continously Variable Transmission</i> ).....	4
2.2 Prinsip Kerja CVT .....	4
2.3 Motor Bensin 4 Langkah .....	9
2.4 Teori Siklus Otto .....	11
2.5 Kinerja .....	13
2.6 Tekanan Efektif Purata .....	18
2.7 Torsi dan Daya .....	19
2.8 Air Fuel Ratio (AFR).....	25
2.9 <i>Methodology Response surface</i> (RSM).....	25
2.10 Model RSM .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
3.2 Alat dan Bahan- bahan .....	30
3.3 Metode Penelitian .....	35
3.4 Populasi dan Sampel.....	36
3.5 Prosedur Kerja.....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>39</b>
4.1 Hasil.....	39
4.2 Pembahasan .....	40
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>
5.1 Simpulan.....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir .....	29
Tabel 3.2. Tabel sampel penelitian .....	36
Tabel 4.1. Tabel <i>design experiment</i> .....	39
Tabel 4.2. Tabel Hasil analisa desain <i>response surface</i> pada daya.....	41
Tabel 4.3. Tabel Hasil analisa desain <i>response surface</i> pada torsi.....	43
Tabel 4.4. Tabel Hasil analisa desain <i>response surface</i> pada AFR .....	46
Tabel 4.5. Tabel solusi .....	49



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Hasil Dynotest terhadap Air Fuel Ratio (AFR).....	55
Lampiran II Hasil Dynotest Terhadap torsi dan daya yang dihasilkan .....	56



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Komponen bagian CVT .....	6
Gambar 2.2. Mesin Motor bensin 4 langkah.....	9
Gambar 2.3. Prinsip kerja motor bensin 4 langkah.....	10
Gambar 2.4. P-V diagram siklus otto udara baku ideal, 6-1-2-3-4-5-6 mendekati siklus motor bensin 4 - langkah .....	11
Gambar 2.5. Diagram indikator motor bensin 4 langkah pada WOT .....	14
Gambar 2.6. Siklus motor bensin 4 langkah dengan (a) katup trotel terbuka penuh dan (b) katup trotel terbuka sebagian .....	15
Gambar 2.7. P-V diagram siklus 4 langkah motor bensin dengan supercarjer atau turbocarjer .....	17
Gambar 2.8. Prinsip operasional <i>dynamometer</i> .....	24
Gambar 3.1. Alat <i>dynotest</i> atay <i>dynamometer</i> .....	30
Gambar 3.2. (a) Gambar pada saat pengukuran roller sebesar 15 gram, (b) Gambar pada saat pengukuran roller sebesar 12 gram .....	34
Gambar 3.3. (a) Gambar teknik dan gambar pengukuran dengan sudut kemiringan <i>pulley</i> sebesar 14 derajat, (b) Gambar teknik dan gambar pengukuran dengan sudut kemiringan <i>pulley</i> sebesar 13 derajat .....	35
Gambar 3.4. Diagram alir penelitian.....	38
Gambar 4.1. Grafik <i>Normal plot of the standardized effect</i> pada daya.....	42
Gambar 4.2. Grafik <i>Contour plot</i> of daya.....	43
Gambar 4.3. Grafik <i>Normal plot of the standardized effect</i> pada torsi.....	45
Gambar 4.4. Grafik <i>contour plot</i> of Torsi.....	46
Gambar 4.5. Grafik <i>Normal plot of the standardized effect</i> pada AFR .....	47
Gambar 4.6. Grafik <i>contour plot</i> of AFR.....	48
Gambar 4.7. Kombinasi variabel proses yang menghasilkan respon optimal .....	50

## DAFTAR NOTASI

CVT	=	<i>Continuously Variable Transmission</i>
RSM	=	<i>Response surface Methodology</i>
P	=	Tekanan di dalam ruang bakar (kPa)
At	=	Luasan dimana torak bekerja (cm <sup>2</sup> )
X	=	Jarak gerakan torak (cm)
Π	=	Konstanta dalam matematika yang bernilai 3,14 atau 22/7
$w_i$	=	Kerja indikasi spesifik yang dihasilkan di dalam ruang bakar
$w_f$	=	Kerja spesifik yang hilang (kerja friksi) berkaitan dengan gesekan mekanis dan beban parasit
$w_i$	=	Kerja indikasi spesifik yang dihasilkan di dalam ruang bakar
$W$	=	Kerja pada satu siklus (kJ)
$W$	=	Kerja spesifik pada satu siklus (kJ/kg)
P	=	Berat jenis bahan bakar yang digunakan (kg/m <sup>2</sup> )
$W_b$	=	Kerja rem satu putaran (kW)
$V_L$	=	Volume langkah (cm <sup>3</sup> )
N	=	Jumlah putaran per siklus
$x_i$	=	variabel bebas/faktor (i = 1, 2,..., k)
E	=	Error
TMA	=	Titik mati atas
TMB	=	Titik mati bawah
$A_t$	=	Luasan muka torak dari semua torak (cm <sup>2</sup> )
$\bar{v}_t$	=	Kecepatan torak purata (m <sup>3</sup> /kg)
$C_R$	=	Koefisien hambatan guling ( $0.012 < C_R < 0.015$ ) <sup>3</sup> , $M_k$ = massa kendaraan (kg)
g	=	Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$\rho_{ud}$	=	Kerapatan udara ambient (kg/m <sup>2</sup> )
$C_D$	=	Koefisien gesekan aerodinamis (untuk mobil: $0.3 < C_D < 0.5$ ) <sup>3</sup>
$A_k$	=	Luas frontal kendaraan (m <sup>2</sup> )

- $S_k$  = Kecepatan kendaraan (m/s)  
 $\dot{m}_{bb}$  = Laju aliran bahan bakar ke dalam motor (kg/s)  
 $\dot{W}$  = Daya motor (kW)  
AFR = *Air Fuel Ratio* (kg<sub>a</sub>/kg<sub>f</sub>)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pada masa sekarang ini sepeda motor *matic* sangat cocok untuk dipakai. Selain harganya relatif lebih murah, namun sepeda motor *matic* ini juga memberikan kenyamanan dalam berkendara nyaman karena tidak perlu lagi memindahkan gigi karena sudah disetel otomatis. Saat ini, varian sepeda motor *matic* pun bertambah banyak di Indonesia (Waluyo, Duniawan, and Permana 2021). Hal yang membedakan sepeda motor *matic* dengan jenis sepeda motor tipe lainnya terletak pada sistem transmisinya. Pada sepeda motor *matic* menggunakan sistem transmisi otomatis yang disebut CVT (*Continuously Variable Transmission*). Perbedaan CVT dibandingkan dengan pemindah tenaga lain adalah cara meneruskan torsi atau daya dari mesin ke roda. CVT mencoba menciptakan perbandingan putar dengan memanfaatkan sabuk (*belt*) dan *pulley*.

Modifikasi yang dapat dilakukan pada area mesin sangat bermacam-macam, mulai dari mengubah komponen pendukung dari mesin hingga mengubah komponen utama pada mesin. Setiap mesin memiliki karakter yang berbeda meskipun untuk tipe motor yang sama (Akhmadi and Usman 2021). Salah satu komponen penting dalam sistem CVT yaitu roller dan *pulley*. Roller merupakan material yang tersusun dengan teflon sebagai permukaan luarnya dan tembaga atau aluminium sebagai lapisan dalamnya. Bentuk dari roller mirip dengan bangun ruang silinder yang memiliki berat dan diameter tertentu. Roller berfungsi untuk menekan dinding dalam *pulley* primer ketika kondisi putaran tinggi. Prinsip kerja roller



hampir sama dengan plat penekan pada kopling sentripugal. Pada saat putaran mesin meningkat roller akan terlempar kearah luar dan mendorong bagian *pulley* yang dapat bergeser mendekati *pulley* yang diam sehingga celah *pulley*-nya akan menyempit (Hutabarat 2018).

Massa roller yang digunakan dalam CVT dapat berpengaruh terhadap performa mesin. Semakin berat massa roller maka dapat menyebabkan sistem semakin cepat bergerak mendorong *movable drive face* pada *drive pulley* sehingga dapat menekan *belt* keposisi terkecil. Tetapi, agar *belt* dapat tertekan hingga maksimal maka membutuhkan massa roller yang sesuai. Seiring berjalannya waktu pemakain performa akan menurun, sehingga perlu dilakukan sesuatu untuk meningkatkan kembali kinerja mesin . Berdasarkan latar belakang di atas peneliti melakukan modifikasi komponen sistem CVT (*Continuously Variable Transmission*) yaitu perubahan massa roller dan sudut kemiringan *pulley* untuk melihat daya, torsi dan perbandingan udara dan bahan bakar kendaraan agar dapat meningkatkan kembali performa kinerja pada mesin. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan variasi massa roller dan sudut kemiringan *pulley* pada sistem cvt terhadap performa mesin yaitu daya, torsi dan perbandingan udara dan bahan bakar kendaraan pada sepeda motor *matic* 2022.

## 1.2 Perumusan Masalah

Terdapat beberapa faktor yang sangat berpengaruh untuk meningkatkan kinerja mesin. Berdasarkan faktor tersebut penulis sangat tertarik untuk meneliti tentang pengaruh komponen bagian pada sistem CVT. Oleh sebab itu pertanyaan yang ingin dijawab:

- a) Bagaimana pengaruh massa roller terhadap performa sepeda motor *matic* tahun 2022 ?
- b) Bagaimana pengaruh sudut kemiringan *pulley* pada sistem CVT terhadap performa sepeda motor *matic* tahun 2022 dengan menggunakan *dynotest* ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh massa roller dan sudut kemiringan terhadap *four stroke engine performance* dengan metode RSM ( *Response surface Methodology*) pada sepeda motor *matic* tahun 2022.

### 1.4 Hipotesis Penelitian

Sehubungan dengan penelitian ini maka diajukan hipotesis yang merupakan jawaban sementara dari penelitian, hipotesis tersebut yaitu :

1. Memprediksikan bahwa adanya pengaruh penggunaan variasi berat roller CVT terhadap performa sepeda motor *matic* tahun 2022.
2. Memprediksikan bahwa adanya pengaruh sudut kemiringan *pulley* pada sistem CVT terhadap performa sepeda motor *matic* tahun 2022.

### 1.5 Manfaat Penelitian

#### 1.5.1 Manfaat bagi mahasiswa

Dapat mengetahui proses pengukuran performa mesin menggunakan mesin *dynotest*.

#### 1.5.2 Manfaat bagi khalayak umum

Memberikan acuan bagi setiap orang untuk melakukan modifikasi yang baik dan benar.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 CVT (*Continuously Variable Transmission*)

CVT (*Continuously Variable Transmission*) adalah sistem perpindahan daya dari mesin menuju ban belakang menggunakan sabuk yang menghubungkan antara *drive pulley* dengan *driven pulley* menggunakan prinsip gaya gesek. Pengeoperasiannya dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Tidak seperti kopling manual, CVT tidak memiliki *gearbox* yang berisi serangkaian roda gigi maka CVT tidak memiliki pengunci gigi untuk menentukan rasio *gear* yang dipakai. Fungsi dari CVT adalah untuk memudahkan pengendara motor dalam mengatur kecepatan karena pengendara motor dalam mengatur kecepatan karena pengendara tidak mengoperasikan transmisi dalam pengaturan kecepatannya (Akhmadi and Usman 2021)(Hutabarat 2018).

