



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TM184835**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI  
MODEL PIRINGAN CAKRAM TERHADAP LAJU  
KEAUSAN KAMPAS REM DAN EFEK Pengereman**

**MUHAMMAD FARHAN TRIBAKTI**  
NRP 02111640000207

**Dosen Pembimbing:**  
Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E.

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**TUGAS AKHIR – TM184835**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI MODEL  
PIRINGAN CAKRAM TERHADAP LAJU KEAUSAN  
KAMPAS REM DAN EFEK Pengereman**

**MUHAMMAD FARHAN TRIBAKTI**  
NRP 02111640000207

Dosen Pembimbing:  
Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**FINAL PROJECT – TM184835**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF DISC  
BRAKE MODEL VARIATION ON BRAKE PADS WEAR  
RATE AND BRAKING EFFECTS**

MUHAMMAD FARHAN TRIBAKTI  
NRP 02111640000207

Advising Lecturer:  
Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020

## HALAMAN PENGESAHAN

### STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI MODEL PIRINGAN CAKRAM TERHADAP LAJU KEAUSAN KAMPAS REM DAN EFEK Pengereman

#### TUGAS AKHIR

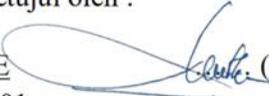
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Muhammad Farhan Tribakti**

NRP. 02111640000207

Disetujui oleh :

1. Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E  (Pembimbing)  
NIP. 196211031990021001
2. Ir. Julendra B. Ariatedja, M.T.  (Penguji I)  
NIP. 196807061999031004
3. Alief Wikarta, S.T., M.Sc.Eng., Ph.D.  (Penguji II)  
NIP. 198202102006021002
4. Dr. Ir. Agus Sigit Pranono, DE.A.  (Penguji III)  
NIP. 196508101991021601



SURABAYA  
AGUSTUS, 2020

# **STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI MODEL PIRINGAN CAKRAM TERHADAP LAJU KEAUSAN KAMPAS REM DAN EFEK Pengereman**

**Nama Mahasiswa : Muhammad Farhan Tribakti**  
**NRP : 0211164000207**  
**Departemen : Teknik Mesin FTI-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Kelani, M.Sc.E**

## **ABSTRAK**

*Kerugian energi dapat terjadi salah satunya karena adanya gesekan antara dua komponen yang saling kontak. Gesekan yang terjadi ini dapat menimbulkan kerusakan atau hilangnya partikel dari suatu material yang kemudian disebut keausan. Salah satu fenomena gesekan yang terjadi dalam dunia otomotif adalah gesekan antara kampas rem dengan piringan cakram baik pada sepeda motor maupun kendaraan beroda empat. Rem cakram merupakan komponen yang sangat berpengaruh terhadap keselamatan pengendara karena piringan cakram yang dijepit oleh kampas rem (brake pad) menentukan apakah proses pengereman dapat berjalan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Pada piringan cakram terdapat berbagai macam variasi model lubang-lubang dan bentuk yang berfungsi sebagai ventilasi atau pembuang panas akibat gesekan dengan kampas rem. Maka, bentuk model lubang piringan cakram ini dapat mempengaruhi laju keausan, semakin banyak lubang yang dapat dinilai melalui berat piringan cakram maka semakin banyak panas yang dapat terbuang sehingga mengurangi gesekan dan luas permukaan yang kecil juga dapat mengurangi gesekan akibat luasan kontak gesek yang semakin kecil menyebabkan berkurangnya laju keausan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan penelitian untuk mengetahui laju keausan, jarak dan waktu pengereman akibat pengaruh dari variasi model yang ada pada piringan cakram dengan meninjau berat dari piringan cakram itu sendiri.*

*Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Eksperimen dilakukan menggunakan sepeda motor yang dipasangkan berbagai piringan cakram dengan model berbeda-beda dan kampas rem yang terlebih dahulu ditimbang massanya. Pengujian dilakukan dengan tiga variasi kecepatan sepeda motor yaitu 20 km/jam, 30 km/jam, dan 40 km/jam. Beban pengereman diasumsikan konstan dan hanya rem depan yang digunakan. Pengulangan pengereman dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap variasi kecepatan. Setelah pengereman dilakukan, jarak dan waktu yang dibutuhkan sepeda motor untuk berhenti dicatat menggunakan rol meteran dan stopwatch. Pengujian dilakukan dengan tiga variasi model piringan cakram yang berbeda dan massa kampas rem setelah pengujian ditimbang untuk dihitung laju keausannya.*

