



TUGAS AKHIR – TM 141585

**STUDI EKSPERIMENTAL DAN ANALISA LAJU KEAUSAN
ROLLER PADA SISTEM *CONTINUOUSLY VARIABLE
TRANSMISSION (CVT)* DENGAN GERAKAN *RECIPROCATING***

JOHAN ADY SETYAWAN I.P.

NRP. 2113 105 003

Dosen Pembimbing

Ir. Yusuf Kaelani, MSc.E

JURUSAN TEKNIK MESIN

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



TUGAS AKHIR – TM 141585

FINAL PROJECT

***EXPERIMENTAL STUDY AND ANALYSIS KINEMATIC OF WEAR
FOR ROLLER IN SYSTEM CONTINUOUSLY VARIABLE
TRANSMISSION (CVT) WITH MOVEMENT OF RECIPROCATING***

JOHAN ADY SETYAWAN I.P.

NRP. 2113 105 003

Adviser Lecturer

Ir. Yusuf Kaelani, MSc.E

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT

Industrial Engineering Faculty

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2016

**STUDI EKSPERIMENTAL DAN ANALISA
LAJU KEAUSAN *ROLLER* PADA SISTEM
CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION (CVT)
DENGAN GERAKAN *RECIPROCATING***

TUGAS AKHIR

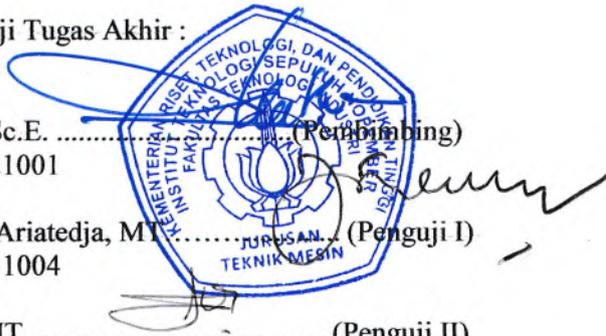
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Mekanika Benda Padat
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Johan Ady Setyawan I.P
Nrp. 2113 105 003

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E. (Pembimbing)
NIP. 196511031990021001
2. Ir. Julendra Bambang Ariatedja, MT (Penguji I)
NIP. 196807061999031004
3. Moch. Solichin, ST, MT (Penguji II)
NIP. 2100201405003



SURABAYA
Juli , 2016

STUDI EKSPERIMENTAL DAN ANALISA LAJU KEAUSAN *ROLLER* PADA SISTEM *CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION* (CVT) DENGAN GERAKAN RECIPROCATING

Nama Mahasiswa : Johan Ady Setyawan I.P.
NRP : 2113105003
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf kaelani, M.Sc.E

Abstrak

Penelitian tentang sistem transmisi otomatis atau dikenal dengan Continuous Variable Transmision (CVT) pada motor matik sudah banyak dibahas terutama pada variasi berat roller dan pengaruh berat roller terhadap performa dari sepeda motor matik. Namun kasus yang sering terjadi pada motor matik adalah seringnya pergantian roller yang diakibatkan aus, bahkan terkadang roller tersebut mengalami kerusakan. Maka dari itu Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinematika dari pergerakan roller CVT, menguji laju keausan yang terjadi pada roller CVT, dan memprediksi umur pakai dari roller CVT.

Metodologi dari penelitian ini adalah melakukan eksperimen menggunakan tribometer tipe pin on plate dengan gerakan reciprocating tanpa menggunakan pelumasan (Dry Sliding). Pengujian 2 jenis roller untuk mengetahui laju keausan yang terjadi berdasarkan analisa kinematika dari pergerakan roller CVT, yang mana menggambarkan posisi dan kecepatan roller dalam rpm (engine) tertentu dengan beban yang berbeda. Pada penelitian ini menentukan panjang lintasan 1500 mm dengan 3 variasi kecepatan roller yang berbeda dan waktu yang sudah ditentukan dari proyeksi gambar lintasan roller, yaitu $V_1=$

0,8944 mm/s, $V_2 = 1,7152$ mm/s, $V_3 = 2,34$ mm/s, $t_1 = 11,255$ s, $t_2 = 11,86$ s, dan $t_3 = 12,003$ s.

Hasil dari tugas akhir ini untuk mendapatkan hasil Spesific Wear Rate yang terjadi pada pergerakan kinematika roller pada sistem CVT. Spesific Wear Rate pada round roller adalah 0,000628931, 0,00127385, dan 0,003950617, sedangkan Spesific Wear Rate pada sliding roller adalah 0,000457404, 0,000679012, dan 0,00305275. Grafik Spesific Wear Rate pada 2 jenis roller menunjukkan trendline naik sama seperti trendline Spesific Wear Rate linier. Untuk rata-rata perbandingan umur pakai didapatkan pemakaian round roller bisa bertahan ± 3 bulan dan sliding roller bisa bertahan ± 6 bulan dalam penggunaan sepeda motor matik 6 jam sehari dalam satu tahun.

Kata Kunci : Sistem Transmisi Otomatis, Roller CVT, Keausan.

EXPERIMENTAL STUDY AND ANALYSIS KINEMATIC OF WEAR FOR ROLLER IN SYSTEM CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION (CVT) WITH MOVEMENT OF RECIPROCATING.

Student Name : ***Johan Ady Setyawan I.P.***
NRP : ***2113105003***
Major : ***Mechanical Engineering FTI-ITS***
Lecturer : ***Ir. Yusuf kaelani, M.Sc.E***

Abstract

Research on the Automatic transmission, known as Continuous Variable Transmission (CVT) has been much discussed, especially variation of the weight roller and the heavy of roller influence on the performance of the motorcycle automatic. But the case which often happen in automatic motor is wear roller, the roller sometimes even damaged. Therefore the aim of this study was to analyze the kinematics of the movement of the roller CVT, test the wear rate that occurs in roller CVT, and predict the lifetime of the roller CVT.

The methodology of this research is conducted experiments using pin type Tribometer on Plate with reciprocating movement without using lubrication (Dry Sliding). Testing of two types of roller to determine the rate of wear has occurred based on the analysis of the kinematics of the movement roller CVT, which describes the position and speed of the roller rpm (engine) with the different loads. This experiment is determine length of sliding distance 1500 mm with 3 different roller speed variation and a spesified time of image projection roller, include $V_1 = 0,8944$ mm/s, $V_2 = 1,7152$ mm/s, $V_3 = 2,34$ mm/s, $t_1 = 11,255$ s, $t_2 = 11,86$ s, dan $t_3 = 12,003$ s.

The results of the final test to get Specific Wear Rate happened to the movement of the roller kinematics CVT system. Specific Wear rate on around roller is 0,000628931, 0,00127385, and 0,003950617. While Specific Wear rate on a sliding roller is 0,000457404, 0,000679012, and 0,00305275. Graph Specific Wear Rate on 2 types of roller show the same increasing trendline with Specific Wear Rate linier. The average lifetime ratio obtained roller consumption can used ± 3 months and sliding roller can used ± 6 months in motorcycle use automatic 6 hours a day in one year.

Keyword : Automatic transmission system, Roller CVT, Wear.

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| 1.5 Manfaat penelitian..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II DASAR TEORI | 5 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2.1.1 Analisa Pengaruh Perubahan Massa Roller Penggerak Variator pada Continously Variable Transmission (CVT) terhadap Kinerja Traksi pada Sepeda Motor Yamaha Mio | 5 |
| 2.1.2 Rancang Bangun Mekanisme Actuator Tribometer Pin-On-Plate Gerakan Reciprocating dengan Penggerak Elektropneumatic | 5 |
| 2.2 Sistem Transmisi | 7 |
| 2.2.1 Sistem Transmisi Manual | 8 |
| 2.2.2 Sistem Transmisi Otomatis..... | 10 |
| 2.3 Roller CVT | 21 |
| 2.3.1 Round roller CVT | 23 |
| 2.3.2 Sliding roller CVT | 24 |
| 2.3.3 Analisa kinematika dari pergerakan roller..... | 27 |
| 2.3.4 Free body Diagram pada Pulley | 32 |
| 2.3.5 Free body Diagram pada Roller..... | 33 |

| | |
|--|-------------|
| 2.4 Keausan..... | 34 |
| 2.4.1 Mekanisme Keausan (<i>Wear Mechanism</i>) | 34 |
| 2.4.2 Metode Menghitung Volume yang Tergerus..... | 40 |
| 2.4.3 Metode Menghitung Laju Keausan..... | 43 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 45 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 46 |
| 3.2 Studi Literatur | 46 |
| 3.3 Identifikasi Masalah | 46 |
| 3.4 Data Pengujian | 47 |
| 3.4.1 Data Spesifikasi Motor Honda Vario 125 PGM-FI..... | 47 |
| 3.4.2 Data Spesifikasi <i>roller</i> Standard..... | 48 |
| 3.4.3 Lintasan <i>Roller</i> pada Variator..... | 51 |
| 3.5 <i>Flowchart</i> Perhitungan..... | 52 |
| 3.6 Langkah – langkah pada Diagram Alir Perhitungan..... | 53 |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN | 61 |
| 4.1 Analisa Kinematika Kecepatan <i>Roller</i> pada Lintasan..... | 61 |
| 4.2 Hasil Perhitungan Gaya Sentrifugal <i>Roller</i> dan Pembebanan yang diterima | 65 |
| 4.2.1. Data Perhitungan Beban (R1 dan R2)..... | 65 |
| 4.3 Analisa Hasil Uji Eksperimentasi | 66 |
| 4.3.1 Data Hasil Percobaan..... | 66 |
| 4.3.2 Perhitungan dan Analisa Data Hasil Percobaan..... | 67 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 71 |
| 5.1 Kesimpulan | 71 |
| 5.2 Saran | 72 |
| DAFTAR PUSTAKA | xiii |
| LAMPIRAN..... | xv |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Roller</i> Standar Vario 125 PGM-Fi | 48 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi Material <i>Roller</i> (<i>Teflon/PTFE</i>) Standar Vario 125 PGM-Fi | 49 |
| Tabel 3.3 Kalibrasi <i>Speed Control</i> | 57 |
| Tabel 3.4 Perencanaan Eksperimen Pengujian Keausan | 59 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan Beban yang diterima..... | 65 |
| Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan..... | 66 |
| Tabel 4.3 Hasil Perhitungan | 67 |
| Tabel 4.4 Perhitungan Umur Pakai <i>Roller</i> | 68 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Model rancang bangun alat yang dilakukan Ghofar..... | 6 |
| Gambar 2.2 | Model rancang bangun alat yang dilakukan Ibrahim | 7 |
| Gambar 2.3 | Contoh Konstruksi kopling manual | 9 |
| Gambar 2.4 | Komponen Puli Primer | 11 |
| Gambar 2.5 | Komponen Puli Sekunder | 14 |
| Gambar 2.6 | Torsi Cam | 17 |
| Gambar 2.7 | Konstruksi Transmisi Otomatis | 18 |
| Gambar 2.8 | Posisi dan Cara Kerja Puli | 19 |
| Gambar 2.9 | Roller CVT | 22 |
| Gambar 2.10 | Round Roller CVT..... | 23 |
| Gambar 2.11 | Sliding Roller CVT..... | 25 |
| Gambar 2.12 | Perbandingan Round Roller dan Sliding Roller..... | 26 |
| Gambar 2.13 | Diagram benda bebas dari roller penggerak .. | 27 |
| Gambar 2.14 | Poligon Segitiga Gaya dan Kurva lingkaran.. | 28 |
| Gambar 2.15 | Pergerakan Roller yang mendorong Pulley ... | 29 |
| Gambar 2.16 | Titik lintasan kecepatan pada Variator | 31 |
| Gambar 2.17 | Free Body Diagram pada Pulley | 32 |
| Gambar 2.18 | Gaya-gaya yang bekerja pada roller | 33 |
| Gambar 2.19 | Skema Gambar dari 4 Mekanisme Keausan.. | 35 |
| Gambar 2.20 | Pengamatan Micrographs Keausan Adhesif .. | 36 |
| Gambar 2.21 | Mekanisme Keausan Adhesif | 36 |
| Gambar 2.22 | Pengamatan Micrographs Keausan Abrasif... | 37 |
| Gambar 2.23 | Mekanisme Keausan Abrasif..... | 37 |
| Gambar 2.24 | Keausan Lelah pada Ball Bearing..... | 38 |
| Gambar 2.25 | Mekanisme Keausan Lelah..... | 38 |
| Gambar 2.26 | Keausan Korosif pada Baja | 39 |
| Gambar 2.27 | Mekanisme Keausan Korosif..... | 40 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 2.28 | Hipotesis Model Partikel Setengah Bola Yang Bergesekan pada saat Sliding..... | 40 |
| Gambar 2.29 | Model Keausan Abrasif oleh Indentor Berbentuk Kerucut..... | 42 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Tugas Akhir..... | 45 |
| Gambar 3.2 | Spesifikasi Honda Vario 125 PGM-FI..... | 47 |
| Gambar 3.3 | Roller Standard Vario 125 PGM-FI..... | 48 |
| Gambar 3.4 | Lintasan Roller pada Variator..... | 51 |
| Gambar 3.5 | Diagram Alir Perhitungan..... | 52 |
| Gambar 3.6 | Round roller dan Sliding roller..... | 53 |
| Gambar 3.7 | Tribometer tipe Pin On Plate..... | 54 |
| Gambar 3.8 | Alat Pencekam Roller..... | 55 |
| Gambar 3.9 | Kalibrasi Loadcell..... | 56 |
| Gambar 3.10 | Tiang Pembebanan..... | 56 |
| Gambar 3.11 | Kalibrasi Kecepatan..... | 57 |
| Gambar 3.12 | Perencanaan Eksperimen..... | 58 |
| Gambar 4.1 | Lintasan Variator yang berbentuk Kurvatur..... | 61 |
| Gambar 4.2 | Proyeksi Gambar Kurva..... | 62 |
| Gambar 4.3 | Grafik Kecepatan roller terhadap laju keausan... | 69 |
| Gambar 4.4 | Nilai laju keausan terhadap 3 variasi kecepatan. | 70 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Transmisi otomatis atau yang dikenal dengan sebutan *Continuous Variable Transmission* (CVT) adalah sistem perpindahan kecepatan secara full otomatis sesuai dengan putaran mesin. Dalam sistem ini mesin tidak memakai gigi transmisi, tapi sebagai gantinya menggunakan dua buah *pulley* yang dihubungkan dengan sabuk (*v-belt*). Sistem CVT didesain agar pengendara dapat merasakan kenyamanan dalam berkendara karena tidak perlu menggunakan perpindahan gigi, hanya saja tinggal memutar gas untuk menambah kecepatan dan mengendorkan gas untuk mengurangi kecepatan.

Sepeda motor matik adalah sepeda motor yang menggunakan sistem CVT dalam kinerja sistem transmisi. Sepeda motor matik ini bekerja dengan putaran, jadi tidak akan dihasilkan tenaga sereresponsif motor manual dan performa yang diberikan oleh sepeda motor matik ini dianggap kurang bertenaga. Untuk performa pada sepeda motor matik ini berkaitan dengan sistem CVT, karena sistem transmisi otomatis prinsip kerjanya menggunakan *roller* untuk mendapatkan gaya sentrifugal yang terpasang pada *pulley*. *Roller* merupakan salah satu komponen dari sistem CVT pada motor matik. Dengan menggunakan prinsip dasar dari gaya sentrifugal, maka roller sendiri difungsikan untuk menekan dinding dalam pulley primer sewaktu terjadi putaran tinggi. Adapun beberapa kendala yang menyebabkan kerusakan dari *roller* yaitu kurangnya perawatan pada sistem CVT, membuka tutup *handle* gas secara spontan, atau *roller* terkontaminasi oleh zat-zat yang dapat mengganggu kinerja dari roller seperti debu, lumpur, dan lain-lain. Namun kasus yang sering terjadi di bengkel sepeda motor matik adalah pergantian roller yang diakibatkan aus. Maka dari itu diperlukan penelitian terkait seringnya pergantian roller sepeda motor matik.

Pada penelitian sebelumnya belum ada yang spesifik membahas tentang keausan yang terjadi pada *roller*. Kebanyakan membahas tentang variasi berat *roller* dan pengaruh perubahan berat *roller* terhadap performa dari sepeda motor matik. Oleh karena itu didalam penelitian ini penulis mencoba untuk menganalisa kinematika dari pergerakan *roller*, laju keausan yang terjadi pada *roller*, dan memprediksi umur pakai dari *roller*.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah analisa secara kinematika dari pergerakan *roller* yang terdapat pada sistem CVT?
2. Bagaimanakah pengaruh dari gerakan *reciprocating* pada *roller* terhadap laju keausan yang terjadi?
3. Berapakah perbandingan umur pakai dari *sliding roller* dan *round roller*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui analisa secara kinematika dari pergerakan *roller* dalam sistem CVT.
2. Untuk mengetahui pengaruh dari gerakan *reciprocating* pada *roller* terhadap laju keausan yang terjadi.
3. Untuk mengetahui perbandingan umur pakai dari *sliding roller* dan *round roller*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Material yang diuji adalah *roller* CVT yang berbentuk *sliding* dan *round* pada sepeda motor matik Honda Vario 125 PGM-FI.
2. Kecepatan pada motor matik dengan alat uji dibuat perbandingan rasio.
3. Pergerakan *plate* pada alat uji dianggap konstan.
4. Pembebanan (*load*) pada pin dianggap *uniform*.