#### 2.2 Prinsip Kerja CVT

Transmisi CVT terdiri dari dua buah *pulley* yang dihubungkan oleh sabuk (*belt*), sebuah kopling sentrifugal untuk menghubungkan kepenggerak roda belakang ketika *throttle* gas dibuka (diputar), dan gigi transmisi satu kecepatan untuk mereduksi (mengurangi) putaran (Akhmadi and Usman 2021). *Pulley* penggerak/*drive pulley* sentrifugal unit diikatkan keujung poros engkol (*crankshaft*), bertindak sebagai pengatur kecepatan berdasarkan gaya sentrifugal. *Pulley* yang digerakkan/*driven pulley* berputar pada bantalan poros utama (*input shaft*) transmisi, bagian tengah kopling sentrifugal/*centrifugal clutch* di ikatkan / dipasangkan ke *pulley* dan ikut berputar bersama *pulley* tersebut (Wibawa 2018).

Sistem cara kerja CVT sepeda motor *matic* diuraikan sebagai berikut (Hutabarat 2018):

1) Putaran Stasioner

Pada putaran *stasioner* (lambat), putaran dari *crank shaft* diteruskan ke *pulley* primer, kemudian putaran diteruskan ke *pulley* sekunder yang dihubungkan oleh *V-belt*. Selanjutnya putaran dari *pulley* sekunder diteruskan ke kopling sentrifugal. Namun, karena putaran masih rendah, kopling sentrifugal belum bias bekerja. Hal ini disebabkan gaya tarik per kopling masih lebih kuat dibandingkan dengan gaya sentrifugal, sehingga sepatah kopling belum menyentuh rumah kopling dan *rearwheel* (roda belakang) tidak berputar (Akhmadi and Usman 2021).

2) Putaran Menengah

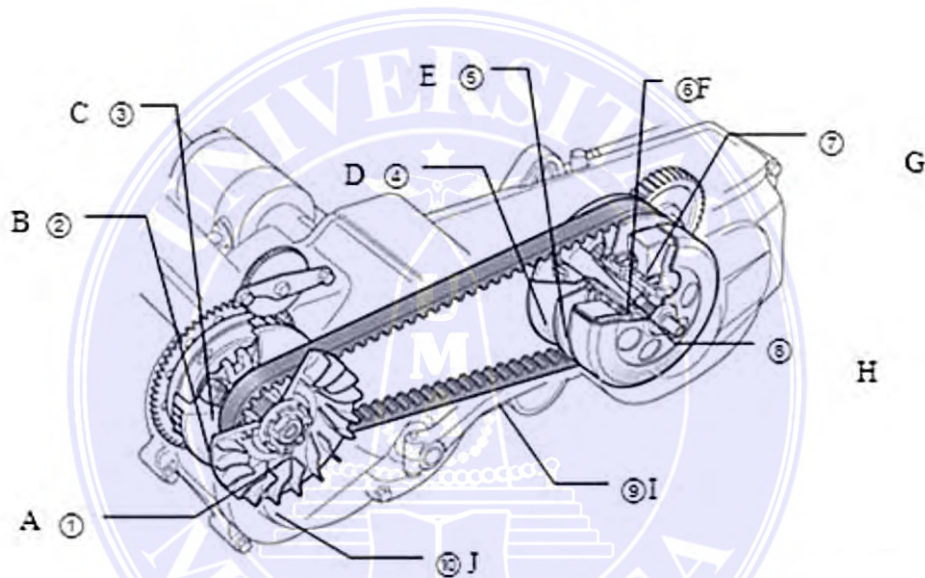
Pada putaran menengah, diameter *V-belt* kedua *pulley* berada pada posisi balance (sama besar). Ini terjadi akibat gaya sentrifugal *weight* pada *pulley* primer bekerja dan mendorong *sliding sheave* ke arah *fixed sheave*. Tekanan pada *sliding sheave* mengakibatkan *V-belt* bergeser ke arah lingkaran luar, selanjutnya menarik *V-belt* pada *pulley* sekunder ke arah lingkaran dalam (Akhmadi and Usman 2021).

3) Putaran Tinggi

Pada kondisi putaran tinggi, diameter *V-belt* pada *pulley* primer lebih besar dari pada *V-belt* pada *pulley* sekunder. Ini disebabkan gaya sentrifugal *weight* makin menekan *sliding sheave*. Akibatnya, *V-belt* terlempar ke arah sisi luar *pulley* primer.

### 2.2.1 Konstruksi dan Nama Komponen CVT Motor *Matic*

Jika dilihat dari konstruksinya, system transmisi otomatis atau CVT ini terdiri dari 2 buah *pulley* variable yang diposisikan dengan jarak tertentu. Dimana keduanya akan dihubungkan dengan *V-Belt*. Dan kedua *pulley* tersebut terdiri dari dua bagian yang berbentuk kerucut yang pada bagian belakangnya diletakan satu sama lainnya (Wibawa 2018). Berikut ini adalah contoh konstruksi CVT motor *matic* lengkap dengan nama-nama komponen yang ada didalamnya (Otoflik 2018).



Keterangan:

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| F. Crankshaft                                 | A. Primary drive gear shaft     |
| G. Primary sliding sheave (pulley bergerak)   | B. Clutch housing/rumah kopling |
| H. Weight/Pemberat/roller                     | C. Clutch carrier               |
| I. Secondary fixed sheave (pulley tetap)      | D. V-belt                       |
| J. Secondary sliding sheave (pulley bergerak) | E. Primary fixed sheave         |

Gambar 2.1. Komponen bagian CVT

### 2.2.2 Fungsi Komponen CVT Motor *Matic*

Sebuah Komponen pastinya memiliki fungsinya masing-masing. Berikut ini merupakan fungsi dari masing-masing komponen tersebut (otoflik 2018).

#### 1. *Pulley Primer (Fixed Primary Sheave)*

Pada sistem transmisi otomatis, komponen ini tidak bergerak dan memiliki bentuk piringan. Dimana fungsi utama dari *pulley* primer ini yaitu untuk menahan *V-belt* dan juga untuk memperbesar perbandingan rasio.

## 2. *Pulley* Sekunder (*Secondary Fixed Sheave*)

Berbeda dari *pulley* primer yang tidak bergerak, komponen *pulley* sekunder adalah komponen yang dapat berputar, dan komponen ini terbuat dari bahan yang ringan dengan permukaan yang halus agar dapat mempermudah *V-belt* untuk bergerak.

## 3. *Sliding Primary Sheave*

Jika *Pulley* Primer sebagai penahan *V-belt*, maka fungsi komponen *Sliding Primary Sheave* ini untuk menekan *V-belt* ketika berada pada putaran tinggi karena komponen ini bekerja dengan cara bergerak ke kanan dan ke kiri.

## 4. *Spacer*

Untuk menghasilkan pergeseran dinding *pulley* bagian dalam bisa terjadi dengan cara yang halus dan mulus, maka pada komponen CVT motor *matic* ini disertakan komponen bernama *Spacer* yang akan menjadi poros dinding dalam *pulley*.

## 5. Poros Primer (*Primary Shaft*)

Komponen ini difungsikan untuk menghubungkan putaran *crankshaft* atau *krug as* dari mesin ke *pulley* primer. Dan komponen ini juga tersambung dengan *crankshat* mesin secara tetap, sehingga RPM mesin akan berputar selaras dengan poros utama.

## 6. Roller (*Weight Primary Sheave*)

Roller ini juga akan menjadi bantalan keseimbangan gaya berat yang akan berguna untuk menekan dinding dalam *pulley* primer ketika terjadi putaran tinggi. Semakin berat roller, maka roller akan semakin cepat bergerak mendorong *movable drive face* yang terdapat pada driver *pulley* sehingga akan dapat menekan *belt* ke posisi terkecil.

#### 7. Slider

Dimana komponen CVT motor *matic* ini berfungsi untuk menahan gerakan dinding dalam agar bisa bergerak atau bergeser ke arah luar ketika terkena dorongan roller.

#### 8. *V-belt*

*V-Belt* berfungsi untuk menghubungkan putaran dari *Pulley* Primer ke *Pulley* Sekunder. Dan sebagai informasi tambahan, ukuran diameter dari *V-Belt* sendiri tidak akan sama antara motor *matic*.

#### 9. *Secondary Sliding Sheave*

Fungsi utama dari komponen ini untuk mengatur besar kecilnya diameter pada *pulley* sekunder. Bentuk dari komponen ini yaitu tirus.

#### 10. Poros Sekunder (*Secondary Shaft*)

*Secondary Shaft* atau poros sekunder ini berfungsi untuk meneruskan putaran dari puller sekunder ke *powertrain*. Adapun bentuk dari komponen yang satu ini yaitu kopleng sentrifugal.

#### 11. *Clutch Carrier*

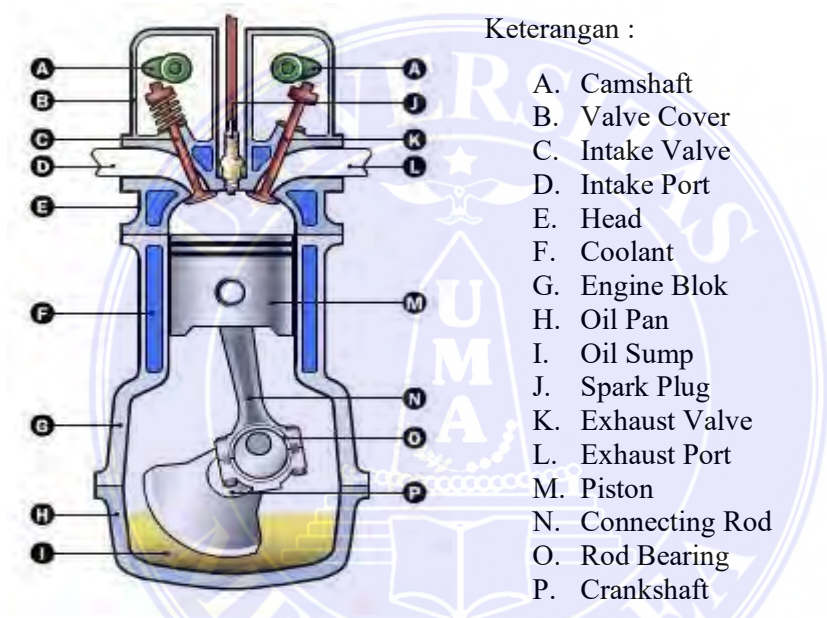
*Clutch Carrier* ini berfungsi untuk menyalurkan putaran dari *pulley* sekunder ke bagian gigi reduksi.

#### 12. *Clutch Housing*

Fungsi dari komponen ini tentu saja untuk meneruskan putaran *V-Belt* serta meneruskan putaran dari kampas kopling yang selanjutnya akan diteruskan ke roda belakang sepeda motor.

### 2.3 Motor Bensin 4 Langkah

Mesin motor bensin 4 langkah ialah satu siklus pembakaran empat langkah piston, hisap, kompresi, usaha, dan buang (Akhmadi and Usman 2021).