*Hasil pengujian didapatkan bahwa model piringan cakram B memiliki jarak pengereman yang terbaik dibandingkan dua model piringan cakram lainnya yaitu pada kecepatan 20 km/jam jaraknya sebesar 8,07 meter, pada kecepatan 30 km/jam sebesar 12,498 meter, dan kecepatan 40 km/jam sebesar 17,06 meter. Model piringan cakram B juga menghasilkan waktu pengereman terbaik dibandingkan dua model piringan cakram lainnya yaitu pada kecepatan 20 km/jam waktunya sebesar 2,15 detik, pada kecepatan 30 km/jam sebesar 2,366 detik, dan pada kecepatan 40 km/jam sebesar 2,83 detik. Sedangkan dalam hal laju keausan, model piringan cakram A menghasilkan laju keausan kampas rem yang terendah dibandingkan dua model piringan cakram lainnya dengan nilai laju keausan sebesar  $3,265 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{s}$ .*

***Kata kunci : Cakram, Gesekan, Laju Keausan, Pengereman***

# EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF VARIATION OF DISC BRAKE MODELS ON BRAKE PAD WEAR RATE AND BRAKING EFFECTS

**Student Name** : Muhammad Farhan Tribakti  
**Student ID Number** : 0211164000207  
**Department** : Mechanical Engineering  
**Advisory Lecturer** : Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E

## ABSTRACT

*Energy losses can occur due to friction between two components that contact each other. Friction that occurs can cause damage or loss of particles from a material which is then called wear. One of the friction phenomenon that occur in the automotive world is the friction between the brake lining with the brake disc both on motorbikes and four-wheeled vehicles. Disc brakes are a very important component and affect the safety of the rider because the disc is clamped by the brake lining (brake pad) determines whether the braking process can run well and in accordance with what is desired. In the disc brakes there are various variations in the model of holes and shapes that function as ventilation or heat dissipation due to friction with the brake lining. Therefore, the shape of the disk disc model can affect the rate of wear, the more holes that can be assessed through the weight of the disc brakes and cooling air volume, the more heat that can be wasted, thereby reducing friction and a smaller surface area can also reduce friction due to the smaller frictional contact area causing a reduced wear rate. Therefore, this final project will conduct research to determine the rate of wear, distance and braking time due to the influence of variations of existing models on the disc brakes by reviewing the cooling air volume of the disc itself.*

*The research method used in this study is an experimental method. Experiments were carried out using motorbikes that would*

*be paired with various discs with different models and brake pads that were weighed before. Testing was carried out with three variations of motorcycle speed that are 20 km / h, 30 km / hr, and 40 km / hr. The braking load is assumed to be constant and only front brakes are used. Repeated braking is done 10 times for each speed variation. After braking is done, the distance and time required for the motorcycle to stop is recorded using a meter roll and stopwatch. Testing is carried out with three variations of different disk model and mass of the brake pad after the test is weighed and then the wear rate is calculated.*

*The test results show that the disk model B has the best braking distance compared to the two other disk models, namely at a speed of 20 km / h at a distance of 8.07 meters, at a speed of 30 km / hour at 12.498 meters, and at a speed of 40 km / hour of 17.06 meters. The disk model B also produces the best braking time compared to the other two disk model models at a speed of 20 km / h, the time is 2.15 seconds, at a speed of 30 km / h, 2.366 seconds, and at a speed of 40 km / hour of 2.83 seconds. While in terms of wear rate, the disc model A produces the lowest brake pad wear rate compared to the other two discs with a wear rate of  $3,265 \times 10^{-6} \text{g/mm}^2 \cdot \text{s}$*

***Keywords : Disks, Friction, Wear Rate, Braking***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah swt, Tuhan Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Laju Keausan Kampas Rem dan Efek Pengereman” dengan sebaik-baiknya. Salam dan shalawat kepada Nabi besar Muhammad saw, yang membawa cahaya keimanan dan agama Islam sebagai pedoman kehidupan penulis.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T). Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah banyak sekali menerima bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta, Subli Ibrahim dan Yusnani Azis yang senantiasa mendukung, memberikan kasih sayang dan perhatian serta tak henti-hentinya mendoakan penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
2. Kakak dan adik tercinta, Tami, Obrain, dan Hazira yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
3. Bapak Ir. Yusuf Kaelani, M.Sc.E, selaku dosen wali dan pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ide, saran perkuliahan, pembelajaran, dan pengetahuan yang tanpanya penulis tidak akan mampu menyelesaikan tugas akhir dan perkuliahan.
4. Bapak Ir. Julendra B. Ariatedja, M.T., Bapak Alief Wikarta S.T, M.Sc.Eng, Ph.D, dan Bapak Dr. Ir .Agus Sigit Pramono, DEA., selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan kritik, saran dan komentar terhadap tugas akhir penulis agar lebih baik.
5. Segenap dosen Departemen Teknik Mesin FTI-RS yang telah mencurahkan tenaga dan pikiran serta pengalamannya dalam mendidik penulis di bidang teknik mesin maupun ilmu tentang

kehidupan yang akan menjadi bekal kehidupan penulis di masa depan.