5. Tidak ada partikel pengotor diantara permukaan pin dan *plate* yang mengalami kontak selama dilakukan pengujian.
6. Temperatur diasumsikan temperatur ruangan dan pengaruh perubahan temperatur yang terjadi selama kontak diabaikan.
7. Hasil-hasil yang dianalisa adalah keausan yang terjadi pada *roller*.
8. Gesekan dianggap *continue* pada satu permukaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui lebih mendalam tentang sistem CVT pada motor matik.
2. Dapat mengetahui penyebab-penyebab terjadinya keausan *roller* CVT .
3. Dapat digunakan sebagai acuan pada penelitian selanjutnya tentang *roller* CVT.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan proposal tugas akhir ini, sistematika dalam penulisan adalah sebagai berikut :

| | |
|---------|--|
| Bab I | Pendahuluan Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah serta sistematika penulisan. |
| Bab II | Tinjauan Pustaka Berisikan teori-teori pendukung yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini. |
| Bab III | Metodologi Penelitian Berisikan prosedur pelaksanaan dan pengambilan data serta prosedur dalam analisa. |

- Bab IV Analisa dan Pembahasan
Berisikan tentang pengolahan data-data yang telah didapat kemudian dilakukan analisa lebih lanjut.
- Bab V Kesimpulan dan Saran
Bab penutup ini berisikan kesimpulan dari hasil pengolahan data-data pengujian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian kedepannya.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

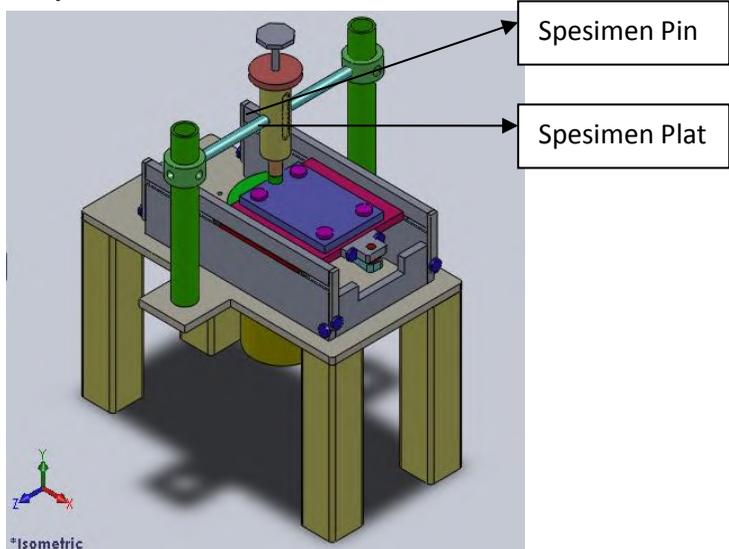
2.1.1. Analisa pengaruh perubahan massa roller penggerak variator pada *Continuously Variable Transmission* (CVT) terhadap kinerja traksi pada sepeda motor yamaha mio.

Wijanarko, (2007), dalam penelitiannya menganalisa pengaruh perubahan massa roller penggerak variator pada *Continuously Variable Transmission* (CVT) terhadap Kinerja traksi pada sepeda motor yamaha mio. Mekanisme sistem CVT yang digunakan adalah menggunakan gaya sentrifugal dari roller sebagai penggerak pada variator driver pulley. Hasil analisa yang dilakukan secara kinematika pada sistem transmisi CVT, yaitu dengan memvariasikan massa roller pada driver pulley dan juga menganalisa perubahan massa roller terhadap performa dari sepeda motor (pengaruh terhadap gaya traksi sepeda motor). Sehingga penelitian ini dapat menunjukkan sistem kerja dari CVT, serta dapat menunjukkan grafik pengaruh perubahan massa roller terhadap gaya traksi yang dihasilkan pada tiap putaran.

2.1.2. Rancang Bangun Mekanisme *Actuator Tribometer Pin-On-Plate* Gerakan *Reciprocating* dengan Penggerak *Electropneumatic*.

Mansyur Ibrahim, 2008, dalam penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Mekanisme *Actuator Tribometer Pin-On-Plate* Gerakan *Reciprocating* dengan Penggerak *Electropneumatic*” melakukan sketsa perancangan alat *Tribometer Pin-On-Plate* dan menentukan parameter. Setelah itu

rancangan dianggap paling baik dikomunikasikan kepada *manufacturer* untuk pembuatannya. Terdapat 2 variabel yang ada pada Tribometer *Pin-On-Plate* yaitu variabel beban dan variabel kecepatan. Pengkalibrasian beban dan kecepatan dilakukan setelah alat sudah jadi. Untuk pengaturan 3 variasi *Speed Control* diberikan tombol dengan warna yang berbeda. Dilakukan Uji Performa kecepatan Actuator Tribometer yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari mekanisme actuator tribometer.



Gambar 2.1 Model rancang bangun alat yang Dilakukan Ghofar

Pada Gambar 2.1. dapat dilihat model 3 dimensi rancang bangun dari alat tribometer *Pin-On-Plate* yang dilakukan Ghofar dan dijadikan literatur untuk pembuatan alat Tribometer *Pin-On-Plate* dengan penggerak Electropneumatic, dimana dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Model rancang bangun alat yang dilakukan Ibrahim

2.2 Sistem Transmisi

Transmisi yaitu salah satu bagian dari sistem pemindah tenaga yang berfungsi untuk mendapatkan variasi momen dan kecepatan sesuai dengan kondisi jalan dan kondisi pembebanan. Prinsip dasar transmisi adalah bagaimana bisa digunakan untuk merubah kecepatan putaran suatu poros menjadi kecepatan yang diinginkan untuk tujuan tertentu. Gigi transmisi berfungsi untuk mengatur tingkat kecepatan dan momen (tenaga putaran) mesin sesuai dengan kondisi yang dialami sepeda motor.

Sistem pemindah tenaga secara garis besar terdiri dari unit kopling, transmisi, penggerak akhir (*final drive*). Fungsi transmisi adalah untuk mengatur perbedaan putaran mesin dengan putaran poros yang keluar dari transmisi. Pengaturan putaran ini dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak sesuai beban dan kecepatan kendaraan.

Rangkaian pemindah pada transmisi manual tenaga berawal dari sumber tenaga (*engine*) ke sistem pemindah tenaga yaitu masuk ke unit kopling (*clutch*), diteruskan ke transmisi (*gear box*), kemudian menuju *final drive*. *Final drive* adalah bagian akhir dari sistem pemindah tenaga yang memindahkan tenaga mesin ke roda belakang.

2.2.1. Transmisi Manual

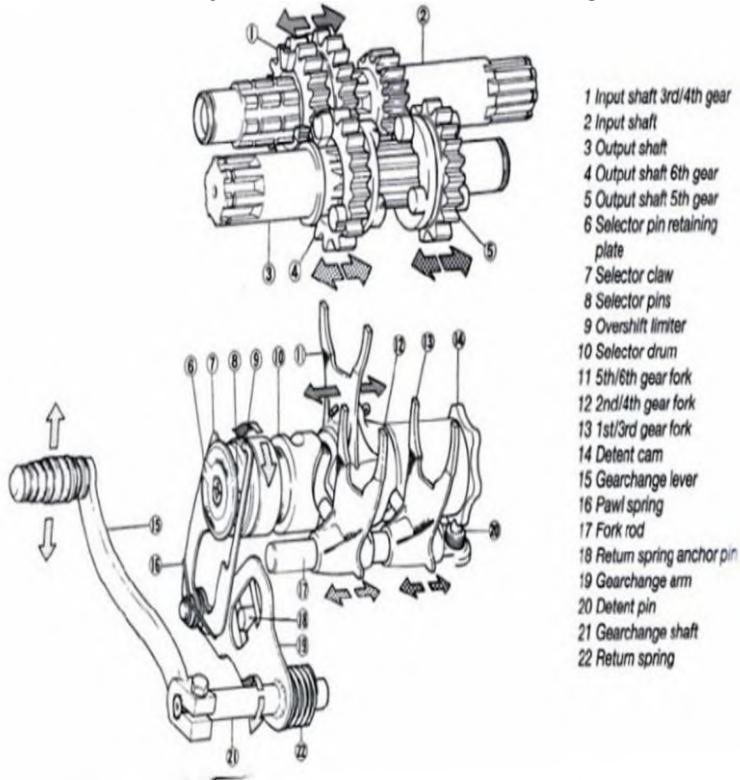
Transmisi manual adalah transmisi kendaraan yang pengoperasiannya dilakukan secara langsung oleh pengemudi. Transmisi manual dan komponennya merupakan bagian dari sistem pemindah tenaga dari sebuah kendaraan, yaitu sistem yang berfungsi mengatur tingkat kecepatan dalam proses pemindahan tenaga dari sumber tenaga (*engine*) ke roda kendaraan.

Komponen utama dari gigi transmisi pada sepeda motor terdiri dari susunan gigi-gigi yang berpasangan yang terbentuk dan menghasilkan perbandingan gigi-gigi tersebut terpasang. Salah satu pasangan gigi tersebut berada pada poros utama (*main shaft/input shaft*) dan pasangan gigi lainnya berada pada poros luar (*output shaft/ counter shaft*). Jumlah gigi kecepatan yang terpasang pada transmisi tergantung kepada model dan kegunaan sepeda motor yang bersangkutan. Kalau kita memasukkan gigi atau mengunci gigi, kita harus menginjak pedal pemindahannya.

Tipe transmisi yang umum digunakan pada sepeda motor adalah tipe *constant mesh*, yaitu untuk dapat bekerjanya sistem transmisi ini harus menghubungkan gigi-giginya yang berpasangan. Untuk menghubungkan gigi-gigi tersebut digunakan garu pemilih gigi/garpu persnelling (*gearchange lever*). Untuk transmisi jenis *constant mesh* antara roda gigi input dan outputnya selalu berkaitan, tetapi

roda gigi output tidak satu poros dengan poros output dalam sistem transmisinya. Transmisi jenis ini memungkinkan untuk menggunakan roda gigi lebih dari satu.

Cara kerja transmisi manual adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 Contoh Konstruksi kopling manual

Pada saat pedal/ tuas pemindah gigi ditekan, poros pemindah gigi berputar. Bersamaan dengan itu lengan pemutar *shift drum* akan mengait dan

mendorong *shift drum* hingga dapat berputar. Pada *shift drum* dipasang garpu pemilih gigi yang diberi pin (pasak). Pasak ini akan mengunci garpu pemilih pada bagian ulir cacing. Agar *shift drum* dapat berhenti berputar pada titik yang dikehendaki, maka pada bagian lainnya (dekat dengan pemutar *shift drum*), dipasang sebuah roda yang dilengkapi dengan pegas dan bintang penghenti putaran *shift drum*. Penghentian putaran *shift drum* ini berbeda untuk setiap jenis sepeda motor, tetapi prinsipnya sama.

Garpu pemilih gigi dihubungkan dengan gigi geser (*sliding gear*). Gigi geser ini akan bergerak ke kanan atau ke kiri mengikuti gerak garpu pemilih gigi. Setiap pergerakannya berarti mengunci gigi kecepatan yang dikehendaki dengan bagian poros tempat gigi itu berada.

Gigi geser, baik yang berada pada poros utama (*main shaft*) maupun yang berada pada poros pembalik (*counter shaft/output shaft*), tidak dapat berputar bebas pada porosnya. Lain halnya dengan gigi kecepatan (1, 2, 3, 4, dan seterusnya), gigi-gigi ini dapat bebas berputar pada masing-masing porosnya. Jadi yang dimaksud gigi masuk adalah mengunci gigi kecepatan dengan poros tempat gigi itu berada, dan sebagai alat penguncinya adalah gigi geser.

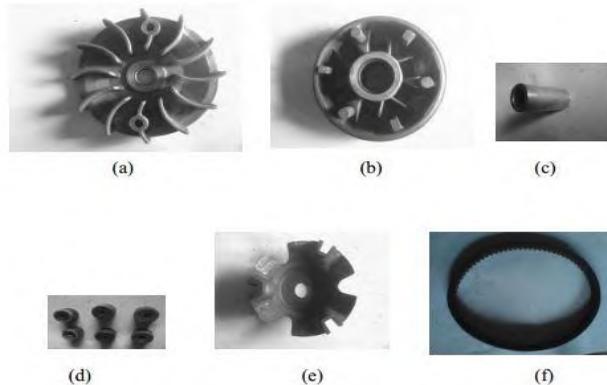
2.2.2. Transmisi Otomatis

Transmisi otomatis adalah transmisi kendaraan yang pengoperasiannya dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Transmisi yang digunakan yaitu transmisi otomatis “V” belt atau yang dikenal dengan CVT (*Constantly Variable Transmission*). CVT merupakan sistem transmisi daya dari mesin menuju ban belakang menggunakan sabuk yang menghubungkan *drive pulley* dengan *driven pulley* menggunakan prinsip gaya gesek.

Nama-nama dan fungsi komponen dari transmisi otomatis adalah :

1. Puli Penggerak / Puli primer (*Drive Pulley / Primary Pulley*)

Puli primer adalah komponen yang berfungsi mengatur kecepatan sepeda motor berdasarkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh roller akibat adanya putaran *engine*, yang terdiri dari beberapa komponen berikut:



Keterangan :

- a) Dinding luar puli penggerak dan kipas pendingin
- b) Dinding dalam puli penggerak (*movable drive face*)
- c) *Bushing / Bos puli*
- d) 6 buah peluru sentrifugal (*roller*)
- e) Plat Penahan
- f) Sabuk V-*belt*

Gambar 2.4 Komponen Puli Primer

a) Dinding luar puli penggerak dan kipas pendingin

Dinding luar puli penggerak merupakan komponen puli penggerak tetap. Selain berfungsi untuk memperbesar perbandingan rasio di bagian tepi, komponen

ini terdapat kipas pendingin yang berfungsi sebagai pendingin ruang CVT agar *belt* tidak cepat panas dan aus.

b) Dinding dalam puli penggerak (*movable drive face*)

Dinding dalam merupakan komponen puli yang bergerak menekan CVT agar diperoleh kecepatan yang diinginkan.

c) *Bushing* / Bos puli

Komponen ini berfungsi sebagai poros dinding dalam puli agar dinding dalam dapat bergerak mulus sewaktu bergeser.

d) 6 buah peluru sentrifugal (*roller*)

Roller merupakan salah satu komponen yang terdapat pada transmisi otomatis atau CVT. *Roller* dapat dikatakan sebagai bantalan keseimbangan gaya berat yang berguna untuk menekan dinding dalam puli primer sewaktu terjadi putaran tinggi. *Roller* adalah suatu material yang tersusun dengan Teflon sebagai permukaan luarnya dan tembaga atau aluminium sebagai lapisan dalamnya. Prinsip kerja *roller*, semakin berat *rollernya* maka dia akan semakin cepat bergerak mendorong *movable drive face* pada *drive pulley* sehingga bisa menekan *belt* ke posisi terkecil. Namun supaya *belt* dapat tertekan hingga maksimal butuh *roller* yang beratnya sesuai. Artinya jika *roller* terlalu ringan maka tidak dapat menekan *belt* hingga maksimal, efeknya tenaga tengah dan atas akan berkurang. Harus diperhatikan juga jika akan mengganti *roller*

yang lebih berat harus memperhatikan torsi mesin. Sebab jika mengganti *roller* yang lebih berat bukan berarti lebih responsif karena *roller* akan terlempar terlalu cepat sehingga pada saat akselerasi perbandingan rasio antara puli primer dan puli sekunder terlalu besar yang kemudian akan membebani mesin.

Jika *roller* rusak atau aus harus diganti, karena kalau tidak segera diganti penekanan pada dinding dalam puli primer kurang maksimal. Kerusakan atau keausan *roller* disebabkan karena pada saat penekanan dinding puli terjadi gesekan antara *roller* dengan dinding dalam puli primer yang tidak seimbang, sehingga lama-kelamaan terjadi keausan pada *roller*.

e) Plat Penahan

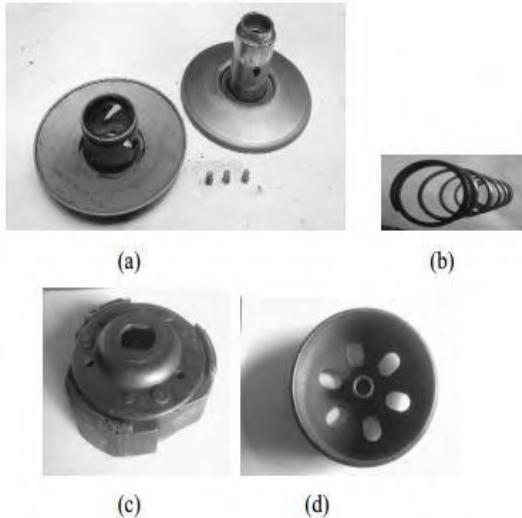
Komponen ini berfungsi untuk menahan gerakan dinding dalam agar dapat bergeser ke arah luar sewaktu terdorong oleh *roller*.

f) Sabuk V-belt

Komponen ini berfungsi sebagai penghubung putaran dari puli primer ke puli sekunder. Besarnya diameter *V-belt* bervariasi tergantung pabrikan motornya. Besarnya diameter *V-belt* biasanya diukur dari dua poros, yaitu poros *crankshaft* dan poros *primary drive gear shift*. *V-belt* terbuat dari karet dengan kualitas tinggi, sehingga tahan terhadap gesekan dan panas. Belt memiliki keunggulan dibandingkan dengan roda gigi, yaitu :

1. Gaya yang dibutuhkan untuk memutar poros input lebih kecil.
 2. Factor getaran yang ditimbulkan lebih kecil.
 3. Gesekan yang terjadi tidak terlalu besar.
 4. Proses dan biaya produksi yang dibutuhkan lebih ringan.
2. **Puli yang digerakkan / Puli Sekunder (*Driven Pulley / Secondary Pulley*)**

Puli sekunder adalah komponen yang berkesinambungan dengan puli primer yang berfungsi untuk mengatur kecepatan berdasarkan besar gaya tarik sabuk yang diperoleh dari puli primer. Gambar 2.5. merupakan terdapat bagian – bagian dari komponen puli sekunder.



Gambar 2.5 Komponen puli sekunder

a) Dinding luar puli sekunder

Dalam gambar 2.5.(a) sebelah kiri adalah dinding luar puli sekunder. Bagian ini berfungsi untuk menahan sabuk / sebagai lintasan agar sabuk dapat bergerak ke bagian luar. Bagian ini terbuat dari bahan yang ringan dengan bagian permukaan yang halus agar memudahkan *belt* untuk bergerak.

b) Pegas pengembali

Pegas pengembali berfungsi untuk mengembalikan posisi puli ke posisi awal yaitu posisi *belt* terluar. Prinsip kerjanya adalah semakin keras per maka *belt* dapat terjaga lebih lama di kondisi paling luar dari *driven pulley*. Namun kesalahan kombinasi antara roller dan per CVT dapat menyebabkan keausan bahkan kerusakan pada sistem CVT. Berikut ini beberapa kasus yang sering terjadi yaitu :

1. Per CVT yang terlalu keras dapat membuat *drive belt* jauh lebih cepat aus karena *belt* tidak mampu menekan dan membuka *driven pulley*. Belt semakin lama akan terkikis karena panas dan gerakan berputar pada *driven pulley*.
2. Per CVT yang terlalu keras jika dipaksakan dapat merusak *clutch* / kopling. Panas yang terjadi di bagian CVT akibat perputaran bagian-bagiannya dapat membuat tingkat kekerasan materi partsnya memuai. Pada tingkat panas tertentu, materi partsnya tidak akan sanggup menahan tekanan pada tingkat tertentu pula.