Gambar 2.2. Mesin Motor bensin 4 langkah

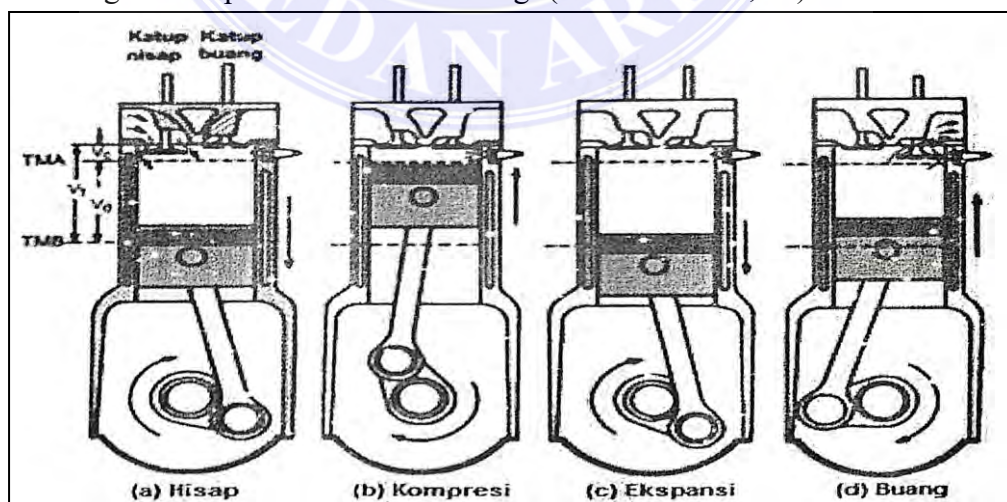
Motor bensin 4 langkah membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus pembakaran di dalam silinder. Setiap silinder membutuhkan empat langkah piston yaitu, langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang. Prinsip kerja motor bensin 4 langkah ditunjukkan dalam gambar 2.3. Berikut prinsip kerja motor bensin 4 langkah :

1. Langkah hisap, diawali dengan posisi torak di TMA dan berakhir dengan posisi torak di TMB, yang mana menghisap campuran segar ke dalam silinder. Untuk meningkatkan massa campuran yang dihisap, katup masuk terbuka sesaat



sebelum langkah hisap dimulai dan menutup setelah berakhirnya langkah tersebut (Kristanto 2018, 11).

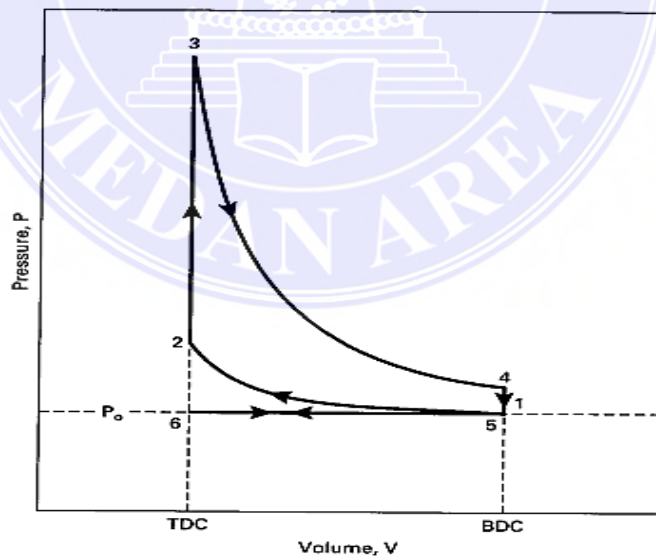
2. Langkah kompresi, ketika kedua katup tertutup di mana campuran di dalam silinder dimampatkan dan *volumenya* diperkecil. Menjelang akhir langkah kompresi, pembakaran diaktifkan dan tekanan silinder naik dengan cepat (Kristanto 2018, 11).
3. Langkah daya atau langkah ekspansi, diawali dengan posisi torak 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 (Kristanto 2018, 11).
4. Langkah buang, di mana sisa gas yang dibakar keluar dari silinder disebabkan tekanan silinder yang pada hakikatnya lebih tinggi dibanding tekanan buang. Gas kemudian didorong keluar oleh torak ketika bergerak ke arah TMA. Ketika torak mendekati TMA, katup masukan terbuka. Sesaat setelah TMA, katup buang menutup dan siklus dimulai lagi (Kristanto 2018, 11).



Gambar 2.3. Prinsip kerja motor bensin 4 langkah

## 2.4 Teori Siklus Otto

Siklus Otto adalah siklus termodinamika yang paling banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Mobil dan sepeda motor berbahan bakar bensin (Petrol Fuel) adalah contoh penerapan dari sebuah siklus Otto. Niklaus August Otto (1832-1891) adalah seorang penemu berkebangsaan Jerman yang pada tahun 1876 menciptakan mesin dengan empat dorongan pembakaran (Gaol 2020). Siklus Otto adalah siklus ideal untuk mesin torak dengan pengapian-nyala bunga api. Pada mesin pembakaran dengan sistem pengapian-nyala ini, campuran bahan bakar dan udara dibakar dengan menggunakan percikan bunga api dari busi. Piston bergerak dalam empat langkah (disebut juga mesin dua siklus) dalam silinder, sedangkan poros engkol berputar dua kali untuk setiap siklus termodinamika (Gaol 2020). Mesin seperti ini disebut mesin pembakaran internal empat langkah. Siklus Otto yang terjadi pada mesin 4 langkah terdapat pada gambar 2.4 (Kristanto 2018, 35).



Gambar 2.4. P-V diagram siklus Otto udara baku ideal, 6-1-2-3-4-5-6 mendekati siklus motor bensin 4 - langkah

Proses terjadinya siklus otto yaitu sebagai berikut :

1. Langkah kompresi atau *compression stroke* isentropis dari TMB ke TMA Pada motor riil, awal langkah kompresi dipengaruhi oleh katub hisap yang tidak tertutup penuh sampai sedikit setelah TMB. Akhir dari kompresi dipengaruhi oleh penyalaan busi sebelum TMA. Dalam proses ini terjadi peningkatan tekanan dan temperatur di dalam silinder berkaitan dengan adanya pemanasan kompresif (Kristanto 2018, 36).
2. Langkah kompresi diikuti oleh pemasukan kalor pada *volume* konstan pada TMA. Pada motor riil, pembakaran dimulai sebelum TMA dan mencapai kecepatan maksimum dekat TMA, berakhir sedikit sesudah TMA. Selama pemasukan kalor, sejumlah energi ditambahkan ke udara didalam silinder sehingga temperatur udara meningkat ke nilai yang sangat tinggi, menghasilkan temperatur puncak siklus di titik 3. Peningkatan temperature selama proses tertutup pada *volume* konstan juga mengakibatkan kenaikan tekanan yang besar (Kristanto 2018, 36).
3. Nilai tekanan dan entalpi yang sangat tinggi didalam sistem pada TMA menghasilkan langkah daya atau langkah ekspansi yang mengikuti proses pembakaran. Tekanan tinggi pada bagian atas torak mendesak torak ke TMB dan menghasilkan kerja dan daya keluaran motor. Langkah daya siklus motor riil didekati dengan proses isentropik siklus otto. Pada motor riil, awal langkah daya dipengaruhi oleh katub buang yang terbuka sebelum TMB. Selama berlangsungnya langkah daya, temperatur dan tekanan di dalam silinder berkurang data *volume* meningkat dari TMA ke TMB (Kristanto 2018, 36).

4. Katub buang terbuka dan silinder mengalami pembuangan *blowdown*. Sejumlah besar gas buang dikeluarkan dari silinder sehingga mengurangi tekanan manifold buang. Katub terbuka sebelum TMB, dan diharapkan *blowdown* sudah selesai di TMB sedemikian hingga tidak terjadi tekanan tinggi di dalam silinder yang melawan torak saat langkah buang berikutnya. Dalam proses pembuangan *blowdown* terjadi penurunan tekanan pada *volume* konstan. Tekanan didalam silinder pada akhir buangan *blowdown* berkurang menjadi sekitar satu atmosfer, dan penurunan temperatur yang disebabkan adanya pendinginan ekspansi (Saputra, Dantes, and Wiratmaja 2021).
5. Langkah terakhir dari siklus empat langkah terjadi ketika torak bergerak dari TMB ke TMA. Langkah buang yang terjadi pada tekanan konstan satu atmosfer berkaitan dengan terbukanya katup buang. Pada akhir langkah buang, motor telah mengalami dua putaran, torak berada lagi di TMA, katup buang tertutup, katup hisap terbuka, dan siklus baru dimulai (Kristanto 2018, 36).

## 2.5 Kinerja

Kinerja pada motor pembakaran dalam dihasilkan oleh gas di dalam 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. (Kristanto 2018, 17)

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

Dimana :

$P$  = Tekanan di dalam ruang bakar

$A_t$  = Luasan dimana torak bekerja

$x$  = Jarak gerakan torak

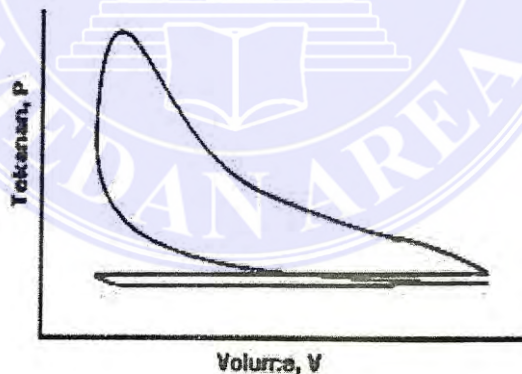
dan

$$A_t dx = dV \dots \dots \dots (2.2)$$

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

$$W = \int P dV \dots \dots \dots (2.3)$$

Siklus motor sebenarnya pada kordinat P-V dinyatakan melalui diagram indikator diagram indikator (Gambar 2.5) dihasilkan melalui plotter mekanis yang dihubungkan langsung ke motor. (Kristanto 2018, 18)



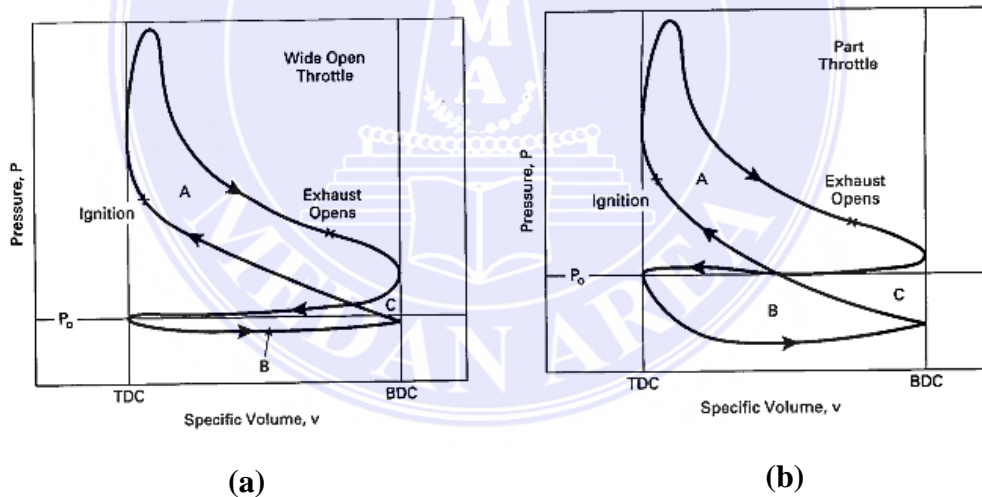
Gambar 2.5. Diagram indikator motor bensin 4 langkah pada WOT