6. Seluruh keluarga M59 yang telah menemani penulis dari pengaderan hingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan. Untukmu angkatanku sahabat sejatiku.
7. Gregorius Garry Gunawan, sebagai partner Tugas Akhir penulis yang selalu memberikan motivasi, teman berbagi pikiran, keluh kesah, susah senang dan dukungan.
8. Keluarga Ash-Shaff ITS, sebagai teman yang telah membantu dan berjuang bersama penulis dalam berorganisasi.
9. Seluruh pihak civitas akademika Departemen Teknik Mesin FTI-RS.
10. Aldi, Achan, Hansel, Faris, Martin, Coumplex, Damar, Alfin, Uga dan Gassa sebagai sahabat penulis yang telah menemani hari-hari penulis selama penyusunan tugas akhir dan perkuliahan. Serta mendukung dan memotivasi dalam penyelesaiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, maka penulis mengharapkan saran, kritik, dan komentar yang konstruktif untuk hasil yang lebih baik. Penulis berharap tugas akhir ini bermanfaat untuk pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 18 Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

### HALAMAN PENGESAHAN

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan Penelitian.....	2
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Gaya Gesek .....	5
2.2    Jenis-Jenis Gaya Gesek.....	7
2.2.1    Gaya Gesek Statis .....	7
2.2.2    Gaya Gesek Kinetis .....	7
2.3    Mekanika Kontak .....	8
2.4    Keausan ( <i>Wear</i> ).....	9
2.5    Komponen Penggerak Kendaraan .....	13
2.5.1    Keausan Adhesif ( <i>Adhesive Wear</i> ) .....	15

2.5.2	Keausan Abrasif ( <i>Abrasive Wear</i> ) .....	17
2.5.3	Keausan Lelah ( <i>Fatigue Wear</i> ).....	18
2.5.4	Keausan Korosif ( <i>Corrosive Wear</i> ) .....	19
2.6	Waktu dan Jarak Pengereman .....	21
2.7	Cakram ( <i>Disk Brake</i> ) .....	22
2.8	Kampas Rem .....	24
BAB III .....		27
METODOLOGI PENELITIAN .....		27
3.1	Diagram Alir Penelitian .....	27
3.1.1	Studi Literatur.....	28
3.1.2	Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian.....	29
3.1.3	Persiapan Alat dan Bahan .....	29
3.1.4	Penetapan Jenis Model Piringan Cakram.....	29
3.1.5	Pengujian Keausan dan Pengereman .....	33
3.1.6	Analisis Data dan Pembahasan.....	33
3.1.7	Kesimpulan, Saran dan Rekomendasi.....	34
3.2	Rancangan Eksperimen.....	34
3.2.1	Variabel Bebas.....	34
3.2.2	Variabel Terikat.....	34
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.3.1	Alat .....	37
3.3.2	Bahan .....	37
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian .....	40
3.4.1	Tempat Penelitian .... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
3.4.2	Waktu Penelitian.....	41
3.5	Spesifikasi Sepeda Motor.....	41

3.6	Teknik Pengujian.....	43
3.6.1	Standar Pengujian Pengereman .....	43
3.6.2	Pengujian Cakram.....	44
3.7	Penentuan Data Awal .....	45
3.8	Diagram Alir Pengujian .....	46
BAB IV .....		49
PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN .....		49
4.1	Data Hasil Penelitian .....	49
4.1.1.	Hasil Pengujian Jarak Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 20 km/jam.....	49
4.1.2.	Hasil Pengujian Jarak Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 30 km/jam.....	50
4.1.3.	Hasil Pengujian Jarak Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 40 km/jam.....	52
4.1.4.	Hasil Pengujian Waktu Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 20 km/jam.....	53
4.1.5.	Hasil Pengujian Waktu Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 30 km/jam.....	55
4.1.6.	Hasil Pengujian Waktu Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 30 km/jam.....	56
4.1.7.	Data Pengujian Laju Keausan Kampas Rem dengan Variasi Model Piringan Cakram .....	58
4.2	Contoh Perhitungan Laju Keausan Kampas Rem .....	59
4.3	Analisis Data .....	60
4.3.1	Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam.....	60
4.3.2	Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam.....	62

4.3.3	Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam.....	63
4.3.4	Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam.....	65
4.3.5	Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam.....	67
4.3.6	Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam.....	68
4.3.7	Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Laju Keausan Kampas Rem .....	70
BAB V	.....	73
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	73
5.1	Kesimpulan .....	73
5.2	Saran .....	74
DAFTAR PUSTAKA	.....	75
BIODATA PENULIS	.....	77