Akhirnya per CVT bukannya melentur dan menyempit ke dalam tapi justru malah bertahan pada kondisi yang masih lebar. Kopling yang sudah panas pun bisa rusak karenanya.

c) Kampas kopling dan Rumah kopling

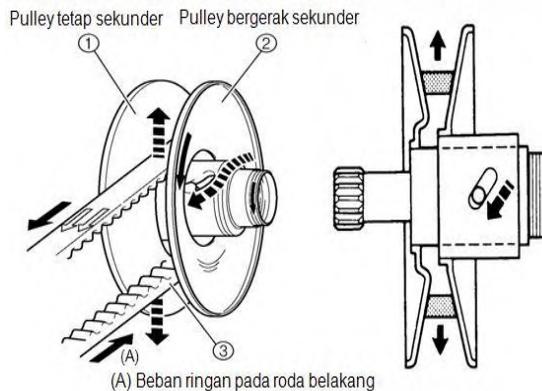
Seperti pada umumnya fungsi dari kopling adalah untuk menyalurkan putaran dari putaran puli sekunder menuju gigi reduksi. Cara kerja kopling sentrifugal adalah pada saat putaran stasioner / lambat (putaran rendah), putaran poros puli sekunder tidak diteruskan ke penggerak roda. Ini terjadi karena rumah kopling bebas (tidak berputar) terhadap kampas, dan pegas pengembali yang terpasang pada poros puli sekunder. Pada saat putaran rendah (stasioner), gaya sentrifugal dari kampas kopling menjadi kecil sehingga sepatu kopling terlepas dari rumah kopling dan tertarik ke arah poros puli sekunder akibatnya rumah kopling menjadi bebas. Saat putaran mesin bertambah, gaya sentrifugal semakin besar sehingga mendorong kampas kopling mencapai rumah kopling dimana gayanya lebih besar dari gaya pegas pengembali.

d) Dinding dalam puli sekunder

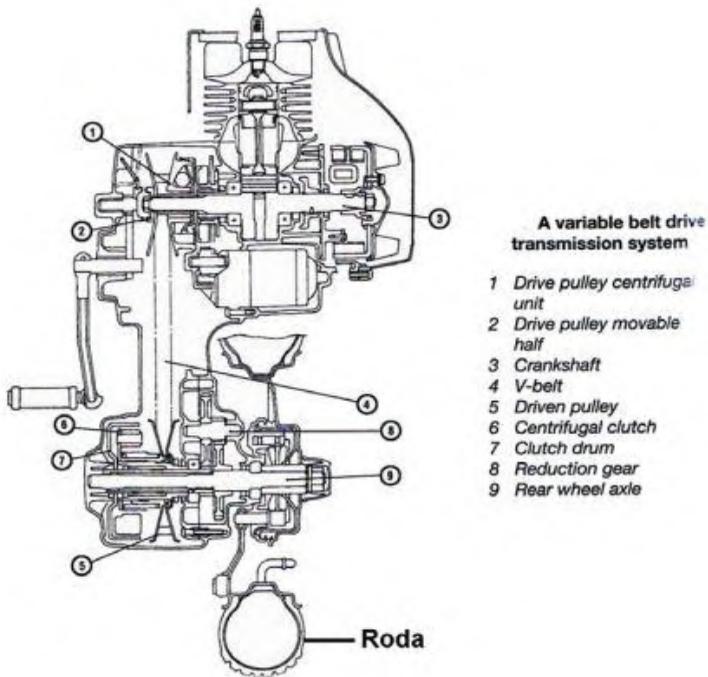
Bagian ini memiliki fungsi yang kebalikan dengan dinding luar puli primer yaitu sebagai rel agar sabuk dapat bergerak ke posisi paling dalam puli sekunder. Bagian ini ditunjukkan pada gambar 2.5.(a) sebelah kanan.

a) Torsi cam

Apabila mesin membutuhkan torsi yang lebih atau bertemu jalan yang menanjak maka beban di roda belakang meningkat dan kecepatannya menurun. Dalam kondisi seperti ini posisi *belt* akan kembali seperti semula, seperti keadaan diam. *Drive Pulley* akan membuka sehingga dudukan *belt* membesar, sehingga kecepatan turun dan saat inilah torsi cam bekerja. Torsi cam ini akan menahan pergerakan *driven pulley* agar tidak langsung menutup. Jadi kecepatan tidak langsung jatuh. Fungsi dari komponen ini adalah dapat membuat *sliding sheave* / piringan dapat bergeser secara otomatis bekerja jika torsi gaya putar yang besar diperlukan. Bagian ini ditunjukkan dengan gambar 2.6.(a) yang merupakan komponen kecil dan alur pada poros dan pada Gambar 2.6 merupakan gambar dari Torsi cam.



Gambar 2.6 Torsi Cam



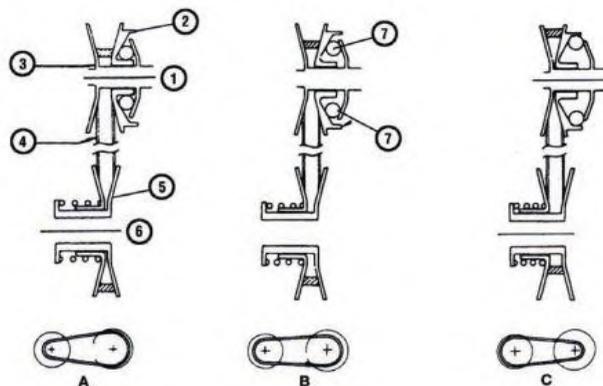
Gambar 2.7 Konstruksi Transmisi Otomatis

Seperti terlihat pada gambar (2.7) transmisi otomatis terdiri dari; dua buah puli yang dihubungkan oleh sabuk (*belt*), sebuah kopling sentrifugal untuk menghubungkan ke penggerak roda belakang ketika *throttle* gas di buka (diputar), dan gigi transmisi satu kecepatan untuk mereduksi (mengurangi) putaran. Puli penggerak/ puli primer (*drive pulley centrifugal unit*) diikatkan ke ujung poros engkol (*crankshaft*); bertindak sebagai pengatur kecepatan berdasarkan gaya sentrifugal. Puli yang digerakkan/ *driven pulley* berputar pada bantalan

poros utama (*input shaft*) transmisi. Bagian tengah kopling sentrifugal / *Centrifugal clutch* diikatkan/dipasangkan ke puli penggerak dan ikut berputar bersama puli tersebut. Drum kopling / *clutch drum* berada pada alur poros utama (*input shaft*) dan akan memutar poros tersebut jika mendapat gaya dari kopling.

Kedua puli masing-masing terpisah menjadi dua bagian, dengan setengah bagiannya dibuat tetap dan setengah bagian lainnya bisa bergeser mendekat atau menjauhi sesuai arah poros. Pada saat mesin tidak berputar, celah puli penggerak berada pada posisi maksimum dan celah puli yang digerakkan berada pada posisi minimum.

Pada gambar 2.8 di bawah ini dapat dilihat bahwa pergerakan puli penggerak dikontrol oleh pergerakan *roller*. Fungsi *roller* hampir sama dengan plat penekan pada kopling sentrifugal. Ketika putaran mesin naik, *roller* akan terlempar ke arah luar dan mendorong bagian puli yang bisa bergeser mendekati puli yang diam, sehingga celah pulinya akan menyempit.



Gambar 2.8 Posisi dan Cara Kerja Puli

Keterangan :

A : Rpm rendah

B : Rpm sedang

C : Rpm tinggi

1. Ujung poros engkol
2. Bagian puli penggerak yang bisa bergeser
3. Puli penggerak
4. Sabuk (*belt*)
5. Puli yang digerakkan
6. Poros roda belakang
7. *Roller*

Ketika celah puli mendekat maka akan mendorong sabuk ke arah luar. Hal ini membuat puli tersebut berputar dengan diameter yang lebih besar. Setelah sabuk tidak dapat diregangkan kembali, maka sabuk akan meneruskan putaran dari puli penggerak ke puli yang digerakkan.

Jika gaya dari puli penggerak mendorong sabuk ke arah luar lebih besar dibandingkan dengan tekanan pegas yang menahan puli yang digerakkan, maka puli yang digerakkan akan tertekan melawan pegas, sehingga sabuk akan berputar dengan diameter yang lebih kecil. Kecepatan sepeda motor saat ini sama seperti pada gigi tinggi untuk transmisi manual (lihat ilustrasi bagian C gambar 2.7). Jika kecepatan mesin menurun, *roller* puli penggerak akan bergeser ke bawah lagi dan menyebabkan bagian puli penggerak yang bisa bergeser merenggang. Secara bersamaan tekanan pegas pada puli yang digerakkan akan mendorong bagian puli yang bisa digeser dari puli tersebut, sehingga sabuk berputar dengan diameter yang lebih besar pada bagian belakang dan diameter yang lebih kecil pada bagian depan. Kecepatan sepeda motor saat ini sama seperti pada gigi rendah untuk transmisi manual (lihat ilustrasi bagian A gambar 2.8).

Adapun keuntungan dan kerugian dari Transmisi Otomatis. Beberapa keuntungan dari

transmisi otomatis dibandingkan dengan transmisi manual diantaranya adalah :

1. Pengoperasiannya mudah.
2. Lebih nyaman dalam pemakaiannya.
3. Perawatan yang lebih mudah.
4. Memiliki percepatan yang halus.

Selain memiliki keuntungan, sistem transmisi otomatis juga memiliki kekurangan yaitu konsumsi bahan bakar yang lebih boros dibandingkan dengan transmisi manual.

2.3. *Roller CVT*

Roller merupakan salah satu komponen yang terdapat pada transmisi otomatis atau CVT. *Roller* adalah suatu material yang tersusun dengan Teflon sebagai permukaan luarnya dan tembaga atau aluminium sebagai lapisan dalamnya. *Roller* berbentuk seperti bangun ruang yaitu silinder yang mempunyai diameter dan berat tertentu. *Roller* dapat dikatakan sebagai bantalan keseimbangan gaya berat yang berguna untuk menekan dinding dalam puli primer sewaktu terjadi putaran tinggi. Prinsip kerja *roller*, hampir sama dengan plat penekan pada kopling sentrifugal. Ketika putaran mesin naik, *roller* akan terlempar ke arah luar dan mendorong bagian puli yang bisa bergeser mendekati puli yang diam, sehingga celah pulinya akan menyempit. *Roller* bekerja akibat adanya putaran yang tinggi dan adanya gaya sentrifugal.

Semakin berat *rollernya* maka dia akan semakin cepat bergerak mendorong *movable drive face* pada *drive pulley* sehingga bisa menekan *belt* ke posisi terkecil. Namun supaya *belt* dapat tertekan hingga maksimal butuh *roller* yang beratnya sesuai. Artinya jika *roller* terlalu ringan maka tidak dapat menekan *belt* hingga maksimal, efeknya tenaga tengah dan atas akan berkurang. Harus diperhatikan juga jika akan mengganti *roller* yang lebih berat harus memperhatikan torsi mesin. Sebab jika mengganti *roller* yang lebih berat bukan

berarti lebih responsif karena *roller* akan terlempar terlalu cepat sehingga pada saat akselerasi perbandingan rasio antara puli primer dan puli sekunder terlalu besar yang kemudian akan membebani mesin.

Besar kecilnya gaya tekan *roller* sentrifugal terhadap *sliding sheave/ movable drive face* ini berbanding lurus dengan berat *roller* sentrifugal dan putaran mesin. Semakin berat *roller* semakin besar gaya dorong *roller* sentrifugal terhadap *movable drive face*, sehingga semakin besar diameter dari puli primer tersebut. Sedangkan pada puli sekunder pergerakan puli diakibatkan oleh tekanan pegas, puli sekunder ini hanya mengikuti gerakan sebaliknya dari puli primer, jika puli primer membesar maka puli sekunder akan mengecil, begitu juga sebaliknya. Jadi berat *roller* sentrifugal sangat berpengaruh terhadap perubahan ratio diameter dari puli primer dengan sekunder.

Jika *roller* rusak atau aus harus diganti, karena kalau tidak segera diganti penekanan pada dinding dalam puli primer kurang maksimal. Kerusakan atau keausan *roller* disebabkan karena pada saat penekanan dinding puli terjadi gesekan antara *roller* dengan dinding dalam puli primer yang tidak seimbang, sehingga lama-kelamaan terjadi keausan pada *roller*. Gambar 2.9 merupakan gambar *roller* CVT yang terpasang pada *pulley*.



Gambar 2.9 *Roller* CVT

2.3.1. Round Roller CVT

Dalam penelitian tugas akhir ini ada beberapa macam roller yang akan dibahas dalam penulisan, yaitu *round roller* dan *sliding roller*.



Gambar 2.10 Round Roller CVT

Semakin berat *rollernya* maka dia akan semakin cepat bergerak mendorong *movable drive face* pada *drive pulley* sehingga bisa menekan *belt* ke posisi terkecil. Namun supaya *belt* dapat tertekan hingga maksimal butuh *roller* yang beratnya sesuai. Artinya jika *roller* terlalu ringan maka tidak dapat menekan *belt* hingga maksimal, efeknya tenaga tengah dan atas akan berkurang. Harus diperhatikan juga jika akan mengganti *roller* yang lebih berat harus memperhatikan torsi mesin. Sebab jika mengganti *roller* yang lebih berat bukan berarti lebih responsif, karena *roller* akan terlempar terlalu cepat sehingga pada saat akselerasi perbandingan rasio antara puli primer dan puli sekunder terlalu besar yang kemudian akan membebani mesin.

Besar kecilnya gaya tekan *roller* sentrifugal terhadap *sliding sheave / movable drive face* ini berbanding lurus dengan berat *roller* sentrifugal dan putaran mesin. Semakin berat *roller* sentrifugal semakin besar gaya dorong *roller* sentrifugal terhadap *movable drive face* sehingga semakin besar diameter dari puli primer tersebut. Sedangkan pada puli

sekunder pergerakan puli diakibatkan oleh tekanan pegas, puli sekunder ini hanya mengikuti gerakan sebaliknya dari puli primer, jika puli primer membesar maka puli sekunder akan mengecil, begitu juga sebaliknya. Jadi berat *roller* sentrifugal sangat berpengaruh terhadap perubahan rasio diameter dari puli primer dengan puli sekunder.

Diameter *roller* juga sangat berpengaruh terhadap kinerja dari *roller* itu sendiri. Artinya semakin kecil diameter *roller* maka berat *roller* juga akan berkurang. Sehingga gaya sentrifugal yang dihasilkan *roller* akan berkurang karena gaya tekan terhadap puli primer / *sliding sheave* / *movable drive face* menurun. Selain itu dengan berkurangnya diameter *roller* maka juga mengakibatkan performa mesin semakin lambat untuk ketercapaiannya. Hal ini dikarenakan diameter *roller* yang semakin kecil akan memperlambat perubahan ratio diameter dari puli primer dan puli sekunder.

Berkurangnya diameter *roller* ini dikarenakan bahan penyusun *roller* bagian luar adalah Teflon yang selalu bergesekan dengan rumah *roller* sehingga ketebalan diameternya akan semakin berkurang dan menyebabkan keausan. Maka dari itu setiap pabrikan sepeda motor *matic* memberikan batas pemakaian *roller* berdasarkan diameter dari *roller* itu sendiri. Artinya, apabila *roller* sudah mencapai batas minimum pemakaian maka harus dilakukan pengantian *roller*.

2.3.2. *Sliding Roller* CVT

Seperti namanya *Sliding Roller* adalah *roller weight* yang biasa terpasang pada *variator* / rumah *roller* atau biasa juga dipanggil *pulley roller* yang umumnya di motor matik. *Roller* biasanya berbentuk

bulat silinder dan ada berbagai macam ukuran dan berat untuk berbagai macam motor *matic* dan untuk mengantur seberapa enteng tarikan motor dan seberapa cepat untuk mendapatkan *top speed* pada kendaraan matik.

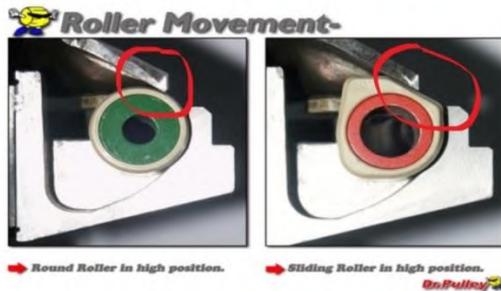
Sliding Roller sedikit berbeda dengan *roller* pabrikan pada umumnya karena bentuknya tidak silinder bulat dan bahan dari *sliding roller* adalah teflon *self lubricant* dengan kode SL9 yang mengandung pelumasan ketika terkena gesekan, *Sliding Roller* di produksi Oleh UNIONMATERIAN dan telah di patenkan dengan paten US worlwide dengan register US 7.276.006 dan *original* di produksi oleh UNIONMATERIAL di taiwan, *sliding roller genuine original* hanya dari dr pulley.



Gambar 2.11 *Sliding Roller CVT*

Dilihat bentuknya yang unik dan berbeda dari *roller* pabrikan, maka banyak orang akan berfikir mustahil apakah mungkin bisa berkerja roller dengan bentuk seperti ini, hal ini wajar bila mengingat *roller* pabrikan yang berbentuk bulat silinder. Secara logika sebenarnya kinerja roller hanya naik turun bukan berputar, namun kebanyakan orang-orang akan berfikir kalau pun berputar tidak akan 360 derajat, karena itu banyak kejadian roller peang atau

aus hanya pada satu sisinya karena memang kinerjanya hanya naik dan turun, dan *sliding roller* pun bekerja pada variator dengan *Roller* hanya bergerak naik turun dan bentuk silindrisnya dimaksudkan untuk mengoptimalkan pergerakan itu.



Gambar 2.12 Perbandingan *Round Roller* dan *Sliding Roller*

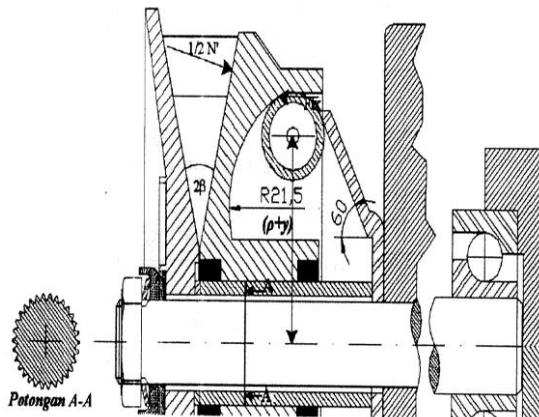
Pada area yang ditandai dengan lingkaran merah, kita bisa melihat bahwa *Sliding Roller* menahan pergerakan *roller* supaya tidak bergerak melebihi variator. Hal ini dapat meminimalisir, bahkan menghilangkan, adanya pergerakan abnormal dari *roller*, efeknya *Sliding Roller* akan bertambah ringan tarikannya dan kecepatan tinggi dapat bertahan selama mungkin. Pengaruhnya terhadap pengendara adalah tidak perlu memainkan gas terlalu sering sehingga pastinya lebih dapat menghemat konsumsi bahan bakar. Bayangkan apabila kecepatan oke tapi lebih irit untuk durability atau ketahanan dari bahan *sliding roller* dari dr pulley mempunyai ketahanan dan kekuatan yang bisa bertahan lama dengan bahan yang mengandung pelumasan pada bahan nya,

Selain itu, Pengaplikasian *Sliding Roller* dapat membantu proses menekan movable drive face lebih cepat daripada roller konvensional. Hal ini karena *Sliding Roller* memiliki bidang tekan yang lebih luas untuk menekan face comp sampai movable drive face ikut bergerak. Sedangkan roller konvensional memiliki bidang yang lebih kecil untuk menekan face comp dalam proses pergerakannya. Ibaratnya, akan lebih mudah untuk mendorong pintu *rolling door* dengan menggunakan telapak tangan daripada dengan menggunakan jari telunjuk saja. Oleh karena itu, secara hukum fisika, *Sliding Roller* membutuhkan tenaga yang lebih sedikit untuk mencapai daya dorong yang sama dengan *roller* konvensional.