Karena motor pada umumnya memiliki silinder lebih dari satu maka analisis siklus motor dilakukan dalam satuan massa gas didalam silinder,  $m$ . Untuk melakukannya volume  $V$  diganti dengan volume spesifik  $v$  dan kerja digantikan dengan kerja spesifik,  $w$  (Kristanto 2018, 18).

$$w = \frac{W}{m} \quad v = \frac{V}{m} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$w = \int P \, dv \dots\dots\dots (2.5)$$

Kerja spesifik  $w$  sama dengan luasan dibawah kurva pada kordinat P-V dalam gambar 2.6. Jika  $P$  menyatakan tekanan didalam silinder ruang bakar maka persamaan 2.5. Dan area yang ditunjukkan pada gambar 2.6. menyatakan kerja didalam ruang bakar tersebut. Kerja ini disebut kerja indikasi (indicated work). Kerja yang dikirimkan oleh poros engkol lebih kecil dari kerja indikasi, berkaitan dengan gesekan mekanis dan sejumlah beban parasite motor tersebut. Beban parasite meliputi pompa minyak, supercarjer, kompresor alat pendingin, alternator, dan lain-lain. (Kristanto 2018, 18)



Gambar 2.6. Siklus motor bensin 4 langkah dengan (a) katup trotel terbuka penuh dan (b) katup trotel terbuka sebagian

$$w_b = w_i - w_f \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$w_i$  = Kerja indikasi spesifik yang dihasilkan di dalam ruang bakar

$w_f$  = Kerja spesifik yang hilang (kerja friksi) berkaitan dengan gesekan mekanis dan beban parasite

Untaian atas siklus dalam gambar 2.6 terdiri dari langkah kompresi dan daya, dimana kerja keluaran yang dihasilkan dan disebut kerja indikator kotor ( gross indicated work) yang ditunjukkan dengan luasan A dan C. untaiian bawah, meliputi langkah masuk dan buang, disebut kerja pemompaan (pump work) , dan menyerap kerja dari motor (luasan B dan C). Kerja indikasi netto (net indicated work) adalah (Kristanto 2018, 19):

$$w_{netto} = w_{kotor} + w_{pompa} \dots\dots\dots (2.7)$$

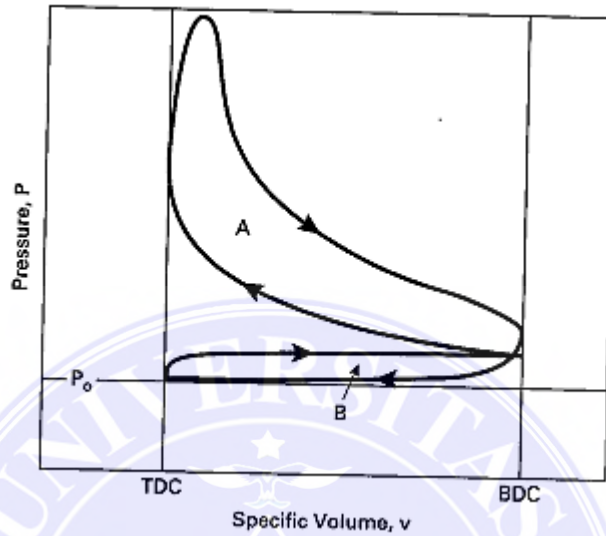
Kerja pemompaan,  $w_{pompa}$  , untuk motor tanpa supercarjer adalah negative, sehingga :

$$w_{netto} = (area A) - (area B) \dots\dots\dots(2.8)$$

Pada motor 4 langkah, tekanan buang pada umumnya lebih tinggi disbanding tekanan hisap. Oleh karena itu, luas bidang antara garis buang dan garis hisap (luasan B dan C) gambar 2.6. menyatakan , luasan negatif sehingga merupakan kerugian, yang disebut kerugitan pemompaan. Dengan supercarjer atau turbocarer, tekanan hisap dapat dibuat lebih tinggi dari tekanan buang sehingga tidak terjadi kerugian pemompaan, melainkan memberikan kerja pompa positif ( gambar 2.7.)

$$w_{netto} = (area A) + (area B) \dots\dots\dots(2.9)$$

Ketika ini terjadi, supercarjer meningkatkan kerja indikasi netto tetapi menambah kerja akibat gesekan pada motor karena digerakkan oleh poros engkol.(Kristanto 2018, 19)



Gambar 2.7. P-V diagram siklus 4 langkah motor bensin dengan supercarjer atau turbocarjer

Rasio antara kerja rem pada poros engkol terhadap kerja indikasi diruang bakar didefinisikan sebagai efisiensi mekanis motor yang dinyatakan dengan :

$$\eta_m = \frac{w_b}{w_i} = \frac{W_b}{W_i} \dots\dots\dots (2.10)$$

Pada kondisi motor tanpa beban (idle), efisiensi mekanik turun menjadi nol atau mendekati nol karena hanya sejumlah kecil kerja rem diserap sistem penggerak (transmisi,transaxle). Gesekan mekanik dan fluida merupakan kerugian tenaga yang terbesar pada kecepatan rendah. Karena daya gesekan meliputi daya yang dibutuhkan untuk memompa gas ke dalam dan keluar dari motor, efisiensi mekanik tergantung pada posisi trotel sebagaimana haalnya kecepatan motor (Kristanto 2018, 20).



## 2.6 Tekanan Efektif Purata

Ukuran kinerja motor yang lebih bermanfaat diperoleh dengan membagi kerja per siklus dengan volume yang dipindahkan dari silinder per siklus. Parameter yang dihasilkan mempunyai satuan gaya per satuan luas dan disebut dengan tekanan efektif purata (*Mean Effective Pressure, MEP*) (Kristanto 2018, 20).

$$w = (mep)\Delta v \dots\dots\dots(2.11)$$

atau

$$mep = \frac{w}{\Delta v} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\Delta v = v_{TMB} - v_{TMA} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana:

$W$  = Kerja pada satu siklus

$W$  = Kerja spesifik pada satu siklus

Jika digunakan parameter kerja rem, maka tekanan efektif putarannya disebut tekanan efektif purata rem (*Brake Mean Effective Pressure, BMEP*):

$$bmep = \frac{w_i}{\Delta v} \dots\dots\dots(2.14)$$

Jika digunakan parameter kerja indikasi, maka tekanan putarannya disebut tekanan efektif purata indikasi (*Indicated Mean Effective Pressure, IMEP*):

$$imep = \frac{w_i}{\Delta v} \dots\dots\dots(2.15)$$

Nilai maksimum BMEP motor bensin berada dalam kisaran 850 sampai 1050 kPa pada kecepatan dimana diperoleh torsi maksimum (sekitar 3000rpm).

Untuk motor bensin yang dilengkapi turbocarjer, BMEP maksimum berada dalam kisaran 1250 sampai 1700 kPa. Untuk motor diesel empat langkah, BMEP maksimum dilengkapi dengan turbocarjer, nilai maksimum BMEP secara khas berada dalam kisaran 1000 sampai 1200 kPa, sementara untuk motor yang diengkapi *aftercooled turbocharger* dapat naik sampai 1400 kPa (Kristanto 2018, 20).

## 2.7 Torsi dan Daya

Torsi dan daya adalah ukuran yang menggambarkan output kinerja dari motor pembakaran dalam. Kedua parameter ini menjelaskan dua elemen kinerja yang berbeda, tergantung penggunaan kendaraan. Jadi pada saat merancang kendaraan, produsen harus mempertimbangkan kendaraan agar 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 barang atau orang, mungkin memerlukan torsi lebih besar dan daya yang lebih kecil. Ketika piston bergerak dari TMA ke TMB selama langkah daya, sebuah gaya diberikan ke batang penghubung (*connecting rod*) yang menghubungkan piston dengan bantalan poros engkol sehingga poros engkol berputar (Kristanto 2018, 21).

Gaya putar yang diterapkan untuk poros engkol ini disebut torsi,  $\tau$ . Jadi torsi menyatakan ukuran kemampuan motor untuk melakukan kerja. Satuan ukuran untuk torsi adalah Newton-meter. Hubungan torsi dengan kerja rem dinyatakan dengan (Kristanto 2018, 21) :

$$2\pi\tau = W_b = (bmep) \frac{V_L}{n} \dots\dots\dots(2.16)$$

Untuk motor siklus 2 langkah dengan satu siklus untuk setiap putaran (n=1)

$$2\pi\tau = W_b = (bmep) V_L \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\tau = (bmep) \frac{V_L}{2\pi} \text{ untuk siklus 2 langkah } \dots\dots\dots(2.18)$$

Untuk motor siklus 4 langkah, melakukan dua putaran per siklus ( n=2 ),

$$\tau = (bmep) \frac{V_L}{4\pi} \text{ untuk siklus 4 langkah } \dots\dots\dots(2.19)$$

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 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. Jika n = banyaknya putaran per siklus dan N = kecepatan motor, maka (Kristanto 2018, 21):

$$W = W \frac{N}{n} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$W = 2\pi N\tau \dots\dots\dots(2.21)$$

$$W = \left(\frac{1}{2n}\right) (mep) A_t \bar{v}_t \dots\dots\dots(2.22)$$

dimana:

$W_b$  = Kerja rem satu putaran

$V_L$  = Volume langkah

$n$  = Jumlah putaran per siklus

$$W = (mep) \frac{A_t \bar{v}_t}{4} \text{ untuk siklus 4 langkah ..... (2.23)}$$

$$W = (mep) \frac{A_t \bar{v}_t}{2} \text{ untuk siklus 2 langkah .....(2.24)}$$

dengan:

$W$  = Kerja per siklus

$A_t$  = Luasan muka torak dari semua torak

$\bar{v}_t$  = Kecepatan torak purata

Dari defenisi kerja atau MEP yang digunakan di dalam persamaan (2.20) sampai (2.24), daya dapat dinyatakan sebagai daya rem, daya indikasi bersih (*net indicated power*), daya indikator kotor (*gross indicated power*), daya pompa dan bahkan daya gesekan(Kristanto 2018, 22).

$$W_b = \eta_m W_i \text{ ..... (2.25)}$$

$$(W_i)_{neto} = (W_i)_{kotor} - (W_i)_{pompa} \text{ ..... (2.26)}$$

$$W_b = W_i - W_f \text{ ..... (2.27)}$$

dimana  $\eta_m$  = efesiensi mekanik motor.