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Free Body Diagram</i> Dua Benda Padat yang sedang Bergesekan .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Kontak <i>Asperities</i> antara Dua Buah Permukaan Benda Padat.....	9
<b>Gambar 2.3</b>	Kurva Laju Keausan terhadap Waktu dan <i>Sliding Distance</i> .....	10
<b>Gambar 2.4</b>	Tiga Macam Kurva Keausan pada Kontak secara Periodik.....	12
<b>Gambar 2.5</b>	<i>Specific Wear Rate</i> pada Material Logam dengan Berbagai Kondisi Pelumasan .....	13
<b>Gambar 2.6</b>	Beragam Proses terjadinya Keausan akibat Efek Kontak Permukaan .....	14
<b>Gambar 2.7</b>	Mekanisme Keausan Adhesif.....	15
<b>Gambar 2.8</b>	Pengamatan Mikroskopik <i>Adhesive Wear</i> .....	16
<b>Gambar 2.9</b>	Pengamatan Mikroskopik Keausan Abrasif.....	17
<b>Gambar 2.10</b>	Mekanisme Keausan Abrasif .....	17
<b>Gambar 2.11</b>	Pengamatan Mikroskopik Contoh Keausan Lelah .....	19
<b>Gambar 2.12</b>	Mekanisme Keausan Lelah .....	19
<b>Gambar 2.13</b>	Pengamatan Mikroskopik Keausan Korosif.....	20
<b>Gambar 2.14</b>	Mekanisme Keausan Korosif .....	20
<b>Gambar 2.15</b>	Piringan Cakram.....	24
<b>Gambar 2.16</b>	Kampas Rem ( <i>Brake Pad</i> ) .....	25
<b>Gambar 3.1</b>	Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir .....	28
<b>Gambar 3.2</b>	Bidang kontak piringan cakram model A dan kampas rem .....	30
<b>Gambar 3.3</b>	Bidang kontak piringan cakram model B dan kampas rem .....	31
<b>Gambar 3.4</b>	Bidang kontak piringan cakram model C dan kampas rem .....	32
<b>Gambar 3.5</b>	Piringan cakram model A .....	38
<b>Gambar 3.6</b>	Piringan cakram model B .....	38
<b>Gambar 3.7</b>	Piringan cakram model C .....	39

<b>Gambar 3.8</b>	Kampas Rem.....	39
<b>Gambar 3.9</b>	Tempat Pelaksanaan Pengujian.....	40
<b>Gambar 3.10</b>	Alat Uji Keausan dan Pengereman.....	42
<b>Gambar 3.11</b>	Diagram Alir Pengujian.....	47
<b>Gambar 4.1</b>	Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam .....	60
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam .....	62
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam .....	64
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam .....	65
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam .....	67
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam .....	69
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Pengujian Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Laju Keausan Kampas Rem.....	71

#### **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 3.1</b>	Desain Eksperimen Pengujian Keausan.....	35
<b>Tabel 3.2</b>	Desain Tabel Pengujian Pengereman Variasi Kecepatan.....	36
<b>Tabel 3.3</b>	Pengereman dengan Rem Depan saja .....	44
<b>Tabel 3.4</b>	Dimensi Komponen .....	45
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Uji Jarak Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam.....	49
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Uji Jarak Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam.....	51

<b>Tabel 4.3</b> Hasil Uji Jarak Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam.....	52
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji Waktu Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam .....	54
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Uji Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam .....	55
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Uji Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam .....	57
<b>Tabel 4.7</b> Laju Keausan Kampas Rem pada Tiga Variasi Model Piringan Cakram .....	58

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tribologi adalah ilmu yang mempelajari peristiwa interaksi dua permukaan yang bergerak relatif satu terhadap lainnya, dimana didalamnya terdapat fenomena keausan, gesekan, dan pelumasan yang memberikan kontribusi dalam upaya meminimalkan keausan akibat kontak antara dua permukaan, sehingga dapat diterapkan di industri untuk menganalisa kasus kegagalan atau kerusakan. Keausan terjadi apabila terdapat dua atau lebih benda yang saling menekan dan bergesekan secara terus menerus sehingga menyebabkan hilangnya partikel suatu benda.