2.3.3. Analisa kinematika dari pergerakan roller

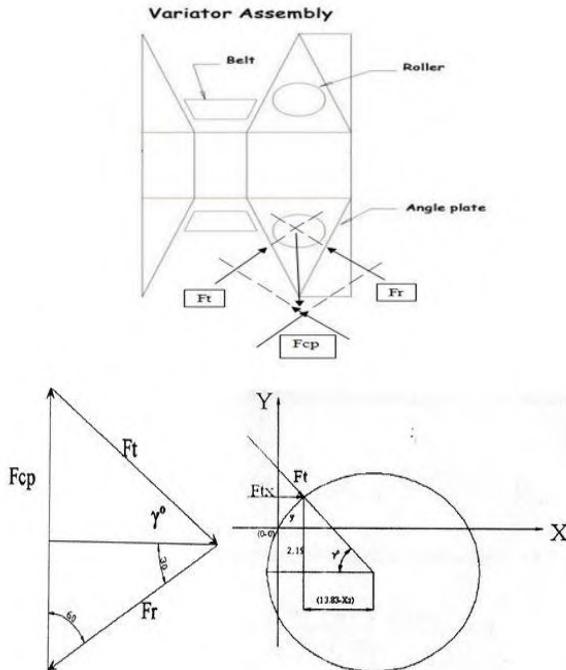
1. Gaya-gaya pada pulley penggerak (Driver Pulley)

a. Gaya pada *roller* penggerak



Gambar 2.13 Diagram benda bebas dari *roller* penggerak

Untuk menghitung besarnya harga F_t pada tiap titik garis singgung kurva lingkaran, maka diperlukan sebuah proyeksi gambar sebagai berikut :



Gambar 2.14 Poligon Segitiga Gaya dan Kurva Lingkaran

Berdasarkan gambar 2.14 dapat dilihat proyeksi gambar dari variator yang menjelaskan tentang vektor dalam bentuk poligon segitiga gaya dan kurva lingkaran yang menunjukkan arah posisi, sehingga didapatkan persamaan:

$$\frac{F_t}{\sin 60^\circ} = \frac{F_{cp}}{\sin(30^\circ + \gamma^\circ)}$$

$$F_t = \frac{F_{cp} \times \sin 60^\circ}{\sin(30^\circ + \gamma^\circ)} \quad (2.1)$$

Dimana F_{cp} adalah gaya sentrifugal

$$F_{cp} = m\omega^2(\rho + y)$$

Dimana :

M = Massa roller

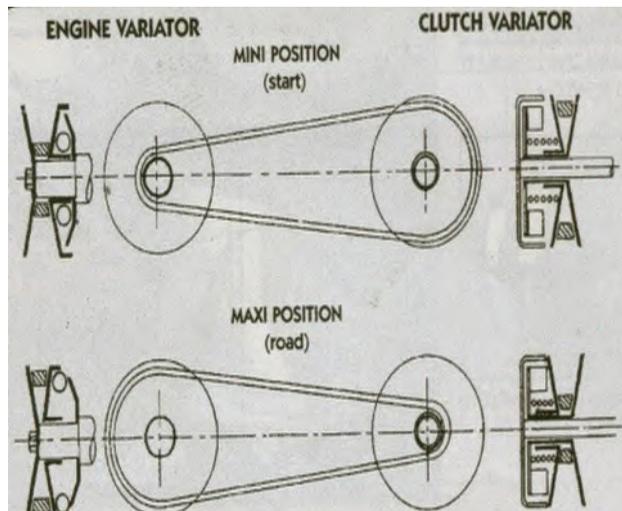
ω = Kecepatan sudut ($\frac{\text{rad}}{\text{detik}}$)

ρ = Radius putar awal = 27 mm

F_t = Gaya reaksi dari *variator drive pulley*

F_r = Gaya reaksi dari *ramp plate*

b. Sistem transmisi pada *variator driver pulley*



Gambar 2.15 Pergerakan Roller yang mendorong Pulley

Ketika transmisi beroperasi maka terjadi pergerakan Variator driver pulley ke arah sumbu x sehingga terjadi keseimbangan gaya dalam arah sumbu x, yaitu :

$$\sum F_x = m \cdot a$$

$$Ftx_{total} - Fbelt(R) = m \cdot a$$

$$Ftx_{total} - \frac{N_1 \cos \beta}{2} = m \cdot a \quad (2.2)$$

Terdapat gaya normal disetiap sisi pulley adalah

$$1/2 N' = \frac{F\theta - qv^2\theta}{2 \sin \beta}$$

Jadi mensubstitusikan persamaan (2.1) dan (2.2) :

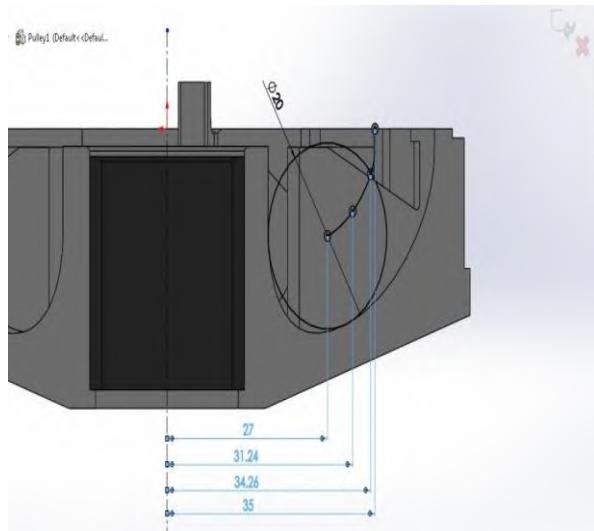
$$Ftx_{total} - \frac{(F\theta_1 - qv^2\theta_1) \cos \beta}{2 \sin \beta} = m \cdot a$$

$$Ftx_{total} - \frac{(F - q\omega^2 R_{12})(\pi - 2\alpha) \cos \beta}{2 \sin \beta} = m \cdot a \quad (2.3)$$

Untuk V (Kecepatan) dan a (Percepatan) roller dari variator dapat dilihat pada gambar 2.16, dimana :

$$\frac{dl}{dt} = V$$

$$\frac{d^2l}{dt} = a$$



Gambar 2.16 Titik lintasan kecepatan pada *Variator*

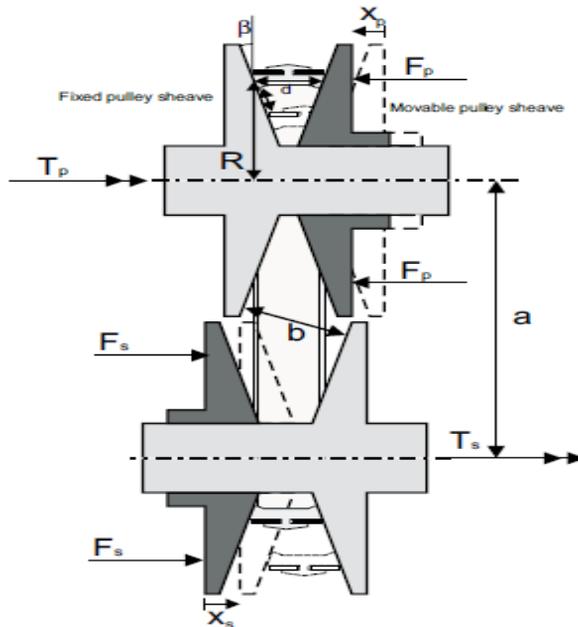
Gambar 2.16 merupakan gambar *roller* yang bergerak dengan kecepatan tertentu pada lintasan variator dan radius yang berbeda-beda dititik lintasan kecepatan. Kecepatan *roller* terbagi atas 3 macam pada lintasan *variator* yaitu Kecepatan rendah, menengah, dan tinggi. Dari ketiga kecepatan tersebut memiliki radius yang berbeda – beda dan gaya sentrifugal yang dihasilkan roller pun juga berbeda. Maka persamaan yang didapatkan adalah :

$$\begin{array}{lclcl}
 V \text{ Rendah} & \longrightarrow & R1 & \longrightarrow & F_{cp1} = m \cdot \omega^2 \cdot R1 \\
 V \text{ Menengah} & \longrightarrow & R2 & \longrightarrow & F_{cp2} = m \cdot \omega^2 \cdot R2 \\
 V \text{ Tinggi} & \longrightarrow & R3 & \longrightarrow & F_{cp3} = m \cdot \omega^2 \cdot R3
 \end{array}$$

(2.4)

2.3.4. Free body diagram pada pulley

Gaya – gaya pada sistem kerja cvt keseluruhan dapat dilihat pada gambar (2.17), sebagai berikut :



Gambar 2.17 Free body diagram pada pulley

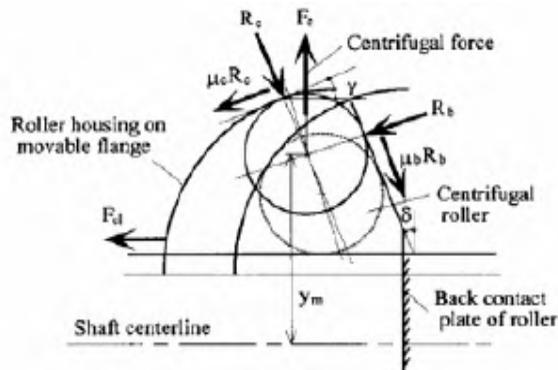
Dimana :

- T_p = Torsi input pada driven pulley
- T_s = Torsi output dari driver pulley
- F_p = Gaya tekan oleh roller pada driven pulley
- F_s = Gaya tekan oleh pegas pada driver pulley
- x_p = Perpindahan driven pulley
- x_s = Perpindahan driver pulley
- D = Lebar belt
- β = Sudut groove pulley
- a = Jarak antar pusat pulley
- b = Jarak antar pulley statis

2.3.5 Free body diagram pada roller

Gaya – gaya roller pada driver pulley dapat dilihat pada gambar (2.18), sebagai berikut:

Gambar 2.18 Gaya – gaya yang bekerja pada roller



Dimana :

F_d = gaya axial pada *sliding sheave* driver pulley yang disebabkan oleh roller sentrifugal (N)

μ_b = koefisien gesek antara *roller* dan plat penahan belakang *roller*

μ_c = koefisien gesek antara *roller* dengan rumah *roller* sentrifugal

m = total massa dari roller sentrifugal (kg)

δ = sudut yang terbentuk antara plat penahan belakang roller sentrifugal dengan garis sumbu poros ($^\circ$)

γ = sudut yang terbentuk antara garis axial dan titik singgung antara *roller* sentrifugal dan rumahnya ($^\circ$)

ω = kecepatan sudut masukan (rad / s)

R_c = gaya normal oleh rumah roller sentrifugal (N)

R_b = gaya normal oleh plat penahan roller sentrifugal (N)

2.4. Keausan (*Wear*)

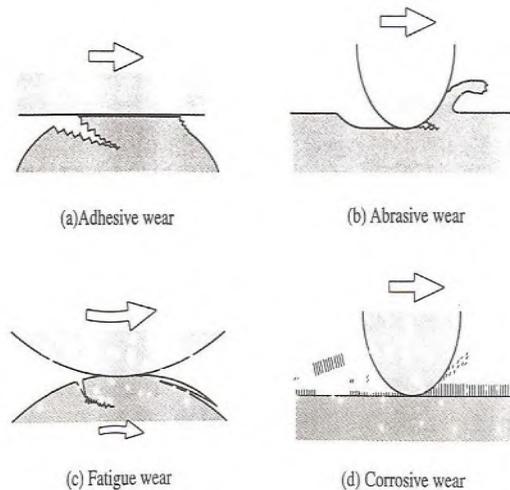
Keausan (*Wear*) adalah kerusakan pada permukaan atau hilangnya material dari satu atau kedua permukaan benda padat pada saat terjadi gesekan, perputaran atau efek dari gerakan relatif antara satu sama lain. Pada umumnya, keausan terjadi antara permukaan yang berinteraksi pada *asperities*. *Asperities* merupakan istilah yang dikenalkan oleh Coulomb yang mempunyai makna berupa ketidakteraturan mikroskopis pada permukaan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap aksi mekanis (gesekan). Akibat negatif yang ditimbulkan adalah ketahanan (*durability*) dan kehandalan (*reliability*) dari benda yang aus akan berkurang karena perubahan dimensi dari benda tersebut.

2.4.1. Mekanisme Keausan (*Wear Mechanism*)

Terdapat 4 mekanisme terjadinya keausan yang secara umum dianggap sebagai dasar dan utama, yaitu:

1. Keausan adhesif (*Adhesive wear mechanism*)
2. Keausan abrasif (*Abrasive wear mechanism*)
3. Keausan lelah (*Fatigue wear mechanism*)
4. Keausan korosif (*Corrosive wear mechanism*)

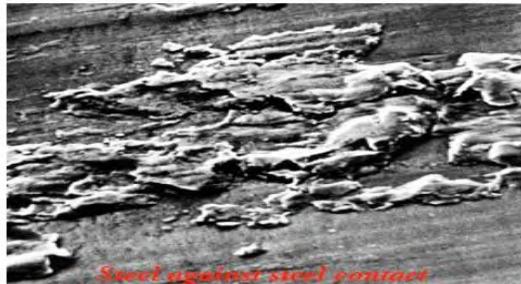
Skema gambar dari keempat mekanisme keausan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.19 berikut.



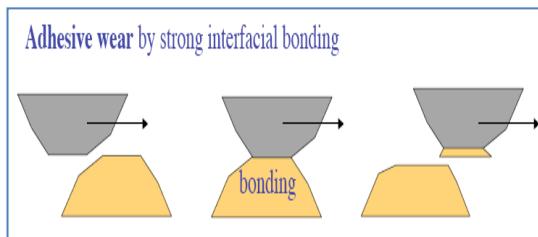
Gambar 2.19 Skema Gambar dari 4 Mekanisme Keausan

1. Keausan Adhesif (*Adhesive Wear Mechanism*)

Keausan adhesif terjadi bila kontak permukaan dari material mengakibatkan adanya perekatan (*adhesive*) antara satu sama lain. Bila tekanan normal sedang diterapkan, tekanan lokal di *asperities* akan menjadi sangat tinggi. Seringkali tekanan lokal tersebut melampaui tegangan luluh material sehingga menyebabkan terjadinya deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pengikatan (*bonding*) permukaan material yang satu oleh yang lain. Jika sifat adhesi dari material lebih tinggi dari sifat kohesinya, akan terjadi pengurangan materi pada permukaan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.20 dan mekanismenya pada Gambar 2.21.



Gambar 2.20 Pengamatan *Micrographs* Keausan Adhesif



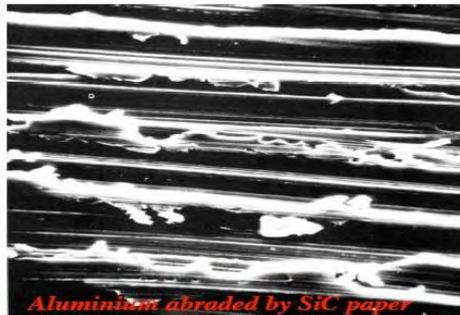
Gambar 2.21 Mekanisme Keausan Adhesif

Faktor yang menyebabkan terjadinya keausan adhesif antara lain kontaminasi permukaan dan terjadinya ikatan (*bonding*) antar molekul pada material, yaitu ikatan ion, kovalen, ikatan logam, atau ikatan *van der walls* dari material yg bergesekan.

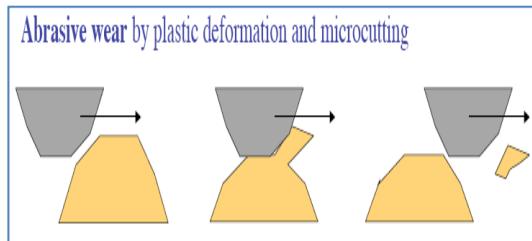
2. Keausan Abrasif (*Abrasive Wear Mechanism*)

Keausan abrasif terjadi bila suatu partikel keras dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan oleh *asperities* dari material yang lebih keras terhadap material yang lebih lunak. Keausan abrasif juga dapat terjadi

karena adanya partikel kecil yang terperangkap pada permukaan material, sementara kekerasan partikel tersebut lebih tinggi dari kekerasan permukaan material. Salah satu bentuk keausan abrasif seperti diperlihatkan pada Gambar 2.22, sedangkan mekanisme keausannya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.23.



Gambar 2.22 Pengamatan *Micrographs* Keausan Abrasif

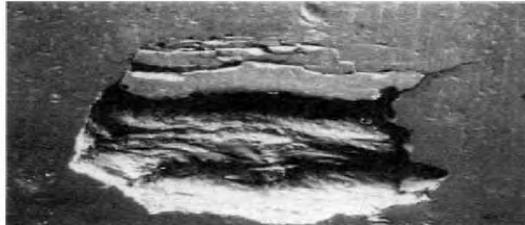


Gambar 2.23 Mekanisme Keausan Abrasif

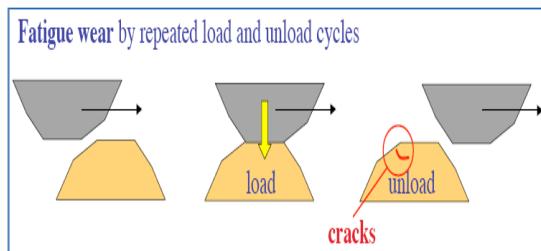
Faktor yang mempengaruhi keausan abrasif antara lain kekasaran permukaan dan perbedaan kekerasan material yang bergesekan

3. Keausan Lelah (*Fatigue Wear Mechanism*)

Keausan lelah pada material disebabkan pemberian beban secara berulang selama terjadinya gesekan antar permukaan material. *Fatigue* hanya akan terjadi jika beban yang diterima material lebih besar dari *fatigue strength* dari material itu sendiri. Keausan lelah diawali dengan pembentukan retak-retak mikro pada permukaan (*surface*) material dan kemudian menyebar ke bawah permukaan (*subsurface*). Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya akan menyatu dan menyebabkan terjadinya pengelupasan material. Gambar 2.24 menunjukkan kegagalan lelah yang terjadi pada *ball bearing* dan Gambar 2.25 menunjukkan mekanisme dari keausan lelah.