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

$$\begin{aligned}
 1hp &= 0.7457 kW \\
 1kW &= 1.341 hp \dots\dots\dots (2.28) \\
 1PS &= 0,7355 kW
 \end{aligned}$$

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 berkurang. Berkurangnya torsi pada kecepatan yang lebih tinggi karena motor tidak mampu mencerna muatan udara yang penuh. Untuk memperoleh daya yang lebih besar dapat dilakukan dengan meningkatkan volume langkah, MEP, dan/atau kecepatan. Meningkatkan volume langkah berarti meningkatkan massa motor dan kebutuhan ruang. Keduanya bertentangan dengan kecenderungan desain mobil masa kini. Karena alasan ini, motor modern dibuat lebih kecil tetapi dapat berputar dengan kecepatan lebih tinggi, dan sering dilengkapi dengan supercarjer atau turbocarjer untuk meningkatkan MEP(Kristanto 2018, 22).

1. Daya beban jalan

Daya yang diperlukan untuk menggerakkan kendaraan pada permukaan jalan dengan kecepatan stedi disebut daya beban jalan. Daya ini digunakan untuk mengatasi hambatan guling yang timbul dari gesekan ban dengan permukaan jalan dan gesekan aerodinamis (*drag aerodynamic*) kendaraan. Koefisien hambatan guling dan koefisien gesekan aerodinamis,  $C_R$  dan  $C_D$ , berturut-turut ditentukan secara empiris. Rumus pendekatan untuk daya beban jalan,  $W_r$ , menurut Heywood, 1988 (Kristanto 2018, 22):

$$W_r = (C_r M_k g + \frac{1}{2} \rho_{ud} C_D A_k S_k^2) S_k \dots\dots\dots (2.29)$$

dimana:

$C_R$  = Koefisien hambatan guling ( $0.012 < C_R < 0.015$ )<sup>3</sup>,  $M_k$  = massa kendaraan (kg)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\rho_{ud}$  = Kerapatan udara ambient

$C_D$  = Koefisien gesekan aerodinamis (untuk mobil:  $0.3 < C_D < 0.5$ )<sup>3</sup>

$A_k$  = Luas frontal kendaraan ( $m^2$ )

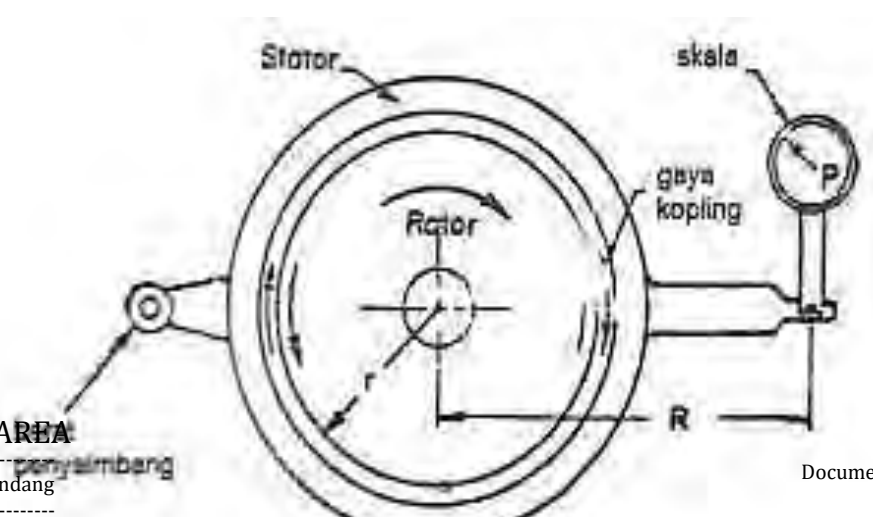
$S_k$  = Kecepatan kendaraan (km/jam)

Dengan satuan yang digunakan dapat dituliskan sebagai:

$$W_r(kW) = \left[ 2,73C_R M_k(kg) + 0,0126C_D A_k(m^2) S_k \left( \frac{km}{jam} \right)^2 \right] S_k \left( \frac{km}{jam} \right) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (2.30)$$

2. Dinamometer

Torsi dan daya motor dalam jangkauan operasi kecepatan motor dan beban pada umumnya diukur dengan *dynamometer*. Motor dijepit pada suatu bangku uji (*test bed*) dan sebuah poros menghubungkan motor ke rotor *dynamometer*. Gambar 2.8 Menggambarkan prinsip operasi *dynamometer*(Kristanto 2018, 23).



Gambar 2.8. Prinsip operasional *dynamometer*

Rotor *a* yang digerakkan oleh motor yang diuji, dihubungkan (secara elektrik, magnetis, atau hidrolis) ke stator *b*. Dalam satu putaran poros, keliling dari rotor *a* berpindah melalui suatu jarak  $2\pi r$  melawan gaya kopel *f* (gaya *drag*). Dengan demikian kerja perputaran adalah (Kristanto 2018, 23):

$$Kerja = 2\pi r f \dots\dots\dots (2.31)$$

Momen luar, merupakan produk pembacaan skala beban *p*, dan lengan *dynamometer* *R*, harus setimbang dengan momen putar,  $r \times f$ , atau :

$$r f = P R \dots\dots\dots (2.32)$$

sehingga kerja untuk satu putaran :

$$Kerja = 2\pi P R \dots\dots\dots (2.33)$$

Saat motor berputar *N* rpm, kerja per menit menjadi :

$$Kerja \text{ per menit} = 2\pi P R \dots\dots\dots (2.34)$$

Daya dinyatakan sebagai laju kerja yang dilakukan. Dengan demikian  $2\pi P R N$  menyatakan besaran daya. Daya kuda (*hp*) menyatakan satuan daya yang dinyatakan dengan 745.7 watt, atau 0.7457 kW. Jika *P* dinyatakan dalam *Newton*, *R* dalam *meter* dan *N* dalam *kgf*, *R* dalam meter dan *N* dalam *putaran/s*, satuan daya dinyatakan dengan *PS* dimana  $1PS = 75kg \text{ f m/s}$ . Produk perkalian  $P \times R$  menyatakan torsi (tenaga putar). Torsi

merupakan suatu momen putar, atau sebagai kerja persatuan putaran (radian). Satuan torsi pada umumnya N-m(Kristanto 2018, 24).

$$\tau = P R \dots\dots\dots (2.35)$$

Daya rem,  $W_b$  yang dikirimkan oleh motor dan diserap oleh *dynamometer* adalah hasil kali antara torsi dan kecepatan sudut:

$$W_b 2\pi N\tau \dots\dots\dots (2.36)$$

**2.8 Air Fuel Ratio (AFR)**

*Air Fuel Ratio* atau biasa disingkat AFR merupakan jumlah udara dan bahan bakar pada proses pembakaran dalam satuan massa atau volume. Secara umum nilai AFR dijaga tetap berada pada nilai ideal atau stoikiometri sebesar 14,67 kilogram. Analoginya 1 kilogram bensin tau gasoline akan habis terbakar jika dicampur dengan 14,67 kilogram udara dalam prosesnya atau biasana disimpulkan dengan 14,7 : 1. AFR yang ideal merupakan campuran bahan bakar yang ideal sehingga menyebabkan kinerja peforma mesin akan menjadi baik dan optoimal, serta menyebabkan pemakaian bahan bakar dan pembakaran menjadi lebih efisien. Berdasarkan hasil dari percobaan yang dilakukan peneliti dengan menggunakan alat ukur *dynotest* besaran AFR yang dihasilkan berdasarkan kombinasi dari variasi massa roller dan sudut kemiringan *drive pulley* pada CVT motor *matic* adalah pada gambar berikut ini.

**2.9 Methodology Response surface (RSM)**

*Response surface Methodology* (RSM) adalah metode statistika yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimalkan proses, dimana respon dipengaruhi oleh beberapa faktor (variable independent). RSM dapat digunakan untuk menyelidiki dan memilih kondisi proses yang paling



optimal. Selain itu, keunggulan metode RSM ini di antaranya tidak memerlukan data percobaan dalam jumlah yang besar dan tidak membutuhkan waktu lama (Prabudi, Nurtama, and Purnomo 2018)

Penggunaan metode ini berfungsi untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimasi proses penentuan formulasi optimum. Penerapannya sangat penting terutama di bidang rancangan, pengembangan dan perumusan produk baru, serta pada peningkatan rancangan produk yang sudah ada (Aliya Awaliyah 2018). Metode yang digunakan yaitu statistika untuk melihat hubungan antara satu atau lebih variabel perlakuan dan metode permukaan respon merupakan suatu himpunan metode-metode matematika yang dilakukan secara berbentuk kuantitatif dengan sebuah variabel respon yang bertujuan untuk mengoptimalkan respon tersebut dalam suatu percobaan (Prabudi, Nurtama, and Purnomo 2018) (Aliya Awaliyah 2018).

*Response surface Method* (RSM) merupakan sebuah strategi percobaan yang nantinya akan berguna apabila respon dipengaruhi beberapa faktor dan tujuan percobaan tersebut adalah untuk mencari respon optimum dengan cara mencari tempuhan titik tengah dan tumbuhan dengan bintang. *Response surface methodology* juga diartikan sebagai sebuah metode gabungan antara teknik matematika dengan teknik statistik yang nantinya akan digunakan untuk membuat model dan untuk menganalisa suatu respon Y yang dipengaruhi oleh beberapa variabel x dengan tujuan untuk mengoptimalkan respon (Aliya Awaliyah 2018).

Menggunakan metode RSM permukaan respon ini akan berfungsi untuk bisa mengembangkan mengoptimasi dan meningkatkan proses penentuan formula

aktif ini sangatlah penting terutama dalam bidang rancangan pengembangan dan perumusan produk baru, serta pada peningkatan rancangan produk yang sudah ada.

Hubungan antara respon Y dan variabel bebas X adalah(Widayanti, Fajrin, and Eniarti 2018):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + \varepsilon \dots\dots\dots(2.39)$$

dimana:

Y = Variabel respon

$x_i$  = variabel bebas/faktor (i = 1, 2,..., k)

$\varepsilon$  = Error

Jika ekspektasi *response* dinotasikan dengan  $E(y) = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + \varepsilon = \eta$ , maka surface dinyatakan dengan:

$$\eta = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \dots\dots\dots(2.40)$$

### 2.10 Model RSM

Adapun beberapa model dari metode RSM permukaan respon adalah sebagai berikut (Aliya Awaliyah 2018).

#### 1. Model Orde Pertama

Langkah pertama dari *respon Surface method* ini yaitu menemukan fungsi pendekatan yang tepat agar bisa melihat hubungan antara respon y dan x dengan menggunakan persamaan polinomial orde pertama (Santoso 2018).