Salah satu fenomena gesekan yang terjadi dalam dunia otomotif adalah gesekan antara kampas rem dengan piringan cakram (*brake disc*) baik pada sepeda motor maupun kendaraan beroda empat. Rem cakram merupakan komponen yang sangat penting dan berpengaruh terhadap keselamatan pengendara karena piringan cakram yang dijepit oleh kampas rem (*brake pad*) menentukan apakah proses pengereman dapat berjalan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Pada saat rem cakram bekerja, akan terjadi gesekan antara material cakram dengan material kampas rem yang menyebabkan keausan pada kedua material apabila pengereman terjadi secara berulang-ulang. Keausan yang lebih besar terjadi pada material yang lebih lunak yaitu pada fenomena ini adalah kampas rem. Material yang biasanya digunakan sebagai piringan cakram ini adalah *stainless steel* atau baja anti karat. Karena adanya keausan pada kampas rem akibat gesekan yang terjadi secara berulang-ulang, lama kelamaan kampas rem akan semakin menipis dan mengurangi performa rem sampai akhirnya jika sudah terlalu aus rem tidak akan berfungsi dengan baik. Selain itu, jika kampas rem sudah terlalu lama digunakan dan

keausan yang terjadi sudah sangat banyak, kampas rem harus diganti demi keamanan dan kenyamanan pengendara.

Ada banyak cara untuk memaksimalkan pengereman, diantaranya dengan memperhatikan bentuk model pada piringan cakram. Bentuk model piringan cakram diduga berpengaruh terhadap parameter pengereman yaitu pada waktu pengereman, perlambatan, dan jarak pengeremannya serta berpengaruh terhadap umur dari kampas rem yang didasarkan pada laju keausannya. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh dari model lubang cakram yang ada pada piringan cakram terhadap laju keausan kampas rem, jarak (*stopping distance*) dan waktu pengereman dengan meninjau volume lubang atau volume udara pada piringan cakram. Pengujian dilakukan dengan cara menggunakan sepeda motor dan melakukan uji pengereman dengan tekanan pengereman dan kecepatan sepeda motor yang telah ditentukan sebelumnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana dampak variasi model piringan cakram terhadap jarak pengereman?
2. Bagaimana dampak variasi model piringan cakram terhadap waktu pengereman?
3. Bagaimana dampak variasi model piringan cakram terhadap laju keausan kampas rem?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui dampak dari variasi model piringan cakram terhadap jarak pengereman.
2. Mengetahui dampak dari variasi model piringan cakram terhadap waktu pengereman.
3. Mengetahui dampak dari variasi model piringan cakram terhadap laju keausan kampas rem.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Pengujian dilakukan dengan variasi model piringan cakram.
2. Tidak ada pelumasan.
3. Tidak ada material debris yang ikut menambah keausan.
4. Material piringan cakram dan berat pengendara diabaikan.
5. Kecepatan pengujian yang dilakukan adalah 20 km/jam, 30 km/jam dan 40 km/jam.
6. Gaya rem depan diasumsikan konstan
7. Tidak membahas struktur mikro material uji
8. Tidak ada kesalahan dalam pengukuran
9. Pengujian dilakukan menggunakan sepeda motor Yamaha Jupiter MX 135 cc.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mahasiswa dapat lebih memahami ilmu tribologi dan contoh fenomenanya di lapangan.
2. Mahasiswa dapat memahami pengaruh dari variasi model piringan cakram terhadap laju keausan yang terjadi.
3. Mahasiswa dapat memahami fenomena gesekan dan keausan yang terjadi pada rem cakram.
4. Dapat digunakan sebagai referensi dan literatur pada penelitian piringan cakram selanjutnya.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

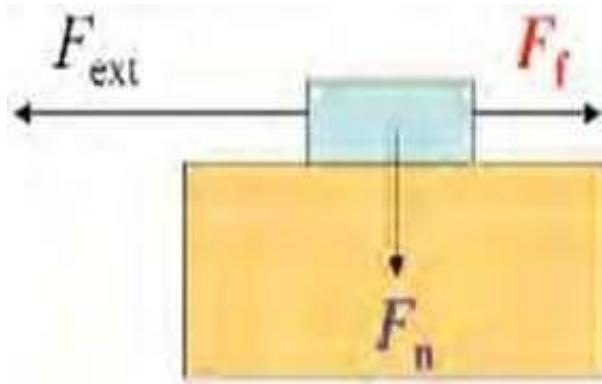
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gaya Gesek**

Gaya gesek adalah gaya yang berarah melawan arah gerak benda atau arah kecenderungan benda akan bergerak. Gaya gesek muncul apabila dua buah benda atau lebih saling bersentuhan. Benda-benda yang dimaksud disini tidak harus berbentuk padat, melainkan dapat pula berbentuk cair ataupun gas. Gaya gesek antara dua buah benda padat misalnya adalah gaya gesek statis dan kinetis, sedangkan gaya antara benda padat dan cairan serta gas adalah gaya stokes. Gaya gesek dapat merugikan atau bermanfaat. Panas pada poros yang berputar, engsel pintu yang berderit dan sepatu yang aus adalah contoh kerugian yang disebabkan oleh gaya gesek. Akan tetapi tanpa gaya gesek manusia tidak dapat berpindah tempat karena gerakan kakinya hanya akan menggelincir di lantai. Tanpa adanya gaya gesek kita tidak akan pernah bisa berjalan. Namun gaya gesek juga dapat merugikan contohnya dapat menyebabkan panas dan aus pada poros yang berputar. Gaya gesek merupakan akumulasi interaksi mikro antar kedua permukaan yang saling bersentuhan. Permukaan yang sangat halus akan menyebabkan gesekan menjadi lebih kecil nilainya dibandingkan dengan permukaan yang kasar, akan tetapi tidak selalu demikian. Kontruksi mikro ataupun nano yang diatur sedemikian rupa pada permukaan benda dapat menyebabkan gesekan menjadi minimum.