Gambar 2.24 Keausan Lelah pada *Ball Bearing*

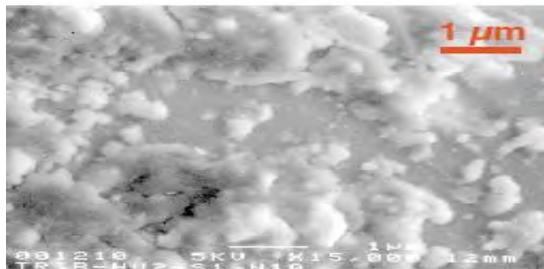


Gambar 2.25 Mekanisme Keausan Lelah

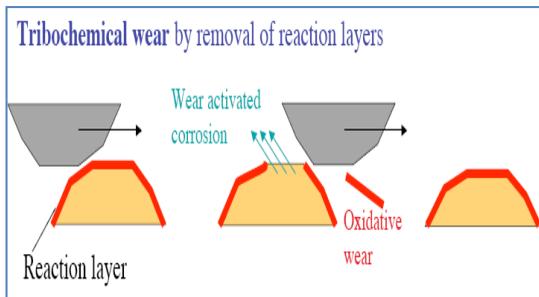
Faktor yang mempengaruhi keausan leleh antara lain besar tegangan, jumlah pengulangan pembebanan dan sifat ketahanan leleh dari material itu sendiri.

4. Keausan Korosif (*Corrosive Wear Mechanism*)

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan yang terbentuk dan material induk saat terjadi gesekan antar permukaan benda padat. Pada akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut. Pada Gambar 2.26 dapat dilihat permukaan baja yang mengalami keausan korosif sedangkan Gambar 2.27 menunjukkan mekanisme keausan korosif.



Gambar 2.26 Keausan Korosif pada Baja



Gambar 2.27 Mekanisme Keausan Korosif

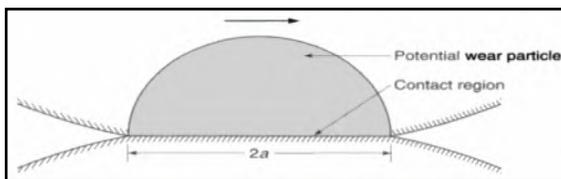
2.4.2. Metode Menghitung Volume yang Tergerus

Terdapat 2 metode yang dapat digunakan dalam menghitung volume yang tergerus, yakni metode keausan adhesif dan metode keausan abrasif.

1. Metode Keausan Adhesif

Gambar 2.27 adalah gambar hipotesis model permukaan partikel dua material yang sedang mengalami gesekan pada saat *sliding*. Jika diasumsikan titik kontak n dan total jumlah titik kontak konstan selama *sliding*, dengan asumsi radius partikel a seperti pada Gambar 2.28, maka volume keausan dari partikel yang berbentuk setengah bola adalah:

$$\frac{1}{2} \cdot \text{volume bola} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a^3 = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot a^3 \quad (2.6)$$



Gambar 2.28 Hipotesis Model Partikel Setengah Bola yang Bergesekan pada Saat *Sliding*

Berdasarkan asumsi diatas, volume keausan V untuk n titik kontak setelah menempuh *sliding distance* L , maka dapat dirumuskan:

$$V = n \cdot \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot a^3 \cdot \frac{L}{2a} \quad (2.7)$$

Karena tekanan kontak dalam kondisi deformasi plastis sama dengan nilai kekerasan (*hardness*) H dari material yang aus dan beban normal F diberikan pada material, maka luasan total kontak dapat dinyatakan :

$$n \cdot \pi \cdot a^2 = \frac{F}{H} \quad (2.8)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (2.7) pada persamaan (2.8) akan diperoleh:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{F \cdot L}{H} \quad (2.9)$$

Persamaan (2.9) menunjukkan bahwa volume keausan adhesif proporsional dengan beban normal dan *sliding distance*, tetapi tidak proporsional dengan kekerasan dari material.

Untuk mengakomodasi semua variabel, parameter K_{ad} diperkenalkan sebagai pengubah, sehingga volume keausan menjadi :

$$V = k_{ad} \cdot \frac{F \cdot L}{H} \quad (2.10)$$

Persamaan (2.10) biasa disebut sebagai persamaan archard, dimana K_{ad} disebut koefisien keausan untuk keausan adesif, secara fisik K_{ad} adalah fraksi volume keausan pada daerah kontak plastis. Untuk material logam, koefisien gesekan K_{ad} bervariasi diantara 10^{-7} hingga 10^{-2} tergantung kondisi operasional dan *properties* material (Archard, 1953; Hirst, 1957).

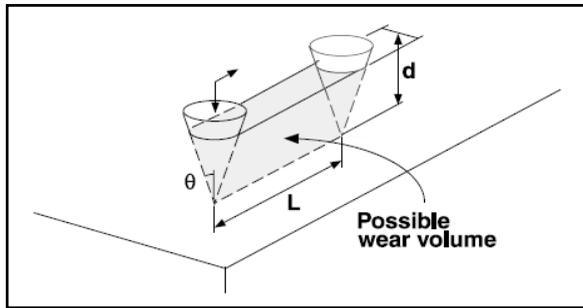
Dalam *text book "Friction, wear, Lubrication"* oleh Kenneth C Ludema persamaan Archard dapat juga dituliskan sebagai berikut:

$$\Psi = k \cdot \frac{W \cdot v}{H} \quad (2.11)$$

Ψ adalah *time rate of wear* atau *wear rate* dengan satuan m^3/s , W adalah beban dengan satuan N, v adalah *sliding speed* dengan satuan m/s , H adalah *hardness* material dengan satuan Pa, sedangkan k adalah *wear coefficient* tanpa satuan.

2. Metode Keausan Abrasif

Untuk mengetahui volume keausan material yang ditimbulkan oleh keausan abrasif, diasumsikan sebuah model kontak berbentuk kerucut bersudut θ dan kedalaman indentasi abrasif d seperti ditunjukkan pada gambar 2.29 berikut.



Gambar 2.29 Model Keausan Abrasif oleh Indentor Berbentuk Kerucut

Berdasarkan model, volume keausan V yang disebabkan indentor setelah menempuh *sliding distance* sejauh L adalah :

$$V = d^2 \cdot \tan \theta \cdot L \quad (2.12)$$

Karena tekanan normal kontak pada kondisi plastis diasumsikan nilai *hardness* H dari material yang aus dan luasan kontak $\pi \cdot (d \cdot \tan \theta)^2 / 2$ dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot (d \cdot \tan \theta)^2 = \frac{W}{H} \quad (2.13)$$

Substitusi persamaan (2.12) kedalam persamaan (2.13) diperoleh volume keausan V sebagai berikut :

$$V = \frac{2}{\pi \cdot \tan \theta} \cdot \frac{W \cdot L}{H} \quad (2.14)$$

Untuk mengakomodasi semua variabel, parameter K_{ab} diperkenalkan sebagai pengubah, sehingga volume keausan menjadi :

$$V = k_{ab} \cdot \frac{W \cdot L}{H} \quad (2.15)$$

Keausan abrasif untuk logam bervariasi antara 10^{-4} dan 10^{-1} (Rabinowicz, 1980) tergantung kondisi kontak dan *properties* material.

2.4.3. Metode Menghitung Laju Keausan

Dalam mendeterminasikan keausan, teknik pengukuran yang berbeda dapat digunakan. Hal tersebut disebabkan oleh volume keausan, V , yang dapat diasumsikan merupakan fungsi dari *sliding distance*, L , kekerasan dari material yang lebih lunak, H , pembebanan yang diberikan, W , dan *sliding velocity*, \tilde{V} (persamaan 2.6).

$$V = f(L, W, H, \tilde{V}) \quad (2.16)$$

Berdasarkan standar German DIN 50321, “*Wear-quantities*”, keausan dapat dideteksi dengan mengukur secara langsung kuantitas keausan, yaitu dengan mengukur:

- a. Perubahan geometri pada spesimen:
 - 1) Perubahan pada dimensi secara linier
 - 2) Perubahan pada *cross-sections*
 - 3) Perubahan pada volume

b. Perubahan massa pada spesimen

c. Jumlah dari *worn material-loss*

Atau dengan mengukur kuantitas keusan secara relatif, yaitu *wear rates* sebagai berikut:

d. *The wear-time-ratio (wear velocity)*

e. *The wear-distance-ratio*

Atau dengan mengukur *wear coefficient* yang didefinisikan sebagai berikut:

$$f. K' = \frac{\text{wear volume}}{\text{load} \cdot \text{distance}} \left(\frac{\text{mm}^3}{\text{Nm}} \right) \quad (2.17)$$

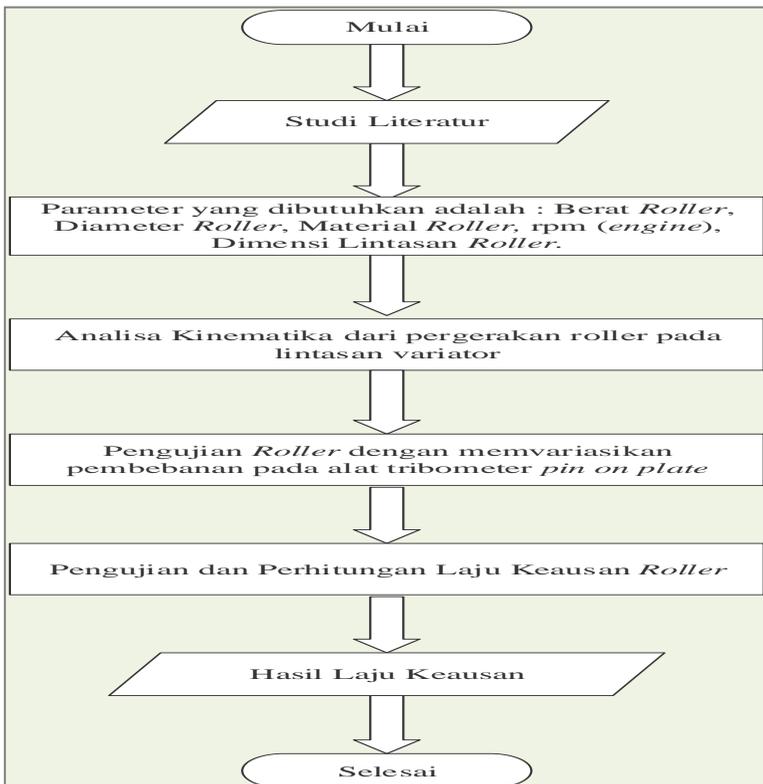
Atau dengan mengukur *dimensionless Archard's wear coefficient* yang didefinisikan sebagai berikut:

$$g. K = \frac{\text{wear volume} \cdot \text{hardness}}{\text{load} \cdot \text{distance}} \quad (2.18)$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Didalam penyelesaian tugas akhir ini, Adapun langkah – langkah yang perlu diperhatikan untuk melakukan analisa guna mencapai tujuan penelitian yang diharapkan. Langkah-langkah tersebut telah disusun kedalam diagram alir pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir tugas akhir

Metodologi penyusunan tugas akhir ini diawali dengan studi literatur mengenai sistem CVT (*Continuously Variable Transmission*) pada sepeda motor matic khususnya pada bagian roller, mencari parameter operasional yang berkaitan dengan roller CVT, menganalisa kinematika pada roller, mengumpulkan data-data standar pengujian pada roller, melakukan pengujian dan perhitungan laju keausan pada roller, Menganalisa hasil laju keausan pada roller, Kemudian dibuat kesimpulan dari penyusunan tugas akhir ini.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan Langkah awal dalam penyusunan tugas akhir ini. Tujuan dilakukannya studi literatur adalah untuk membantu penulis dalam merumuskan masalah, dan juga menambah wawasan atau landasan dari penyusun tentang topik yang akan diangkat sebagai tugas akhir. Data yang dicari adalah parameter – parameter yang beroperasi pada sistem kerja *roller CVT*, seperti putaran pada mesin (RPM), Material *roller*, Berat *roller*.

Topik yang dicari adalah seputar sistem *Continuously Variable Transmission (CVT)*, Parameter – parameter yang beroperasional pada sistem kerja roller CVT, Analisa kinematika pada roller CVT, Laju keausan yang terjadi akibat gesekan antara roller dan pulley. Demi mendukung tugas akhir ini maka data – data yang valid dibutuhkan sebagai landasan perancangan dan penyusunan tugas akhir ini. Sumber tentang data yang dibutuhkan tidak sepenuhnya terdapat dalam buku – buku ilmiah, namun diperlukan referensi lain yang berupa jurnal-jurnal penelitian yang terkait dalam tugas akhir yang akan diangkat.

3.3. Identifikasi Masalah

Berdasarkan perkembangan teknologi saat ini khususnya pada dunia otomotif, banyak orang yang belum mengetahui tentang sistem transmisi pada sepeda motor. Namun sudah banyak orang yang memiliki sepeda motor terutama sepeda motor

matic. Sepeda motor matic ini digemari oleh banyak orang karena penggunaan sepeda motor matic yang dianggap mudah pemakaiannya. Mudahnya pemakaian sepeda motor matic karena sistem yang digunakan merupakan sistem transmisi otomatis atau sering disebut sistem CVT (*Continuously Variable Transmission*). Mengetahui bahwa sistem transmisi otomatis ini prinsip kerjanya menggunakan roller untuk mendapatkan gaya sentrifugal yang terpasang pada pulley. Maka kasus yang sering terjadi pada sepeda motor matic adalah seringnya pergantian roller yang diakibatkan aus. Maka dari itu diperlukan penelitian terkait seringnya pergantian roller motor matic.

3.4. Data Pengujian

3.4.1. Data Spesifikasi Motor Honda Vario 125 PGM-FI

| SPESIFIKASI HONDA VARIO | | | | |
|-------------------------|---|-------------|---------|--------|
| MESIN | KAPASITAS | KELISTRIKAN | DIMENSI | RANGKA |
| | | TECHNO | CBS | |
| Tipe mesin : | 4 langkah, SOHC pendinginan dengan cairan | | | |
| Diameter x langkah : | 52,4 x 57,9 mm | | | |
| Volume langkah : | 124,8 cc | | | |
| Perbandingan kompresi : | 11,0 : 1 | | | |
| Daya maksimum : | 11,3 PS / 8500 rpm | | | |
| Torsi maksimum : | 1,1 kgf.m / 5000 rpm | | | |
| Kopling : | Otomatis, sentrifugal, tipe kering | | | |
| Starter : | Pedal dan elektrik | | | |
| Busi : | ND U22EPR-9, CPR7EA-9 | | | |
| Sistem Bahan Bakar : | Injeksi (PGM-FI) | | | |

Gambar 3.2 Spesifikasi Honda Vario 125 PGM-FI

3.4.2. Data Spesifikasi *Roller* Standard

Data dari roller akan dijadikan sebagai objek penelitian ini yang bersumber dari Buku Servis manual Honda Vario 125 PGM-FI. Roller tersusun 2 material yang berbeda yaitu Teflon sebagai permukaan luarnya dan tembaga atau aluminium sebagai lapisan dalamnya.



Gambar 3.3 Roller standard vario 125 PGM-FI

Tabel 3.1. Spesifikasi *Roller* standar vario 125 PGM-Fi
SPESIFIKASI

Satuan: mm

| BAGIAN | | STANDARD | BATAS SERVIS |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|
| Lebar drive belt | | 22,0 | 21,0 |
| Movable drive face | D.D. bushing | 23,989 – 24,052 | 24,08 |
| | D.L. boss | 23,960 – 23,974 | 23,93 |
| | D.L. weight roller | 19,92 – 20,08 | 19,5 |
| Kopling | Ketebalan lapisan kanvas | – | 2,0 |
| | D.D. clutch outer | 125,0 – 125,2 | 125,5 |
| Driven pulley | Panjang bebas pegas driven face | 103,1 | @@ |
| | D.L. boss driven face | 33,965 – 33,985 | 33,94 |
| | D.D. movable driven face | 34,000 – 34,025 | 34,06 |

Tabel 3.2. Spesifikasi Material *Roller* (Teflon / PTFE) standar Vario 125 PGM-Fi

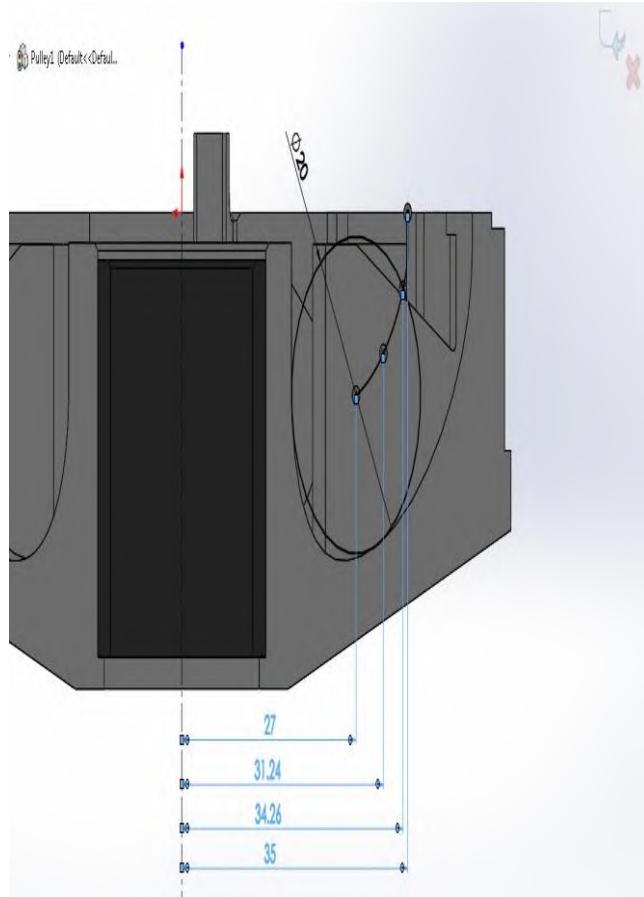
| Property | Value |
|-----------------------------|---|
| Density | 2200 kg/m ³ |
| <u>Melting point</u> | 600 K |
| Thermal expansion | 112–125 · 10 ⁻⁶ K ⁻¹ [22] |
| Thermal diffusivity | 0.124 mm ² /s [23] |
| Young's modulus | 0.5 GPa |
| Yield strength | 23 MPa |
| Bulk resistivity | 10 ¹⁶ Ω·m [24] |
| Coefficient of friction | 0.05–0.10 |
| Dielectric constant | $\epsilon = 2.1, \tan(\delta) < 5(-4)$ |
| Dielectric constant (60 Hz) | $\epsilon = 2.1, \tan(\delta) < 2(-4)$ |
| Dielectric strength (1 MHz) | 60 MV/m |