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \varepsilon \dots\dots\dots(2.41)$$

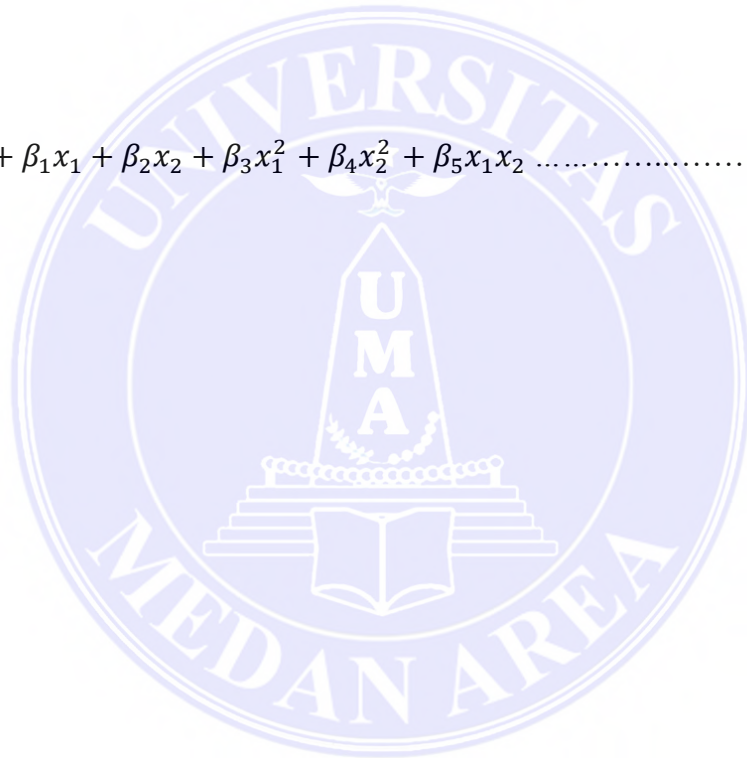
2. Model Orde Kedua

Jika memang hubungan tersebut tidak linier maka fungsi dari polinomial dengan orang yang lebih tinggi akan digunakan seperti fungsi polinomial orde kedua (Santoso 2018).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \dots + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \dots\dots (2.42)$$

Contoh :

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1^2 + \beta_4x_2^2 + \beta_5x_1x_2 \dots\dots\dots(2.43)$$



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1 Tempat

Tempat penelitian ini akan dilaksanakan di Habib Motor yang beralamat di JL. Simpang St. No.24, Suka Makmur, Kec. Deli Tua, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

##### 3.1.2 Waktu

Waktu penelitian ini membutuhkan waktu kurang lebih 2 bulan. Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan pada bulan Maret 2023 setelah melakukan seminar proposal, dengan detail jadwal tugas akhir seperti terlihat pada tabel 3.1. sebagai berikut:

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas	2023																							
	Feb				Mar				Apr-Jul				Agt				Sep				Okt			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■																							
Penulisan Proposal					■	■	■	■																
Seminar Proposal									■															
Proses Penelitian									■	■	■	■												
Pengolahan Data													■	■	■	■								
Penyelesaian Laporan																								
Seminar Hasil																								
Evaluasi dan persiapan Sidang																								
Sidang Sarjana																								

## 3.2 Alat dan Bahan- bahan

### 3.2.1 Alat

#### A. *Dynotest* atau Dynamometer

*Dynamometer* atau biasa disebut *dynotest* merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengukur besaran tenaga mesin secara detail dan *real time*. Sementara pada alat *chassis dyno*, mampu mengukur performa dan besaran tenaga mesin pada sebuah kendaraan, mulai dari mobil, motor, truk bahkan kendaraan berat. *Chassis dyno* sendiri terdiri dari dua macam, yakni roller/*rolling dyno*, dengan cara menaikkan mobil ke atas sebuah roda berjalan atau roller *dyno*. Roda berjalan ini akan ikut berputar seiring tenaga mesin yang disalurkan lewat ban dan mencatat tenaga yang dihasilkan mobil. Kedua, adalah hub *dyno*, yakni sebuah alat yang dipasangkan pada teromol roda, yang mengukur tenaga mesin lewat putaran roda tersebut (Aditya and Darlis 2015). Di Indonesia, *chassis dyno* tipe roller *dyno* tersebut yang banyak digunakan di bengkel. Pada Gambar 3.1. merupakan rangkaian alat *dynotest* yang akan digunakan untuk penelitian.



Gambar 3.1. Alat *dynotest* atay *dynamometer*

Tujuan *dynotest* adalah untuk mengukur besaran performa dan tenaga mesin yang terukur dalam satuan tenaga, mulai dari *horsepower* (HP), daya kuda (dk) atau Kilowatt (kW). Selain tenaga maksimal, *dynotest* juga mampu mengukur besarnya torsi (Nm dan Kgm) yang dihasilkan suatu mesin. Lantaran menggunakan sebuah komputer untuk merekam performa dan tenaga mesin, maka kenaikan tenaga bisa terlihat di setiap putaran mesin dan posisi gigi, dalam bentuk kurva. Sementara itu, besarnya tenaga mesin juga dapat dihitung di mesin (*on engine*) atau dihitung di roda (*on wheels*).

#### B. *Blower*

Blower digunakan sebagai pendingin mesin pada saat sepeda motor dilakukan percobaan di atas *dynotest* pada penelitian ini.

#### C. Laptop

Laptop digunakan untuk menyimpan, mengolah dan menampilkan data dari percobaan *dynotest* pada penelitian ini.

#### D. *Software Datalogger*

*Data Logger* (Perekam Data) adalah sebuah alat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu baik yang terintegrasi dengan sensor dan instrumen. Atau secara singkat *data logger* adalah alat untuk melakukan data logging. Beberapa jenis *data logger* biasanya dikoneksikan dengan komputer dan untuk mengaktifkannya digunakan sebuah *software* yang lebih simple. Pengamatan terhadap data yang terekam bisa dilakukan melalui komputer.

*Data Logger* berbasis PC (*PC-based data logger*) menggunakan komputer, biasanya PC, untuk mengumpulkan data melalui sensor dalam rangka menganalisis

dan menampilkan hasilnya. *Logging* adalah proses otomatis pengumpulan dan perekaman data dari sensor untuk tujuan pengarsipan atau tujuan analisis. Sensor digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis akhirnya dikirimkan ke komputer atau mikroprosesor untuk pengolahan.

#### E. *Tools*

Alat-alat ( *tools* ) ini digunakan peneliti untuk melakukan pergantian part yang akan di uji pada penelitian ini. Ada beberapa jenis tools yang digunakan untuk melakukan pergantian part sebagai berikut :

1. Kunci *Pulley* 39mm x 41mm
2. Kunci T 8mm
3. Obeng *Two Way*
4. *Handle* kunci sock
5. Mata kunci sock 17mm
6. Mata kunci sock 19mm
7. Mata kunci sock 22mm
8. Trecker CVT
9. Timbangan

### 3.2.2 Bahan

#### A. Sepeda Motor

Sepeda motor yang digunakan untuk penelitian ini adalah sepeda motor *matic* 2022.

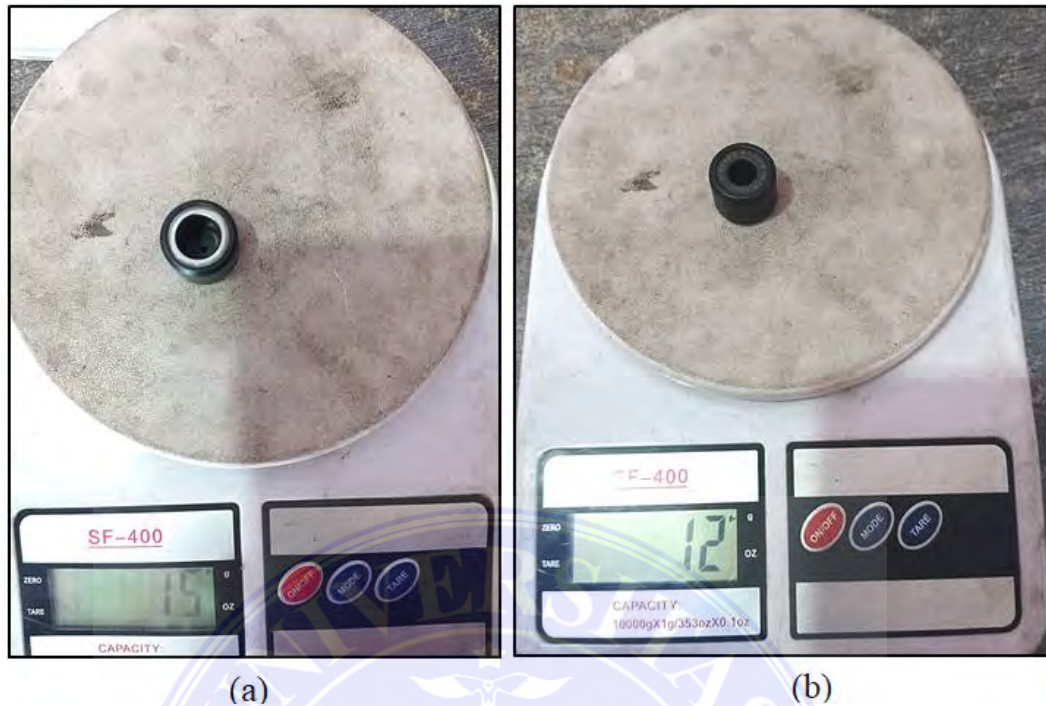
Dengan spesifikasi :

1. Tipe Mesin : 4 – Langkah, SOHC dengan pendingin udara, eSP
2. *Volume* Langkah : 109.5cc
3. Sistem Suplai Bahan Bakar : Injeksi (PGM-FI)
4. Diameter X Langkah : 47.0 x 63.1 mm
5. Tipe Tranmisi : Otomatis, *V-Matic*
6. Rasio Kompresi : 10.0 : 1
7. Daya Maksimum : 6.6 kW / 7.500 rpm
8. Torsi Maksimum : 9.3 N.m / 5.500 rpm
9. Tipe Starter : Elektrik dan Kick Starter
10. Tipe Kopling : Otomatis, Sentrifugal, Tipe Kering

#### B. Roller

Roller yang digunakan pada penelitian ini adalah roller standar berukuran 15 gram dan roller racing berukuran 12 gram dengan masing-masing berjumlah 6 pcs. Berikut ini merupakan gambar pada saat pengukuran masing-masing roller yang digunakan pada penelitian ini .