Apabila ada dua benda yang berinteraksi melalui kontak atau sentuhan langsung pada permukaan, maka akan selalu timbul suatu gaya yang disebut gaya kontak. Gaya kontak ini memiliki komponen yang sejajar dengan permukaan sentuh yang secara khusus disebut gaya gesekan, sedangkan komponen lain yang tegak lurus dengan permukaan sentuh disebut gaya normal. Karena arah gesekan sejajar dengan permukaan sentuh, maka akan mempengaruhi gerak suatu benda. Arah gaya gesekan ini selalu berlawanan dengan arah gerak benda sehingga bersifat

menghambat gerak benda. Walaupun gaya normal arahnya tegak lurus dengan arah gerak benda, nangular namun gaya normal memberikan pengaruh pada besarnya gaya gesekan. Semakin besar gaya normal, maka semakin besar pula gaya gesekan yang terjadi. Besar gaya gesekan disamping bergantung pada gaya normal, juga sangat bergantung pada kekasaran permukaan sentuh. Semakin kasar permukaan sentuh, umumnya semakin besar gaya gesekan yang timbul. Hal ini menjelaskan mengapa terjadi perbedaan jarak yang ditempuh oleh kelereng pada saat menggelinding dikarpet dan dilantai berkeramik. Secara sepintas kita memperoleh pesan bahwa setiap gaya gesekan akan bersifat merugikan, akan tetapi bila kita perhatikan tidak sedikit keuntungan yang akan kita peroleh dengan adanya gaya gesekan ini, misalnya gesekan antara roda dan porosnya akan mengurangi laju mobil, namun tidak mungkin mobil bisa bergerak tanpa adanya gaya gesekan antara ban mobil dengan permukaan jalan.



**Gambar 2.1** *Free Body Diagram* Dua Benda Padat yang sedang Bergesekan

## 2.2 Jenis-Jenis Gaya Gesek

Terdapat dua jenis gaya gesek antara dua buah benda yang padat saling bergerak lurus, yaitu gaya gesek statis dan gaya gesek kinetis, yang dibedakan antara titiktitik sentuh antara kedua permukaan yang tetap atau saling berganti. Untuk benda yang dapat menggelinding, terdapat pula jenis gaya gesek lain yang disebut gaya gesek menggelinding (*rolling friction*). Untuk benda yang berputar tegak lurus pada permukaan atau berspin, terdapat pula gaya gesek *spin* (*spin friction*).

### 2.2.1 Gaya Gesek Statis

Gaya gesek statis adalah gesekan antara dua benda padat yang tidak bergerak relatif atau sama lainnya. Seperti contoh, gesekan statis dapat mencegah benda meluncur kebawah pada bidang miring. Koefisien gesek statis umumnya dinotasikan dengan  $\mu_s$ , dan pada umumnya lebih besar dari koefisien gesek kinetis. Gaya gesek statis dihasilkan dari sebuah gaya yang diaplikasikan tepat sebelum benda tersebut bergerak. Gaya gesekan maksimum antara dua permukaan sebelum gerakan terjadi adalah hasil dari koefisien gesek statis dikalikan dengan gaya normal  $f = \mu_s \cdot F_n$ . Ketika tidak ada gerakan yang terjadi gaya gesek dapat memiliki nilai dari nol hingga gaya gesek maksimum. Setiap gaya yang lebih kecil dari gaya gesek maksimum yang berusaha untuk menggerakkan salah satu benda akan dilawan oleh gaya gesekan yang setara dengan besar gaya tersebut namun berlawanan arah. Setiap gaya gesek yang lebih besar dari gaya gesek maksimum akan menyebabkan gerakan terjadi. Setelah gerakan terjadi, gaya gesekan statis tidak lagi dapat digunakan untuk menggambarkan kinetika benda, sehingga digunakan gaya gesek kinetis.