Tabel 3.2. (Lanjutan)

| Physical properties | |
|------------------------|------------------------------------|
| Phase | solid |
| Melting point | 1357.77 K (1084.62 °C, 1984.32 °F) |
| Boiling point | 2835 K (2562 °C, 4643 °F) |
| Density near r.t. | 8.96 g/cm ³ |
| when liquid, at m.p. | 8.02 g/cm ³ |
| Heat of fusion | 13.26 kJ/mol |
| Heat of vaporization | 300.4 kJ/mol |
| Molar heat capacity | 24.440 J/(mol·K) |
| Thermal expansion | 16.5 μm/(m·K) (at 25 °C) |
| Thermal conductivity | 401 W/(m·K) |
| Electrical resistivity | 16.78 nΩ·m (at 20 °C) |
| Magnetic ordering | diamagnetic ^[2] |
| Young's modulus | 110–128 GPa |
| Shear modulus | 48 GPa |
| Bulk modulus | 140 GPa |
| Poisson ratio | 0.34 |
| Mohs hardness | 3.0 |
| Vickers hardness | 343–369 MPa |
| Brinell hardness | 235–878 MPa |
| CAS Number | 7440-50-8 |

3.4.3. Lintasan *Roller* pada Variator

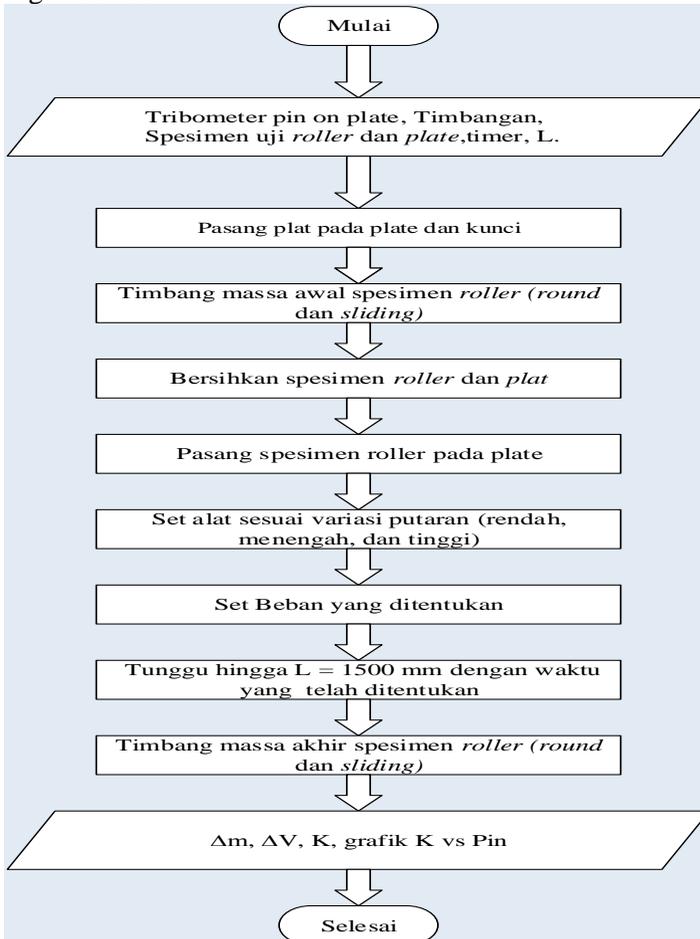
Pada gambar 3.4. dapat dilihat bahwa gerakan roller yang naik turun pada variator. Lintasan roller pada variator ini dibuat untuk mengetahui jarak, kecepatan roller pada rpm tertentu dan selang waktu yang dibutuhkan.



Gambar 3.4 Lintasan *Roller* pada Variator

3.5. Flowchart Perhitungan

Berikut ini langkah – langkah yang perlu dilakukan untuk melakukan analisa perhitungan tugas akhir ini. Tahapan tersebut telah disusun kedalam diagram alir pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram alir Perhitungan

3.6 Langkah-langkah pada diagram alir perhitungan

Adapun langkah – langkah yang akan dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini, antara lain :

1. Menyiapkan material yang akan diuji yaitu *roller*.

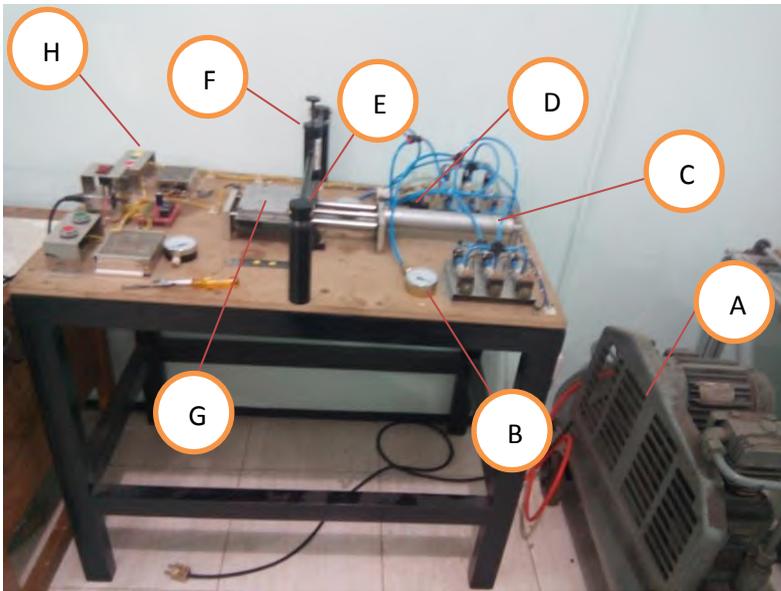
Terdapat 2 bentuk *roller* yang akan diuji yaitu *round roller* dan *sliding roller*. 2 jenis *roller* tersebut akan digunakan sebagai spesimen uji.



Gambar 3.6 *Round roller* dan *sliding roller*

2. Menyiapkan alat uji spesimen serta mengkalibrasi alat tersebut.

Alat uji yang digunakan untuk pengambilan data pada penelitian ini adalah tribometer tipe *pin on plate*. Gambar 3.7 adalah nama-nama bagian Tribometer Pin On Plate, yaitu:



Gambar 3.7 Tribometer Tipe *Pin-On-Plate*

- Nama-nama bagian Utama
 - A. Kompresor
 - B. *Pressure Gauge*
 - C. Sistem Pneumatik
 - D. *Solenoid Valve*
 - E. Spesimen Uji Roller
 - F. Tiang Pembebanan
 - G. *Plate*
 - H. Tombol Penghidup dan Tombol Pengatur Kecepatan alat

Untuk pemakaian spesimen uji terhadap alat tribometer *pin on plate* dibutuhkan alat pencekam pada spesimen tersebut agar spesimen uji tidak bergerak kemana-mana. Alat pencekam tersebut dapat dilihat pada gambar gambar 3.8.



Gambar 3.9 Kalibrasi Loadcell



Gambar 3.10 Tiang Pembebanan

Untuk Kalibrasi Kecepatan dengan menggunakan tachometer tipe 461895. Dari kalibrasi tersebut akan didapatkan meter per menit. Hasil dari kalibrasi *speed control* dapat digunakan dalam pengujian keausan. Terdapat 3 tombol kecepatan yaitu kuning, hijau dan biru. Warna kuning merupakan kecepatan rendah, warna hijau merupakan kecepatan menengah dan warna merah merupakan kecepatan tinggi. Hasil dari kalibrasi *speed control* dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.11 Kalibrasi Kecepatan

Tabel 3.3 Kalibrasi *Speed Control*

| Tombol | V (mm/s) |
|--------|----------|
| Kuning | 70 |
| Hijau | 130 |
| Merah | 230 |

3. Menentukan Perencanaan dari *eksperimen*

Sebelum melakukan eksperimen perlu mengetahui Parameter operasional dan variabel uji terlebih dahulu. Untuk parameter operasional dapat dilihat dari spesifikasi roller standard dari motor matik Honda Vario PGM-FI, sedangkan untuk variabel uji dapat diketahui dari variasi yang dilakukan sebagai bekal persiapan spesimen untuk pengambilan data. Penelitian ini dilakukan pada *round roller* dan *sliding roller* dengan gerakan *reciprocating* (bolak-balik) pada alat uji

tribometer, metode yang digunakan pada penelitian ini tanpa menggunakan pelumasan (*dry sliding*), kemudian dianalisis dengan memvariasikan besar pembebanan dan rasio kecepatan yang berdasarkan spesifikasi roller standard pada Vario 125 PGM-FI. Untuk besarnya rasio kecepatan antara pin dan *plate* ditentukan berdasarkan analisa kinematika gerakan spesimen. Setelah hal tersebut dilakukan maka didapatkan hasil analisa keausan yang terjadi *round roller* dan *sliding roller*, sehingga dapat memprediksi umur pakai dari *round roller* dan *sliding roller*. Pada gambar 3.12 dapat dilihat model dari perencanaan eksperimen yang akan dilakukan. Dalam kondisi aktual *round roller* dan *sliding roller* bergerak naik – turun, sedangkan pada perencanaan eksperimen roller dicekam dan diberikan pembebanan kearah bawah dan plate yang digerakan oleh sistem pneumatik dengan arah gerakan *reciprocating* (bolak – balik). Perencanaan eksperimen menyesuaikan dengan aktual putaran yang dihasilkan oleh motor, sehingga kecepatan pada motor dengan alat uji dibuat sebuah perbandingan rasio kecepatan dengan selang waktu yang ditentukan pada gerakan *reciprocating* (bolak – balik).



Gambar 3.12. Perencanaan *ekperimen*

Dalam perencanaan eksperimen *pin on plate* ini perlu memperhitungkan terlebih dahulu lamanya selang waktu yang dibutuhkan dengan rasio kecepatan motor yang telah ditentukan. Lamanya waktu pengujian dihitung dengan menggunakan formula berikut :

$$t = \frac{L}{v} \quad (3.1)$$

Keterangan :

| | | |
|---|---------------------------|-------|
| t | = waktu pengujian | (s) |
| L | = <i>sliding distance</i> | (m) |
| v | = Kecepatan | (m/s) |

Sedangkan perencanaan eksperimen untuk pengujian keausan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Perencanaan eksperimen Pengujian Keausan

| Jenis Roller | Kecepatan Alat | Massa Awal (gr) | Massa Akhir (gr) | Δm (gr) | V (mm/s) | L (mm) | t (menit) | Beban (kg) |
|-----------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------|--------|-----------|------------|
| <i>Round roller</i> | Rendah | 13 | | | | 1500 | | 1,3 |
| | | | | | | | | 1,06 |
| <i>Sliding roller</i> | | 13 | | | | | | 1,3 |
| | | | | | | | | 1,06 |
| <i>Round roller</i> | Menengah | 13 | | | | 1500 | | 11,9 |
| | | | | | | | | 5,4 |
| <i>Sliding roller</i> | | 13 | | | | | | 11,9 |
| | | | | | | | | 5,4 |
| <i>Round roller</i> | Tinggi | 13 | | | | 1500 | | 35,1 |
| | | | | | | | | 2,7 |
| <i>Sliding roller</i> | | 13 | | | | | | 35,1 |
| | | | | | | | | 2,7 |

Keterangan :

- m_o = massa pin awal sebelum pengujian
- m_i = massa pin akhir setelah pengujian
- Δm = $m_o - m_i$ (perubahan massa pin atau volume aus)
- V = Kecepatan roller
- L = Sliding distance
- t = waktu

Perubahan massa pin Δm didapatkan dengan menimbang pin sebelum dilakukan pengujian dan kemudian ditimbang lagi menggunakan timbangan digital setelah dilakukan pengujian. Setelah Δm diketahui, berikutnya mulai menghitung perubahan volume ΔV pin yang terjadi dengan menggunakan rumus seperti persamaan 3.1. dibawah ini :

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} \quad (3.1)$$

Maka *wear coefficient* K' dapat dicari dengan rumus:

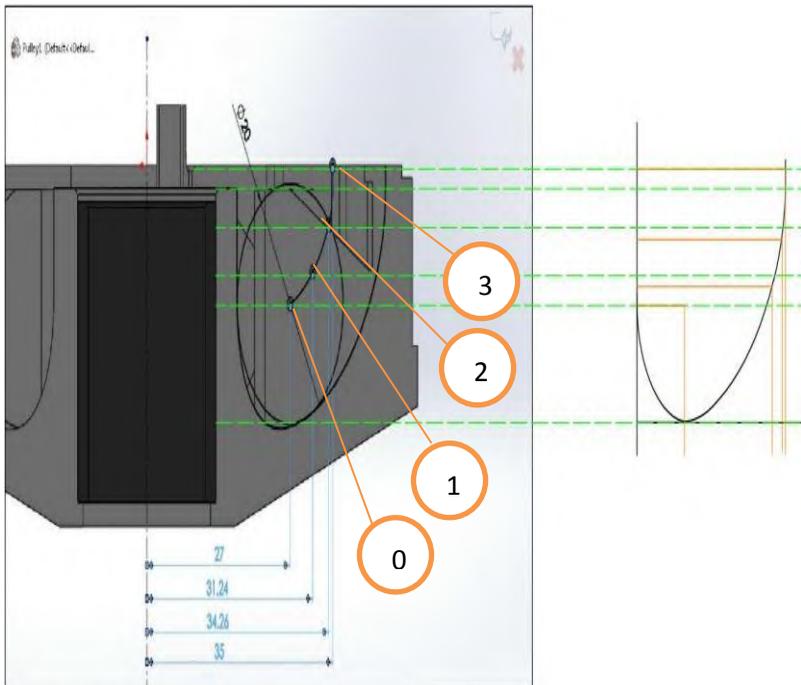
$$K' = \frac{\Delta V}{load \cdot distance} \left(\frac{mm^3}{Nm} \right) \quad (3.2)$$

Setelah didapatkan data percobaan pada *round roller* dan *sliding roller*, maka dilakukan perhitungan laju keausan dan umur pakai dari roller tersebut. Umur pakai dapat dihitung berdasarkan perubahan volume yang terjadi pada roller dengan pemakaian sepeda motor.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kinematika Kecepatan Roller Pada Lintasan

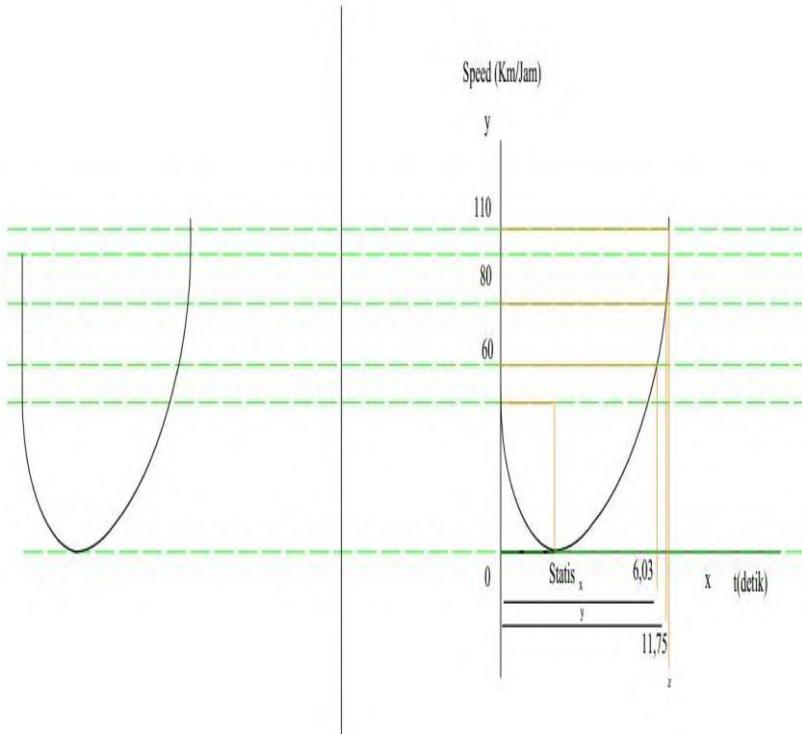
Analisa Kinematika kecepatan roller pada lintasan ini sangat dibutuhkan sebagai acuan dari pengujian laju keausan roller yang terjadi pada saat engine (rpm) berputar. Untuk menganalisa kinematika kecepatan roller pada lintasan variator perlu mengetahui jarak, kecepatan roller pada rpm tertentu dan selang waktu yang dibutuhkan. Untuk dapat mengetahui ketiga hal tersebut maka diperlukan proyeksi dari lintasan variator dan dapat dilihat pada gambar 4.1 lintasan variator tersebut berbentuk kurvatur.



Gambar 4.1 Lintasan Variator yang berbentuk Kurvatur

Tugas Akhir
Mekanika Benda Padat

Berdasarkan eksperimen mengendarai sepeda motor Honda Vario 125 PGM-FI dengan kecepatan 0-60 km/jam didapatkan waktu 6,03 detik, kecepatan 0-80 km/jam didapatkan waktu 11,75 detik. Angka 0, 1, 2, 3 pada gambar 4.1 merupakan posisi roller pada lintasan variator. Untuk mendapatkan nilai dari jarak, kecepatan, dan waktu menggunakan proyeksi gambar yang berbentuk kurvatur. Proyeksi pada gambar ditentukan sesuai hasil eksperimen dari mengendarai sepeda motor dan untuk menentukan nilai waktu dapat ditarik garis sumbu x dan y seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Proyeksi Gambar kurva

Dari Proyeksi gambar 4.2 dapat dibuat grafik perbandingan antara kecepatan dengan waktu melalui autocad, sehingga contoh perhitungan waktu dapat dituliskan sebagai berikut:

$$1. \frac{\text{Jarak } 0-11,75}{11,75} = \frac{\text{jarak } 0-x}{x}$$

$$\frac{10367,21}{11,75} = \frac{9928,737}{x}$$

$$x = \frac{9928,737}{882,315}$$

$$x = t_1 = 11,255 \text{ detik} \quad (4.1)$$

$$2. \frac{\text{Jarak } 0-11,75}{11,75} = \frac{\text{jarak } 0-y}{y}$$

$$\frac{10367,21}{11,75} = \frac{\text{jarak } 0-y}{y}$$

$$\frac{10367,21}{11,75} = \frac{10460,32}{y}$$

$$y = \frac{10460,32}{882,315}$$

$$y = t_2 = 11,86 \text{ detik} \quad (4.2)$$

$$3. \frac{\text{Jarak } 0-11,75}{11,75} = \frac{\text{jarak } 0-110}{z}$$

$$\frac{\text{Jarak } 0-11,75}{11,75} = \frac{\text{jarak } 0-110}{z}$$

$$z = \frac{10590,06}{882,315}$$

$$z = t_3 = 12,003 \text{ detik} \quad (4.3)$$

Sedangkan untuk kecepatan didapatkan berdasarkan posisi *roller* yang diukur dari panjang kurva pada posisi tersebut dengan autocad, sehingga perhitungan kecepatan dapat dituliskan sebagai berikut :

Sebelumnya Ukur *Arc length* sesuai pada posisi roller di lintasan terlebih dahulu pada autocad yang dibagi dengan skala gambar. Gunakan formula $t = \frac{L}{v}$ untuk mendapatkan nilai kecepatan dan waktu pengujian.