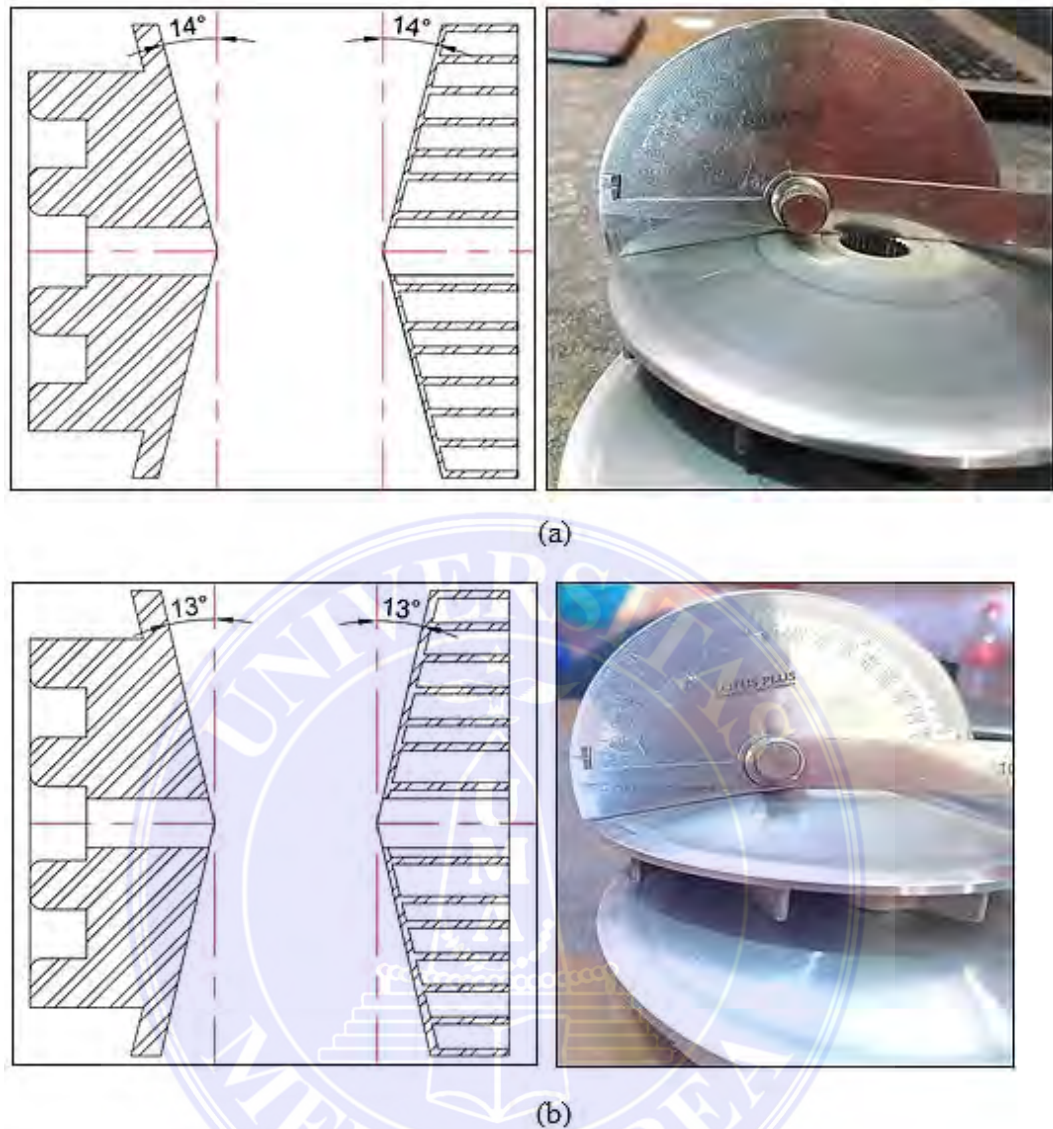




Gambar 3.2. (a) Gambar pada saat pengukuran roller sebesar 15 gram, (b) Gambar pada saat pengukuran roller sebesar 12 gram

### C. *Pulley Primer/ Drive pulley*

*Pulley* yang digunakan pada penelitian ini adalah *pulley* dengan kemiringan *pulley* sebesar 14 derajat dan *pulley* yang sudah di modifikasi dengan sudut kemiringannya sebesar 13 derajat. Berikut ini merupakan gambar dari *pulley* yang digunakan pada penelitian ini :



Gambar 3.3. (a) Gambar teknik dan gambar pengukuran dengan sudut kemiringan *pulley* sebesar 14 derajat, (b) Gambar teknik dan gambar pengukuran dengan sudut kemiringan *pulley* sebesar 13 derajat

### 3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini yang ingin di analisis adalah pengaruh penggunaan variasi massa roller dan sudut kemiringan *pulley primer* terhadap performa *engine* dan konsumsi bahan bakar spesifik pada sepeda motor *matic* 2022. Lalu data yang diperoleh akan di olah dengan menggunakan metode RSM ( *Response surface Methodology* ).

### 3.4 Populasi dan Sampel

Pada penelitian ini dilakukan uji kerja dengan menggunakan dua jenis roller dan dua jenis sudut kemiringan *pulley* primer .Sampel percobaan pada penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 3.2. Tabel sampel penelitian

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Roller	Pulley
1	1	1	1	12	13
2	2	1	1	15	13
3	3	1	1	12	14
4	4	1	1	15	14
5	5	-1	1	11,4	13,5
6	6	-1	1	15,6	13,5
7	7	-1	1	13,5	12,8
8	8	-1	1	13,5	14,2
9	9	0	1	13,5	13,5
10	10	0	1	13,5	13,5
11	11	0	1	13,5	13,5
12	12	0	1	13,5	13,5
13	13	0	1	13,5	13,5

### 3.5 Prosedur Kerja

#### 3.5.1 Langkah Kerja

Langkah-langkah kerja pada pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan peralatan dan bahan
- b. Menyiapkan lembar sampel percobaan yang akan dilakukan pada penelitian.
- c. Memeriksa dan memastikan pembacaan alat ukur berfungsi dan bekerja dengan baik.

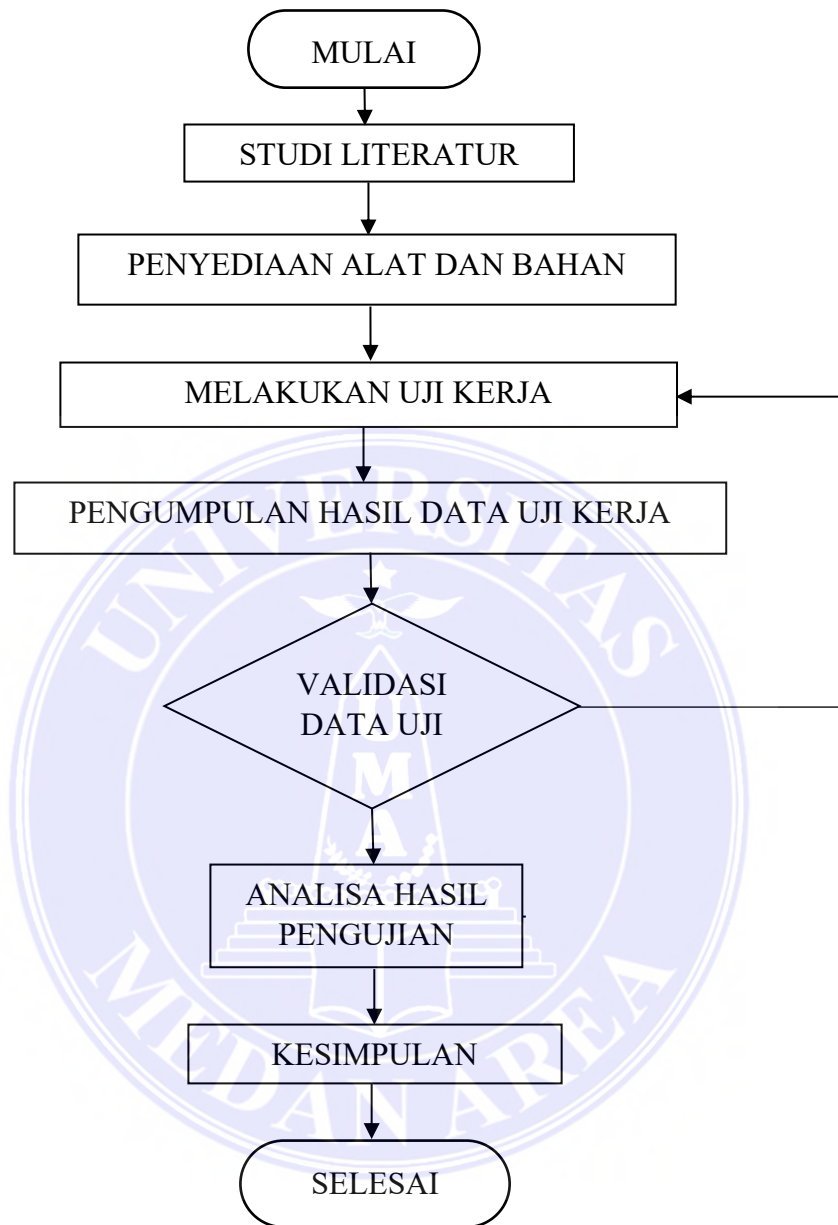
#### 3.5.2 Parameter Pengukuran

Parameter yang diukur dalam penelitian analisis pengaruh variasi massa roller dan sudut kemiringan *pulley primer* terhadap performa *engine* dan konsumsi bahan bakar spesifik pada sepeda motor *matic 2022* adalah sebagai berikut:

1. Daya (kW)
2. Torsi (Nm)
3. Air Fuel Ratio

### 3.5.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir (*flowchart*) bagan alir, atau bagan arus adalah sebuah jenis diagram yang mewakili algoritme, alir kerja atau proses, yang menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol grafis, dan urutannya dihubungkan dengan panah. Analisa dari penelitian ini adalah menganalisa hasil uji kerja mesin dengan menggunakan dua variasi *rooler* dan dua variasi sudut kemiringan *pulley primer*. Adapun diagram penelitian yang akan dilakukan terdapat pada gambar 3.2.



Gambar 3.4. Diagram alir penelitian

## 5.1 Simpulan

Hasil data pengolahan menggunakan metode *response surface methodology* (RSM) dilakukan pengolahan data dengan fitur *response surface optimizer* pada *software* Minitab 20.3 untuk mencapai performa yang *maximum* yaitu daya sebesar 5,59838 kW, torsi sebesar 10,3988N.m dan *Air Fuel Ratio* (AFR) sebesar 14,6002 dengan nilai *composite desirability* sebesar 0,895763 dengan melakukan setting parameter pada roller sebesar 15,1928 gram , dengan sudut kemiringan *drive pulley* sebesar 14,2071 derajat.