### 2.2.2 Gaya Gesek Kinetis

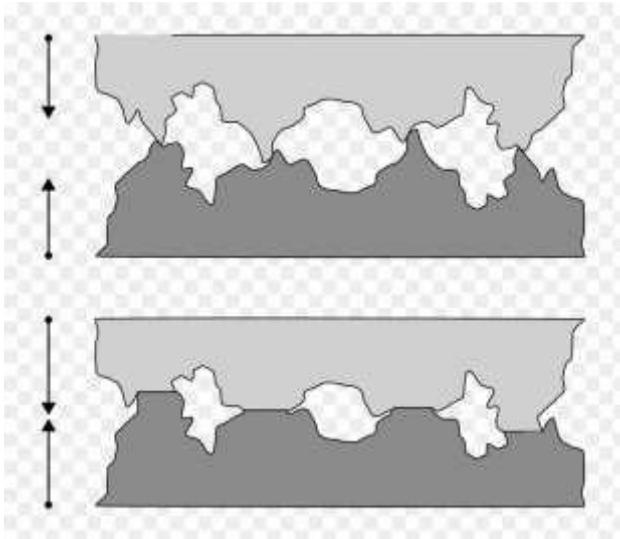
Gaya gesek kinetis (*dinamis*) terjadi ketika dua benda bergerak relatif satu sama lainnya dan saling bergesekan. Koefisien gesek kinetis umumnya dinotasikan dengan  $\mu_k$  dan pada umumnya selalu lebih kecil dari gaya gesek statis untuk material yang sama. Lantai yang licin membuat kita sulit berjalan di atasnya

karena gaya gesekan yang terjadi antara kaki kita dengan lantai sangat kecil. Permasalahan ini berhubungan dengan gaya gesekan. Gaya gesek atau gaya gesekan merupakan gaya yang ditimbulkan oleh dua permukaan yang saling bersentuhan. Untuk menggerakkan balok kayu diatas lantai dibutuhkan gaya yang dapat mengatasi gaya gesekan statis. Setelah bergerak, gaya itu mempertahankan gerak benda dan digunakan untuk mengatasi gaya gesekan kinetis. Sehingga hanya diperlukan gaya yang lebih kecil dari pada gaya yang digunakan untuk mulai menggerakkannya. Setelah bergerak, gaya gesek statis berkurang sedikit demi sedikit dan berubah menjadi gaya gesekan kinetis, sehingga gaya gesekan kinetis selalu lebih besar dari pada gaya gesekan statis maksimum.

### 2.3 Mekanika Kontak

Secara sederhana mekanika kontak (*contact mechanics*) mempelajari tentang kontak yang terjadi antar benda, yang merupakan bagian dari ilmu tribologi. Mekanika kontak mempelajari tentang tegangan dan deformasi yang ditimbulkan saat dua permukaan solid saling bersentuhan satu sama lain pada satu titik atau lebih, dimana gerakan kedua benda atau lebih dibatasi oleh suatu constraint. Kontak yang terjadi antara dua benda dapat berupa titik, garis ataupun permukaan. Jika kontak yang terjadi diteruskan dan dikenai suatu beban kontak, maka kontak yang awalnya berupa titik dapat berubah menjadi bentuk ataupun permukaan yang lain tergantung besar tegangan yang terjadi saat terjadinya kontak (Yanto, 2010). Hampir setiap permukaan dapat dipastikan menerima beban kontak, dimana tegangan paling besar terdapat pada area titik atau permukaan tertentu. Jenis konfigurasi pembebanan pada batas elastis dinamakan *Hertzian Contact*. Kita mengetahui bahwa ketika dua permukaan yang terkena kontak terdapat tekanan yang terbentuk pada suatu titik maupun garis. Kita dapat melihat titik atau garis kontak pada permukaan lengkung saat kontak keduanya mempunyai gerakan memutar. Saat dua permukaan benda, diletakkan dan diberi beban bersamaan dan

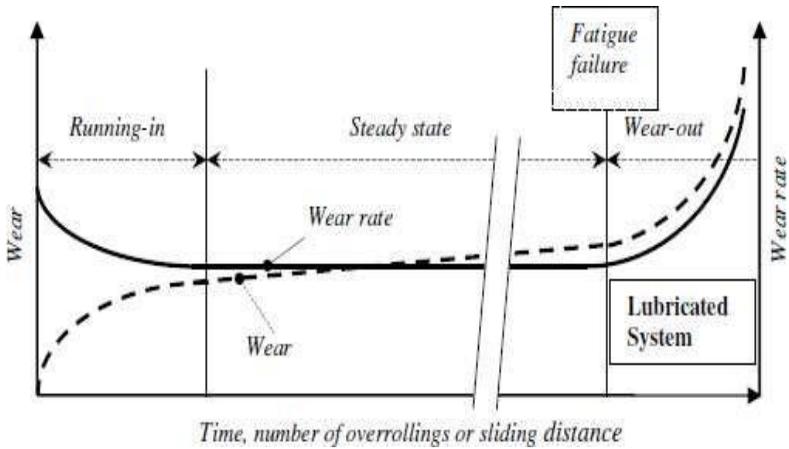
diamati dengan skala mikron maka akan terbentuk deformasi pada kedua permukaan tersebut. Dengan pengamatan skala mikron setiap benda memiliki kekasaran permukaan, sehingga kontak aktual terjadi pada *asperities* dari kedua dan sifat materialnya, *asperities* akan mengalami deformasi elastis, elastis plastis, atau *fully* plastis.