1. Posisi titik 0-1

$$\frac{\text{Arc Length pada gambar}}{\text{skala gambar}} = \frac{3814,11}{378,89} = 10,067 \text{ mm}$$

$$t = \frac{L}{v}$$

$$V_1 = \frac{\text{Panjang lengan kurva dari titik 0-1}}{t_1}$$

$$V_1 = \frac{10,067}{11,255}$$

$$V_1 = 0,8944 \text{ mm/s} \quad (4.4)$$

2. Posisi titik 0-2

$$\frac{\text{Arc Length pada gambar}}{\text{skala gambar}} = \frac{7701,31}{378,89} = 20,352 \text{ mm}$$

$$t = \frac{L}{v}$$

$$V_2 = \frac{\text{Panjang lengan kurva dari titik 0-2}}{t_2}$$

$$V_2 = \frac{20,352}{11,86}$$

$$V_2 = 1,7152 \text{ mm/s} \quad (4.5)$$

3. Posisi titik 0-3

$$\frac{\text{Arc Length pada gambar}}{\text{skala gambar}} = \frac{10640,35}{378,89} = 28,083 \text{ mm}$$

$$t = \frac{L}{v}$$

$$V_3 = \frac{\text{Panjang lengan kurva dari titik 0-3}}{t_3}$$

$$V_3 = \frac{28,083}{12,003}$$

$$V_3 = 2,34 \text{ mm/s} \quad (4.6)$$

4.2 Hasil Perhitungan Gaya Sentrifugal roller dan Pembebanan yang diterima

4.2.1 Data Perhitungan beban (R1 dan R2)

Tabel 4.1 Data Hasil perhitungan beban yang diterima

| Perhitungan Gaya Sentrifugal dan pembebanan yang diterima | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------------------|---------|------------------|--------|---------|------------------|------------------|--|
| Posisi | M (kg) | ρ (kg/m ³) | n (rpm) | ω (rad/s) | R (mm) | R (m) | $\theta 1$ (deg) | $\theta 2$ (deg) | |
| 1 | 0,013 | 2200 | 1700 | 177,933 | 31,240 | 0,0312 | 47,340 | 69,687 | |
| 2 | 0,013 | 2200 | 5100 | 533,800 | 34,260 | 0,0343 | 25,410 | 69,687 | |
| 3 | 0,013 | 2200 | 8500 | 889,667 | 35,000 | 0,0350 | 4,279 | 69,687 | |
| Posisi | $\theta b 1$ (deg) | $\theta b 2$ (deg) | Fc (N) | R1 (N) | R2 (N) | Rb (N) | Fb (N) | | |
| 1 | 16,507 | 73,836 | 12,858 | 13,537 | 10,615 | 14,118 | 7,861 | | |
| 2 | 27,325 | 73,836 | 126,908 | 119,488 | 54,671 | 134,495 | 74,884 | | |
| 3 | 37,682 | 73,836 | 360,136 | 351,409 | 27,959 | 444,026 | 247,223 | | |

Note :

| | |
|---|---|
| R : Radius Roller terhadap sumbu Pulley (m) | ω : Kecepatan Sudut Pulley (rad/s) |
| $\theta 1$: Sudut Normal Fc Terhadap Pulley (deg) | Fc : Gaya Sentrifugal (N) |
| $\theta 2$: Sudut Normal Fc Terhadap Ramp Plate (deg) | R1 : Gaya Normal Roller Terhadap Pulley (N) |
| $\theta b 1$: Sudut Antara Normal Roller Pulley dan Normal Pulley Belt (deg) | R2 : Gaya Normal Roller Terhadap Ramp Plate (N) |
| $\theta b 2$: Sudut Normal Belt Terhadap Pulley (deg) | Rb : Gaya Normal Pulley Terhadap Belt (N) |
| n : Kecepatan Pulley (rpm) | Fb : Gaya Tegang Belt (N) |

Perhitungan yang pertama dilakukan adalah mencari gaya sentrifugal yang terjadi pada roller, dimana $F_c = m \omega^2 R$. Setelah itu mencari gaya reaksi dan beban yang diterima *roller* dengan parameter-parameter dan formula yang ada pada literatur.

4.3 Analisa Hasil Uji Eksperimentasi

4.3.1 Data Hasil Percobaan

Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan

| Jenis Roller | Kecepatan Alat | Massa Awal (gr) | Massa Akhir (gr) | Δm (gr) | V (mm/s) | L (mm) | t (menit) | Beban (kg) |
|-----------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------|--------|-----------|------------|
| <i>Round roller</i> | Rendah | 13 | 12,978 | 0,022 | 0,8944 | 1500 | 28 | 1,3 |
| <i>Sliding roller</i> | | 13 | 12,984 | 0,016 | | | | 1,06 |
| <i>Round roller</i> | Menengah | 13 | 12,773 | 0,227 | 1,7152 | 1500 | 15 | 1,3 |
| <i>Sliding roller</i> | | 13 | 12,879 | 0,121 | | | | 1,06 |
| <i>Round roller</i> | Tinggi | 13 | 12,648 | 0,352 | 2,34 | 1500 | 11 | 11,9 |
| <i>Sliding roller</i> | | 13 | 12,728 | 0,272 | | | | 5,4 |
| | | | | | | | | 35,1 |
| | | | | | | | | 2,7 |
| | | | | | | | | 35,1 |
| | | | | | | | | 2,7 |

Pengujian diatas menggunakan 2 jenis roller yaitu *round roller* dan *sliding roller* dengan menggunakan alat tribometer tipe *pin on plate*. Dalam pengujian roller diberikan 2 beban, dimana beban R1 yaitu beban dari variator dan beban R2 dari *Ramp Plate*. Beban diperoleh dari hasil perhitungan gaya sentrifugal karena gaya sentrifugal sangat berpengaruh besar terhadap pembebanan. Dari data hasil percobaan dapat dilihat bahwa terjadi perubahan massa pada roller. Perubahan massa roller ini disebabkan karena adanya gesekan antara *roller* dan *pulley*.

Pada data hasil percobaan dilakukan 3 variasi kecepatan pada alat yang menyesuaikan dengan pergerakan kinematika dari kecepatan roller pada lintasan, selain itu waktu pengujian pada roller pun sudah ditentukan. Setelah mendapatkan hasil data percobaan, maka perlu dilakukan analisa laju keausan yang terjadi untuk perbandingan 2 jenis *roller* tersebut.

4.3.2 Perhitungan dan Analisa Data Hasil Percobaan

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan

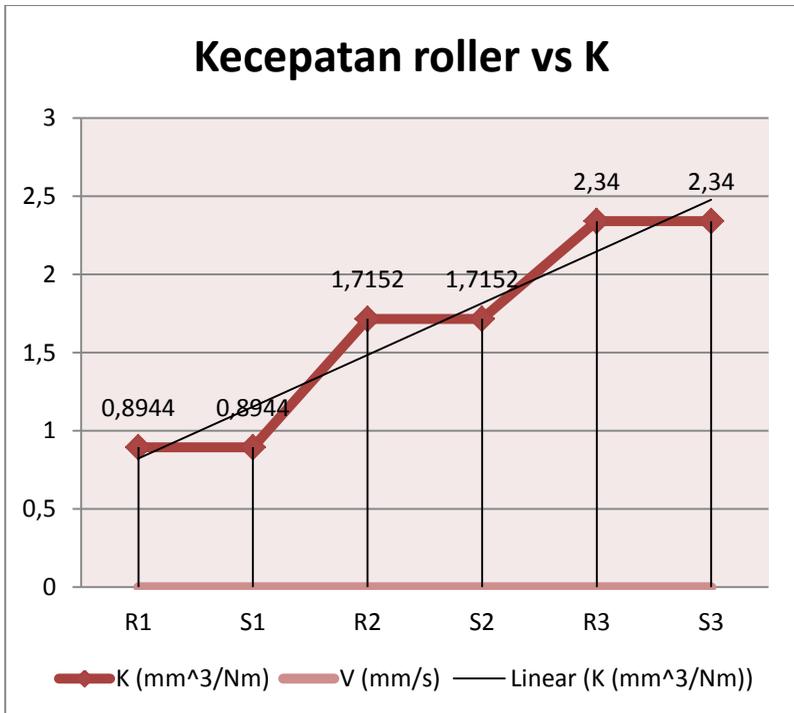
| Roller | Δm (kg) | L (m) | F (N) | ΔV (mm^3) | K (mm^3/Nm) | |
|----------------------|-----------------|-------|-------|------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Round ₁ | 0,000022 | 1,5 | 13 | 0,0100 | 0,0000512821 | 0,000628931 |
| | | | 10,6 | | | |
| Sliding ₁ | 0,000016 | | 13 | 0,073 | 0,00037296 | 0,000457404 |
| | | | 10,6 | | | |
| Round ₂ | 0,000227 | 1,5 | 119 | 0,1032 | 0,000578049 | 0,00127385 |
| | | | 54 | | | |
| Sliding ₂ | 0,000121 | | 119 | 0,0550 | 0,000308123 | 0,000679012 |
| | | | 55 | | | |
| Round ₃ | 0,000352 | 1,5 | 351 | 0,1600 | 0,000303894 | 0,003950617 |
| | | | 27 | | | |
| Sliding ₃ | 0,000272 | | 351 | 0,1236 | 0,000234827 | 0,00305275 |
| | | | 27 | | | |

Dari tabel 4.3 akan digunakan sebagai perhitungan umur pakai dari roller. Tabel 4.4 merupakan tabel perhitungan dari umur pakai *roller*.

Tabel 4.4 Perhitungan Umur Pakai *roller*

| Jenis Roller (<i>Round roller</i> dan <i>Sliding roller</i>) | Pemakaian 6 jam sehari dalam satu tahun | Batas volume roller yang tergerus (Δd) | Umur Pakai (Tahun) |
|--|---|--|--------------------|
| R ₁ | 34,5600 | 29,4375 | 0,8518 |
| S ₁ | 25,1345 | 29,4375 | 1,1712 |
| R ₂ | 356,5964 | 29,4375 | 0,0826 |
| S ₂ | 190,0800 | 29,4375 | 0,1549 |
| R ₃ | 552,9600 | 29,4375 | 0,0532 |
| S ₃ | 427,2873 | 29,4375 | 0,0689 |

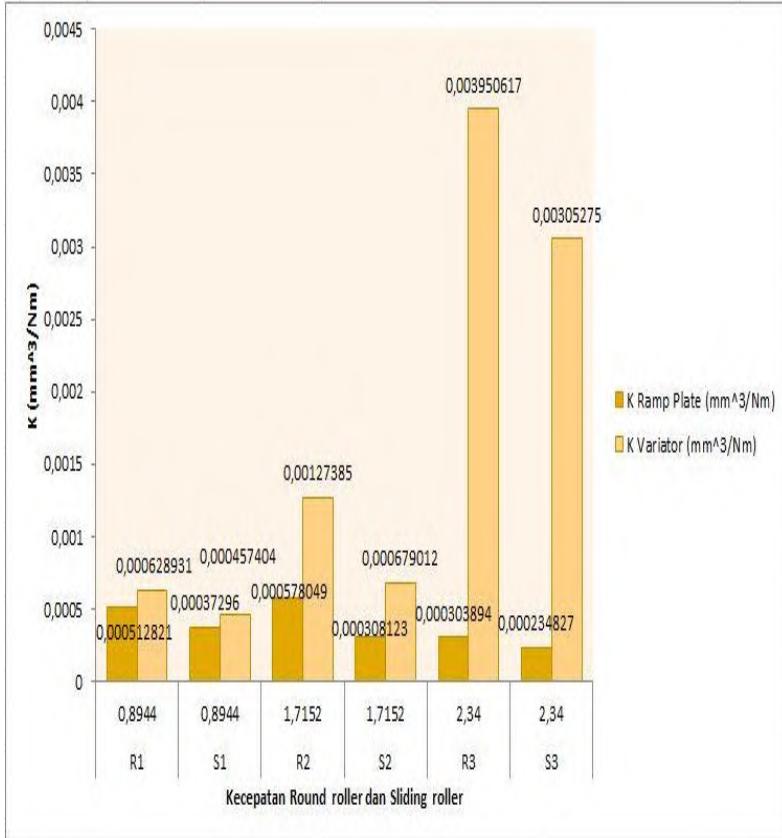
Berdasarkan tabel 4.4 yang merupakan perhitungan dari umur pakai roller, maka hasil pemakaian sepeda motor matik 6 jam sehari selama 1 tahun didapatkan rata-rata perbandingan umur pakai *round roller* dan *sliding roller*. Pemakaian *round roller* bisa bertahan ± 3 bulan sedangkan untuk pemakaian *sliding roller* bisa bertahan ± 4 bulan. Berdasarkan dari tabel 4.3 dapat disajikan menjadi grafik di bawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Kecepatan *roller* terhadap laju keausan

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat terdapat 3 kecepatan yang berbeda yaitu kecepatan rendah, kecepatan menengah, dan kecepatan tinggi pada *round roller* dan *sliding roller*. Jarak gesekan dijaga konstan dan pembebanan yang diberikan pada tiap kecepatan berbeda-beda dikarenakan adanya gaya sentrifugal. Pada grafik diatas menunjukkan *Spesific Wear Rate* pada *round roller* dan *sliding roller* naik, dimana kedua roller bergerak dari kecepatan rendah menuju ke kecepatan tinggi. Berdasarkan dari grafik, trendline pada *Spesific Wear Rate* linier naik karena semakin tinggi kecepatan maka semakin besar laju keausan yang terjadi pada spesimen.

Tugas Akhir Mekanika Benda Padat



Gambar 4.4 Nilai laju Keausan terhadap 3 variasi kecepatan

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa Laju Keausan dengan 3 variasi kecepatan roller, yaitu kecepatan rendah, kecepatan menengah dan kecepatan tinggi pada 2 jenis roller tersebut memiliki nilai laju keausan yang berbeda. Pada gambar 4.10 trendline menunjukkan perbedaan nilai laju keausan yang berbeda namun perbedaannya sangat kecil.

LAMPIRAN

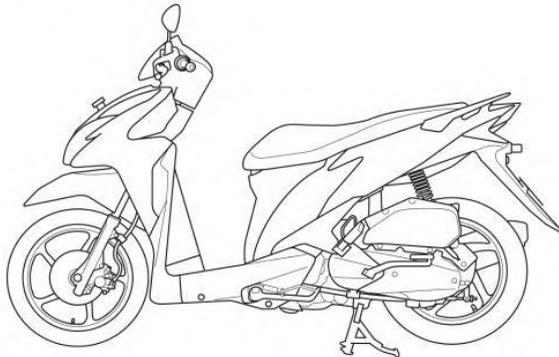
SPESIFIKASI VARIO 125 PGM-FI



IDENTIFIKASI MODEL

Buku Pedoman Reparasi ini digunakan untuk dua tipe Honda VARIO TECHNO .

- ANC125BSI: Rem cakram depan
- ANC125BCI: Combined brake system



Tugas Akhir
Mekanika Benda Padat

SPESIFIKASI UMUM

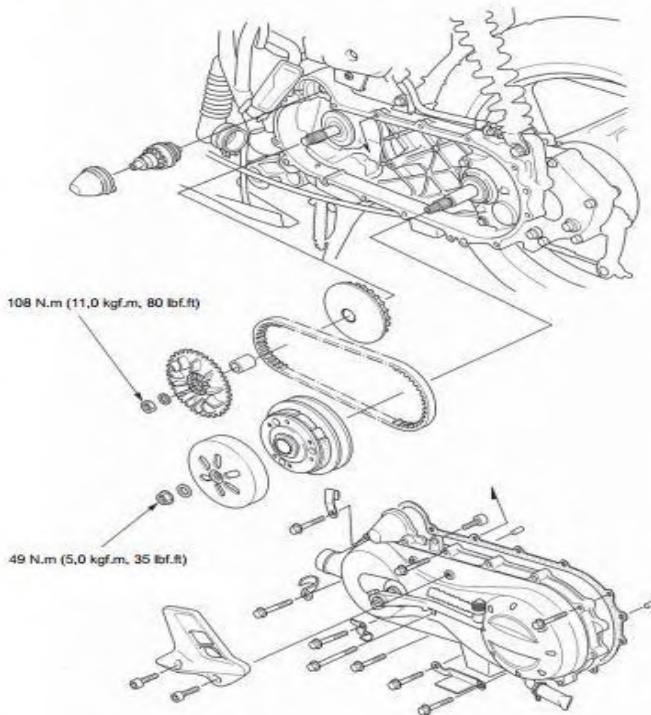
| | BAGIAN | SPESIFIKASI |
|-------------------------------|--|---|
| DIMENSI | Panjang keseluruhan Lebar keseluruhan Tinggi menyeluruh Jarak sumbu roda Tinggi jok Tinggi pijakan kaki Jarak terendah ke tanah Berat motor siap pakai | 1.904 mm 689 mm 1.103 mm 1.281 mm 765 mm 275 mm 128 mm 112 kg |
| RANGKA | Jenis rangka Suspensi depan Jarak pergerakan as roda depan Suspensi belakang Jarak pergerakan as roda belakang Ukuran ban depan Ukuran ban belakang Merek ban Depan Belakang Rem depan Rem belakang Sudut caster Panjang trail Kapasitas tangki bahan bakar | Jenis under bone Fork teleskopik 81 mm Unit swing (unit berayun) 75 mm 80/90 - 14M/C 40P 90/90 - 14M/C 46P FT235 (SRI) FT235 (SRI) Rem cakram hidrolik Mekanis (Mechanical leading trailing) 26°30' 82,5 mm 5,5 liter |
| MESIN | Diameter dan langkah Volume langkah Perbandingan kompresi Peralatan penggerak valve Intake valve membuka pada pengangkatan 1 mm menutup pada pengangkatan 1 mm Exhaust valve membuka pada pengangkatan 1 mm menutup pada pengangkatan 1 mm Sistem pelumasan Jenis pompa oli Sistem pendinginan Saringan udara Berat kosong mesin | 52,4 x 57,9 mm 124,8 cm ³ 11,0 : 1 2 valve, SOHC digerakan rantai tunggal 5° sebelum TMA 35° setelah TMB 30° sebelum TMB 0° TMA Tekanan paksa dan bak oli basah Trochoid Pendinginan dengan cairan Saringan kertas 30,6 kg |
| SISTEM PENGIRIMAN BAHAN BAKAR | Jenis Diameter throttle | PGM-FI 24 mm |
| PERALATAN PENGGERAK | Sistem kopling Perbandingan drive belt Reduksi akhir | Kopling kering, jenis centrifugal otomatis 2,6 : 1 – 0,82 : 1 10,552 (53/17 x 44/13) |
| KELISTRIKAN | Sistem pengapian Sistem starter Sistem pengisian Sistem penerangan | Full transistor Kickstarter dengan electric starter Alternator dengan output tiga fase Battery |

SPESIFIKASI

Satuan: mm

| BAGIAN | | STANDARD | BATAS SERVIS |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|
| Lebar drive belt | | 22,0 | 21,0 |
| Movable drive face | D.D. bushing | 23,989 – 24,052 | 24,08 |
| | D.L. boss | 23,960 – 23,974 | 23,93 |
| | D.L. weight roller | 19,92 – 20,08 | 19,5 |
| Kopling | Ketebalan lapisan kanvas | - | 2,0 |
| | D.D. clutch outer | 125,0 – 125,2 | 125,5 |
| Driven pulley | Panjang bebas pegas driven face | 103,1 | @@ |
| | D.L. boss driven face | 33,965 – 33,985 | 33,94 |
| | D.D. movable driven face | 34,000 – 34,025 | 34,06 |

LOKASI KOMPONEN-KOMPONEN



Tugas Akhir

Mekanika Benda Padat

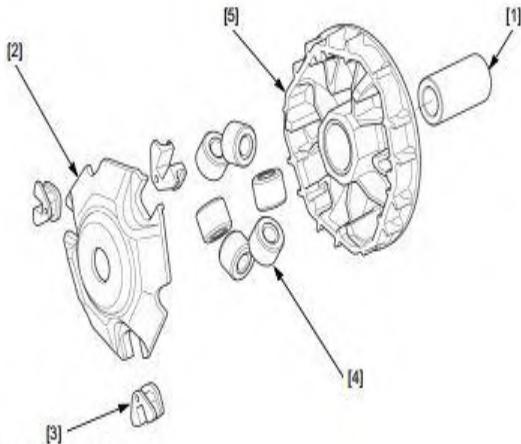
PEMBONGKARAN/PERAKITAN

Lepaskan berikut ini:

- Drive face boss [1]
- Ramp plate [2]
- Slide piece [3]
- Weight roller [4]

Bersihkan semua weight roller dan movable drive face [5] dari oli dan grease.