## 5.2 Saran

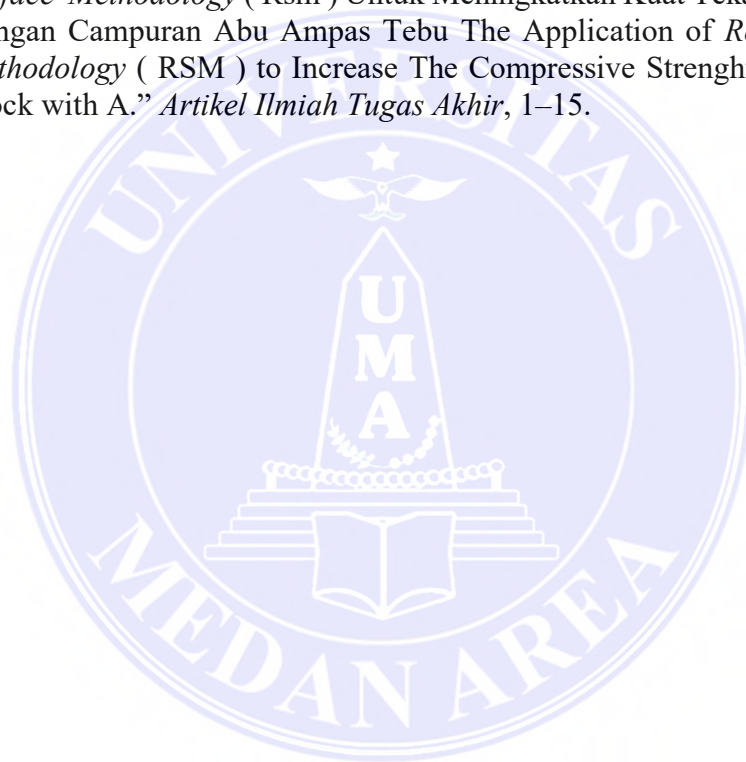
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan oleh penulis yaitu sebagai berikut :

1. Untuk setiap pengujian atau penelitian yang menggunakan *Response surface Methodology*, kombinasi *setting* parameter yang digunakan harus diperhatikan karena kombinasi setting parameter berpengaruh terhadap output nilai yang signifikan.
2. Perlu melakukan penelitian yang lebih lanjut dengan cara menambah variabel yang mampu berpengaruh terhadap performa sepeda motor *matic* tahun 2022. Seperti menambah variasi dengan mengganti pegas *pulley* sekunder untuk menghasilkan daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

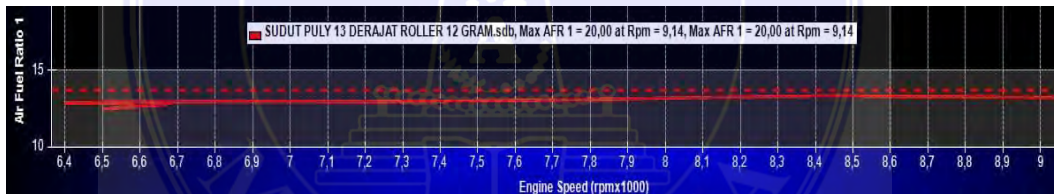
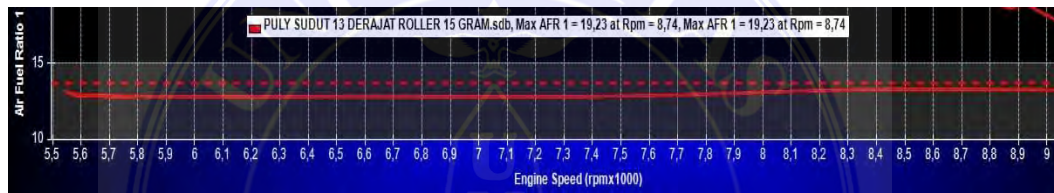
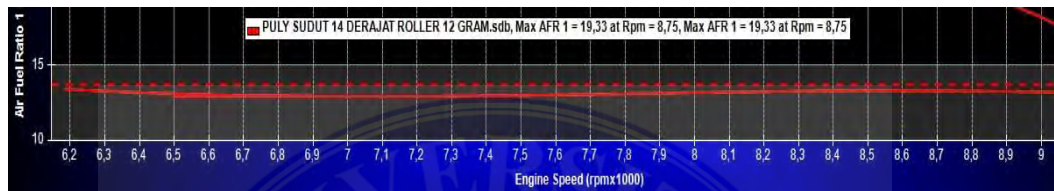
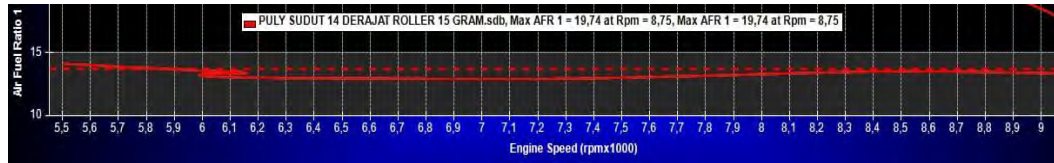
- A. N. Akhmadi and M. K. Usman, "Analisis Pengaruh Berat Roller Standard Dan Racing Pada Sistem Cvt Terhadap Rpm Sepeda motor *matic* Pgm-Fi Tahun 2015," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 1, pp. 22–31, 2021.
- Aditya, Gandi, and Denny Darlis. 2015. "Perancangan *Dynotest* Portable Untuk Sepeda Motor Dengan Sistem Monitoring Menggunakan Modul ISM Frekuensi 2.4 GHz." *E-Proceeding of Applied Science* 1 (2): 1231–38.
- Akhmadi, Amin Nur, and Mukhamad Khumaidi Usman. 2021. "Analisis Pengaruh Berat Roller Standard Dan Racing Pada Sistem Cvt Terhadap Rpm Sepeda motor *matic* Pgm-Fi Tahun 2015." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* 4 (1): 22–31.
- Aliya Awaliyah, Riza Trihaditia &. 2018. "Penentuan Formulasi Optimum Pembuatan Cookies Dari Bekatul Padi Pandanwangi Dengan Penambahan Tepung Terigu Menggunakan Metode Rsm (*Response surface Method*)." *Agroscience (Agsci)* 8 (2): 212. <https://doi.org/10.35194/agsci.v8i2.494>.
- G. Aditya and D. Darlis, "Perancangan *Dynotest* Portable untuk Sepeda Motor dengan Sistem Monitoring Menggunakan Modul ISM Frekuensi 2.4 GHz," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 1231–1238, 2015.
- Gaol, Reginal P. Lumban. 2020. "Uji Performansi Mesin Otto Satu Silinder Dengan Bahan Bakar Peralite Dan Pertamax." *Piston* 4 (2): 64–70.
- Hutabarat, Harki. 2018. "Pengaruh Variasi Berat Roller Cvt Dan Rpm Terhadap Daya Pada Yamaha Soul Gt 115Cc the Effect of Variation of Roller Weight and Rpm on Power Yamaha Soulgt 115Cc." *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 5: 55–61.
- I. P. Kristanto, *Motor Bakar Torak-Teori & Aplikasinya*. Yogyakarta: CV.ANDI OFFSET, 2018.
- Kristanto, Ir.Philip. 2018. *Motor Bakar Torak-Teori & Aplikasinya*. Edited by FI. Sigit Suryantoro. Yogyakarta: CV.ANDI OFFSET.
- Otoflik. 2018. "15 Komponen CVT Motor *Matic*: Cara Kerja, Fungsi." [Www.Otoflik.Com Berita Otomotif Terkini.](http://www.otoflik.com/Berita/Otomotif/Terkini) 2018. <https://www.otoflik.com/komponen-cvt-motor-matic/>.
- Prabudi, Mawi, Budi Nurtama, and Eko Hari Purnomo. 2018. "Aplikasi *Response surface Methodology* (RSM) Dengan Historical Data Pada Optimasi Proses Produksi Burger Application of *Response surface Methodology* (RSM) Using Historical Data on Optimation Burger Production Process." *Jurnal Mutu Pangan* 5 (2): 109–15.
- Pinunjul, D.A., Wahyudi and Sudjadi (2018) 'Perancangan Air To Fuel Ratio (AFR) Controller Berbasis PID Adaptif Pada Mesin Bensin 4 Langkah', *Transient, Vol. 7, No. 2, Juni 2018, Issn: 2302-9927, 516, 7(2)*, pp. 1–7.
- Santoso, Yuliana. 2018. "Metode *Response Surface* (RSM)." [Www.Docplayer.Info.](https://docplayer.info/43263388-Metode-response-surface-rsm.html) <https://docplayer.info/43263388-Metode-response-surface-rsm.html>.
- Saputra, Komang Adhi Indrawan, Kadek Rihendra Dantes, and I Gede Wiratmaia. 2021. "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Derajat Primary *Pulley* Terhadap Peningkatan Torsi Dan Daya Pada Kendaraan Dengan Sistem Continu.

- Variable Transmission.” *Majamecha* 3 (2): 112–20.  
<https://doi.org/10.36815/majamecha.v3i2.1544>.
- Waluyo, Joko, Agus Duniawan, and Agung Permana. 2021. “Pengaruh Kemiringan Sudut Kontak *Drive pulley* Continuously Variable Transmission (CVT) Standar Dan Modifikasi Pada Sepeda Motor Yamaha SOUL GT Terhadap Keluaran Daya.” *Simetris, Jurnal Teknologi Dan Sains Terapan* 15 (1): 43–47.
- Wibawa, Rionaldi Ari. 2018. “Pengaruh Perubahan Sudut *Primary Pulley* Terhadap Daya Dan Torsi Pada Sepeda Motor 4 Langkah *Automatic Transmission*.” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 5 (1 mei): 1–9.
- Widayanti, Selma, Jauhar Fajrin, and Miko Eniarti. 2018. “Aplikasi *Response Surface Methodology* ( Rsm ) Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Paving Block Dengan Campuran Abu Ampas Tebu The Application of *Response surface Methodology* ( RSM ) to Increase The Compressive Strenght of The Paving Block with A.” *Artikel Ilmiah Tugas Akhir*, 1–15.





### Lampiran I Hasil Dynotest terhadap Air Fuel Ratio (AFR)



Lampiran II Hasil Dynotest terhadap Torsi dan Daya yang dihasilkan

■	data hafizd puly cvt_001.sdb, Max Power = 0,13 at Rpm = 3,36, Max Torque = 0,20 at Rpm = 3,25
■	data hafizd puly cvt_000.sdb, Max Power = 1,49 at Rpm = 4,59, Max Torque = 1,71 at Rpm = 4,59
■	data hafizd puly cvt_006.sdb, Max Power = 5,46 at Rpm = 5,51, Max Torque = 5,22 at Rpm = 5,49
■	data hafizd puly cvt_003.sdb, Max Power = 7,64 at Rpm = 6,16, Max Torque = 6,53 at Rpm = 6,13

■	data hafizd puly cvt_000.sdb, Max Power = 1,10 at Rpm = 4,53, Max Torque = 1,56 at Rpm = 3,64
■	data hafizd puly cvt_007.sdb, Max Power = 2,60 at Rpm = 5,08, Max Torque = 2,97 at Rpm = 4,43
■	data hafizd puly cvt_006.sdb, Max Power = 5,93 at Rpm = 5,83, Max Torque = 5,40 at Rpm = 5,70
■	data hafizd puly cvt_005.sdb, Max Power = 8,09 at Rpm = 6,51, Max Torque = 6,53 at Rpm = 6,51

■	data hafizd puly cvt_002.sdb, Max Power = 0,60 at Rpm = 3,83, Max Torque = 0,82 at Rpm = 3,83
■	data hafizd puly cvt_001.sdb, Max Power = 1,40 at Rpm = 4,53, Max Torque = 1,63 at Rpm = 4,41
■	data hafizd puly cvt_004.sdb, Max Power = 2,74 at Rpm = 5,03, Max Torque = 2,87 at Rpm = 5,02
■	data hafizd puly cvt_000.sdb, Max Power = 7,11 at Rpm = 5,93, Max Torque = 6,29 at Rpm = 5,93

■	data hafizd puly cvt_004.sdb, Max Power = 0,00 at Rpm = 3,72, Max Torque = 0,00 at Rpm = 3,72
■	data hafizd puly cvt_001.sdb, Max Power = 1,39 at Rpm = 4,37, Max Torque = 1,67 at Rpm = 4,37
■	data hafizd puly cvt_002.sdb, Max Power = 2,93 at Rpm = 5,31, Max Torque = 2,91 at Rpm = 5,28
■	data hafizd puly cvt_000.sdb, Max Power = 8,03 at Rpm = 6,64, Max Torque = 6,38 at Rpm = 6,57