Perakitan adalah dalam urutan terbalik dari pembongkaran.



PEMERIKSAAN

DRIVE PULLEY FACE

Periksa drive pulley face [1] terhadap goresan, gerusan atau kerusakan.



WEIGHT ROLLER

Periksa masing-masing roller terhadap keausan tidak normal.

Ukur D.L. weight roller.

BATAS SERVIS: 19,5 mm



DRIVE FACE BOSS

Periksa drive face boss terhadap keausan atau kerusakan.

Ukur D.L. drive face boss.

BATAS SERVIS: 23,93 mm



MOVABLE DRIVE FACE

Periksa movable drive face terhadap goresan, gerusan atau kerusakan.

Ukur D.D. bushing drive face

BATAS SERVIS: 24,08 mm



Tugas Akhir Mekanika Benda Padat



Spesifikasi Timbangan berat badan dan Tachometer :

| |
|--|
| Kode : HA-623 |
| Jenis : Timbangan Badan Analog |
| Merk : Tanita |
| Model : Tanita HA-623 |
| Beban Maksimal : 130 Kg |
| Tombol Kalibrasi : Ada |
| Petunjuk Pemakaian : |
| ▶ Untuk hasil yang maksimal, letakkan timbangan di atas permukaan yang datar dan pengguna harus berdiri tegak di atas plat timbangan |
| ▶ Jangan gunakan di atas karpet |
| ▶ Pastikan jarum dalam posisi 0 sebelum digunakan. Jika tidak 0, maka gunakan pengatur/kalibrasi alat yang ada di bagian samping |
| ▶ Bersihkan dengan kain lembab. Jangan gunakan pembersih yang keras atau bahan kimia |
| ▶ Jangan memberikan minyak atau gemuk ke bagian dalam mesin |
| Dimensi Produk : 30 cm (P) x 32,5 cm (L) x 6 cm (T) |
| Dimensi Packing : 31 cm (P) x 34 cm (L) x 6,5 cm (T) |
| Berat Volume Pengiriman : 2 kg (pembagi 6000 / 4000) / 3 kg (pembagi 3500) |

Tugas Akhir Mekanika Benda Padat

| | | |
|---|------------------------------------|--|
|  | Manufacturing Number | 461895 |
| | Features | <ul style="list-style-type: none"> • Unique display where characters reverse direction depending on measurement mode you are in • Large 0.4" (5 digit) LCD display • Microprocessor based with quartz crystal oscillator to maintain high accuracy • Tachometer memory stores last, max and min readings • Provides wide RPM (photo and contact) and Linear Surface Speed(contact) measurements • Accurate to 0.05% with max resolution of 0.1rpm in either photo or contact mode • Complete with tips and wheel for rpm or linear surface speed, four 1.5V AA batteries, reflective tape and carrying case |
| | Benefit | - |
| | Specification | <ul style="list-style-type: none"> • Range (RPM) 461895 Photo mode : 5 to 99,999 Contact Mode : 0.5 to 20,000 • Range (RPM) 461895 Photo mode : 10 to 99,999 Contact Mode : 0.5 to 20,000 • Accuracy Photo mode : 0.05% rdg +1digit • Sampling Time Photo mode : 1 Sec > 60rpm Contact mode : 1 Sec > 6rpm • Surface Speed Contact mode : 0.2 to 6560ft/min • 0.05 to 1999.9m/min • Resolution Photo mode : 0.1rpm (<1,000rpm) • 1rpm (>1000rpm) • Power Photo mode : 4 AA batteries • Dimensions Photo mode : 8.5 x 2.6 x 1.5 INCH (215 x 65 x 38MM) • Weight : 10.6 oz (300 GR) |
| | Resolution | 0.1 Rpm |
| | Rpm Range | 5 to 99,999 |
| | Safety Approval | - |
| | Accuracy | +/- 0.05% |
| | Unit Dimensions (L X W X H) | 215 X 65 X 38 MM |

Spesifikasi Motor Honda Vario 125 PGM-FI

| SPESIFIKASI HONDA VARIO | | | | |
|-------------------------|-----------|---|------------|--------|
| MESIN | KAPASITAS | KELISTRIKAN | DIMENSI | RANGKA |
| | | TECHNO | CBS | |
| Tipe mesin : | | 4 langkah, SOHC pendinginan dengan cairan | | |
| Diameter x langkah : | | 52,4 x 57,9 mm | | |
| Volume langkah : | | 124,8 cc | | |
| Perbandingan kompresi : | | 11,0 : 1 | | |
| Daya maksimum : | | 11,3 PS / 8500 rpm | | |
| Torsi maksimum : | | 1,1 kgf.m / 5000 rpm | | |
| Kopling : | | Otomatis, sentrifugal, tipe kering | | |
| Starter : | | Pedal dan elektrik | | |
| Busi : | | ND U22EPR-9, CPR7EA-9 | | |
| Sistem Bahan Bakar : | | Injeksi (PGM-FI) | | |

Spesifikasi Material *Roller* (Teflon / PTFE) standar Vario 125
PGM-Fi

| Physical properties | |
|------------------------|------------------------------------|
| Phase | solid |
| Melting point | 1357.77 K (1084.62 °C, 1984.32 °F) |
| Boiling point | 2835 K (2562 °C, 4643 °F) |
| Density near r.t. | 8.96 g/cm ³ |
| when liquid, at m.p. | 8.02 g/cm ³ |
| Heat of fusion | 13.26 kJ/mol |
| Heat of vaporization | 300.4 kJ/mol |
| Molar heat capacity | 24.440 J/(mol·K) |
| Thermal expansion | 16.5 μm/(m·K) (at 25 °C) |
| Thermal conductivity | 401 W/(m·K) |
| Electrical resistivity | 16.78 nΩ·m (at 20 °C) |
| Magnetic ordering | diamagnetic ^[2] |
| Young's modulus | 110–128 GPa |
| Shear modulus | 48 GPa |
| Bulk modulus | 140 GPa |
| Poisson ratio | 0.34 |
| Mohs hardness | 3.0 |
| Vickers hardness | 343–369 MPa |
| Brinell hardness | 235–878 MPa |
| CAS Number | 7440-50-8 |

| Property | Value |
|-----------------------------|--|
| Density | 2200 kg/m ³ |
| Melting point | 600 K |
| Thermal expansion | 112–125 · 10 ⁻⁶ K ⁻¹ ^[22] |
| Thermal diffusivity | 0.124 mm ² /s ^[23] |
| Young's modulus | 0.5 GPa |
| Yield strength | 23 MPa |
| Bulk resistivity | 10 ¹⁶ Ω·m ^[24] |
| Coefficient of friction | 0.05–0.10 |
| Dielectric constant | ε = 2.1, tan(δ) < 5(-4) |
| Dielectric constant (60 Hz) | ε = 2.1, tan(δ) < 2(-4) |
| Dielectric strength (1 MHz) | 60 MV/m |

Perhitungan :

| Posisi | M (kg) | ρ (kg/m ³) | n (rpm) | ω (rad/s) | R (mm) | R (m) | $\theta 1$ (deg) | $\theta 2$ (deg) |
|--------|--------|-----------------------------|---------|------------------|--------|--------|------------------|------------------|
| 1 | 0,013 | 2200 | 1700 | 177,933 | 31,240 | 0,0312 | 47,340 | 69,687 |
| 2 | 0,013 | 2200 | 5100 | 533,800 | 34,260 | 0,0343 | 25,410 | 69,687 |
| 3 | 0,013 | 2200 | 8500 | 889,667 | 35,000 | 0,0350 | 4,279 | 69,687 |

| Posisi | $\theta b 1$ (deg) | $\theta b 2$ (deg) | Fc (N) | R1 (N) | R2 (N) | Rb (N) | Fb (N) |
|--------|--------------------|--------------------|---------|---------|--------|---------|---------|
| 1 | 16,507 | 73,836 | 12,858 | 13,537 | 10,615 | 14,118 | 7,861 |
| 2 | 27,325 | 73,836 | 126,908 | 119,488 | 54,671 | 134,495 | 74,884 |
| 3 | 37,682 | 73,836 | 360,136 | 351,409 | 27,959 | 444,026 | 247,223 |

Note :

R : Radius Roller terhadap sumbu Pulley (m)

$\theta 1$: Sudut Normal Fc Terhadap Pulley (deg)

$\theta 2$: Sudut Normal Fc Terhadap Ramp Plate (deg)

$\theta b 1$: Sudut Antara Normal Roller Terhadap dan Normal Pulley Belt (deg)

$\theta b 2$: Sudut Normal Belt Terhadap Pulley (deg)

n : Kecepatan Pulley (rpm)

ω : Kecepatan Sudut Pulley (rad/s)

Fc : Gaya Sentrifugal (N)

R1 : Gaya Normal Roller Terhadap Pulley (N)

R2 : Gaya Normal Roller Terhadap Ramp Plate (N)

Rb : Gaya Normal Pulley Terhadap Belt (N)

Fb : Gaya Tegang Belt (N)

Tugas Akhir

Mekanika Benda Padat

| Spekimen | Massa Awal (gr) | Massa Akhir (gr) | Δm (kg) | V (mm ³) | p (kg/m ³) | sliding distance (m) |
|----------|-----------------|------------------|----------|----------------------|------------------------|----------------------|
| R1 | 13 | 12,978 | 0,000022 | 0,8944 | | 1,5 |
| S1 | 13 | 12,984 | 0,000016 | | | 1,5 |
| R2 | 13 | 12,773 | 0,000227 | 1,7152 | 0,0022 | 1,5 |
| S2 | 13 | 12,879 | 0,000121 | | | 1,5 |
| R3 | 13 | 12,648 | 0,000352 | 2,34 | | 1,5 |
| S3 | 13 | 12,728 | 0,000272 | | | 1,5 |

| Spekimen | t (menit) | Load (kg) | V (mm ³) | K (mm ³ /N/m) |
|----------|-----------|-----------|----------------------|--------------------------|
| R1 | 28 | 1,3 | 0,0100 | 0,000512821 |
| S1 | | 1,06 | 0,0073 | 0,000457404 |
| R2 | 15 | 11,9 | 0,1032 | 0,000578039 |
| S2 | | 3,4 | 0,0350 | 0,000679012 |
| R3 | | 35,1 | 0,1600 | 0,001038974 |
| S3 | 11 | 2,7 | 0,1258 | 0,00305273 |

| Spekimen | K (mm ³ /N/m) | F(N) | pemakaian 6 jam ke tahun | Volume tergerus dari (d1-d2) | Umur pakai (Tahun) | Perbandingan round roller dan sliding roller |
|----------|--------------------------|------|--------------------------|------------------------------|--------------------|--|
| R1 | 0,000512821 | 13 | 34,5600 | 29,4375 | 0,8518 | 0,3329189017 |
| S1 | 0,000457404 | 10,6 | 25,1345 | 29,4375 | 1,1712 | |
| R2 | 0,000578039 | 119 | 356,5964 | 29,4375 | 0,0826 | 0,464986588 |
| S2 | 0,000679012 | 54 | 190,0800 | 29,4375 | 0,1549 | |
| R3 | 0,000303894 | 351 | 552,9500 | 29,4375 | 0,0532 | |
| S3 | 0,00305273 | 27 | 427,2873 | 29,4375 | 0,0689 | |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari studi eksperimental dan analisa laju keausan *roller* pada sistem CVT dengan gerakan *reciprocating* adalah :

1. Pengujian laju keausan pada *round roller* dan *sliding roller* dengan 3 variasi kecepatan roller yang berbeda dan waktu yang sudah ditentukan dari proyeksi gambar lintasan, yaitu $V_1 = 0,8944$ mm/s, $V_2 = 1,7152$ mm/s, $V_3 = 2,34$ mm/s, $t_1 = 11,255$ s, $t_2 = 11,86$ s, dan $t_3 = 12,003$ s pada alat tribometer *tipe pin on plate* dengan gerakan *reciprocating* didapatkan rata-rata nilai laju keausan yang berbeda pada roller tersebut. Hasil dari *Spesific Wear Rate* pada *round roller* adalah 0,000628931, 0,00127385, dan 0,003950617, sedangkan *Spesific Wear Rate* pada *sliding roller* adalah 0,000457404, 0,000679012, dan 0,00305275. Berdasarkan pada grafik *Spesific Wear Rate* pada kedua jenis roller menunjukkan trendline naik namun nilai laju keausannya perbedaannya sangat kecil. Hal tersebut sudah sesuai teori pada *Spesific Wear Rate Linier*, dimana semakin tinggi kecepatan maka semakin besar nilai laju keausan yang terjadi.
2. Dari hasil perhitungan umur pakai roller, maka hasil pemakaian sepeda motor matik 6 jam sehari selama satu tahun didapatkan rata-rata perbandingan umur pakai *round roller* dan *sliding roller*. Pemakaian *round roller* bisa bertahan ± 3 bulan sedangkan untuk pemakaian *sliding roller* bisa bertahan ± 4 bulan.

5.2 Saran

Dari berbagai kendala yang didapat pada saat pengujian, adapun saran yang diusulkan oleh penulis sebagai berikut :

1. Perlu adanya perawatan secara berkala pada alat Tribometer tipe *Pin On Plate* di laboratorium Mekanika Benda Padat ITS-Surabaya agar alat dapat bekerja dengan baik saat melakukan pengujian.
2. Perlu adanya pergantian komponen alat yang bekerja tidak maksimal pada Tribometer tipe *Pin On Plate* agar didapatkan hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sutantra, I. N., & Sampurno. (2010). ***Teknologi Otomotif Edisi Kedua***. Surabaya: Intitut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Jama, Julius (2008). Teknik Sepeda Motor.
3. Rochadi, Fuad. 2007. **Pembuatan Alat Peraga Transmisi Otomatis Sepeda Motor**. Surakarta.
4. Peter J. Blau, Metals and ceramics division, Oak Ridge National Laboratory. 1992. **Friction, Lubrication, and Wear Technology : Volume 18 of the ASM Handbook**.
5. Bhushan, Bharat. 2013. **Principles and Applications of Tribology**. New York : John Wiley & Sons, INC.
6. Czichos, Horst. 1978. **Tribology : A System Approach to The Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear**. Amsterdam : Elsevier Scientific.
7. Mansyur, Ibrahim. 2012. **Tribometer Actuator Mechanism Design Pin-On-Plate with Driver Reciprocating Motion Eletropneumatic**. Surabaya.
8. Wijanarko. 2007. **Analisa pengaruh perubahan massa roller penggerak variator pada Continously Variable Transmission (CVT) terhadap kinerja traksi pada sepeda motor yamaha mio**. Surabaya.
9. Khonsari, M. Michael. 2001. **Applied Tribology : Bearing Design and Lubrication**. New York : John Wiley & Sons, INC.

10. Lee, Dong Woog. 2012. **Stick-slip Friction and Wear of Articular Joints**. California.
11. Ludema, C. Kenneth. 1996. **Friction, Wear, Lubrication : A Textbook in Tribology**. USA : CRC Press.
12. Susastro. 2013. **Studi Eksperimental Laju Keausan Pada 2 Buah *High Density Polyethylene* (HDPE) Dengan Variasi *Normal Load* Pada Kondisi *Reciprocating* Sebagai Sendi Rahang (*Temporomandibular Joint*) Manusia**. Surabaya.
13. Kusumaningrum, Dewi Fasholi. 2015. **Studi Eksperimental dan analisa keausan permukaan yang dipengaruhi oleh *Stick-Slip Friction* akibat *Multi-Directional Contact Friction***. Surabaya.

BIOGRAFI PENULIS



Johan Ady Setyawan Indar Putra dilahirkan di UjungPandang, pada tanggal 16 Juli 1992 yang merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN Pucang 1 Sidoarjo (1998-2004). Sekolah Menengah Pertama di SMPN 3 Sidoarjo (2004-2007) Sekolah Menengah Atas di SMAN 3 Sidoarjo (2007-2010). Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Teknik Permesinan Kapal di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya sebagai mahasiswa D3 (2010-2013). Kemudian penulis melanjutkan studi S1 di Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama menempuh pendidikan penulis tidak banyak mengikuti organisasi didalam kampus maupun diluar. Namun penulis mengikuti beberapa ekstrakurikuler, pelatihan dan seminar yang ada di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.