**Gambar 2.2** Kontak *Asperities* Antara Dua Buah Permukaan Benda Padat

#### 2.4 Keausan (*Wear*)

Keausan (*wear*) adalah hilangnya materi dari permukaan benda padat sebagai akibat dari adanya gerakan mekanik. Keausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya materi akibat interaksi mekanik dua permukaan yang bergerak *sliding* dan dibebani. Ini merupakan fenomena normal yang terjadi jika dua benda permukaannya saling bergesekan, maka akan ada keausan atau perpindahan materi yang terjadi antara dua benda yang bergesekan (Blau, 1997).



**Gambar 2.3** Kurva Laju Keausan terhadap Waktu dan *Sliding Distance*

Koefisien keausan dapat dihitung dengan rumus (Archard,1953)

$$Kd = \frac{V}{Fn \cdot S} \quad (2.1)$$

Dimana:

Kd = Koefisien Keausan

V = Volume aus (mm<sup>3</sup>)

Fn = Beban Normal (N)

S = Jarak Lintasan Gesek (mm)

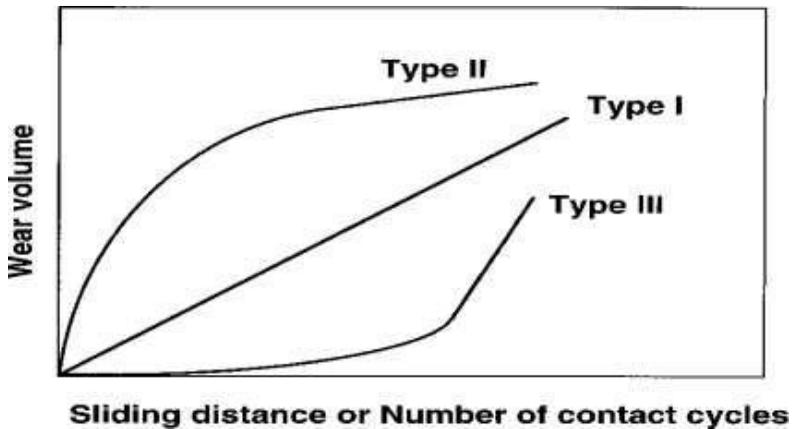
Volume keausan dapat dihitung dengan rumus (Lancaster,1997)

$$V = \frac{m1 - m2}{\rho} \quad (2.2)$$

Dimana:  $m_1$  = massa awal (gram)  
 $m_2$  = massa setelah pengujian (gram)  
 $\rho$  = massa jenis material (gram/mm<sup>3</sup>)

Keausan yang terjadi pada suatu material disebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang berbeda dan terbentuk oleh beberapa parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi dan geometri permukaan benda yang terjadi keausan. Suatu komponen struktur dan mesin agar berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya sangat bergantung pada sifat-sifat yang dimiliki material. Material yang tersedia dan dapat digunakan oleh para engineer sangat beraneka ragam, seperti logam, polimer, keramik, gelas dan komposit. Sifat yang dimiliki oleh material terkadang membatasi kinerjanya, namun jarang sekali kinerja suatu material hanya ditentukan oleh satu sifat, tetapi lebih kepada kombinasi dari beberapa sifat. Salah satu contohnya adalah ketahanan aus (*wear resistance*) merupakan fungsi dari beberapa sifat material (kekerasan dan kekuatan), friksi serta pelumasan. Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan oleh mekanisme yang beragam. Keausan sendiri mempunyai dua sifat yaitu keausan normal dan keausan tidak normal. Hal-hal yang mempengaruhi keausan yaitu pembebanan, kecepatan, jumlah minyak pelumas, jenis minyak pelumas, temperature, kekerasan permukaan, kehalusan permukaan, adanya benda-benda asing dan adanya senyawa-senyawa kimia.

Keausan bukan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap system luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan oleh mekanisme beragam. Akibat negative yang timbul adalah ketahanan (*durability*) dan kehandalan (*reliability*) dan mesin berkurang saat mengalami keausan. Dengan mengetahui volume keausan, kekasaran permukaan, dan bentuk partikel memberikan informasi penting tentang keausan. Tiga macam keausan bisa dilihat pada gambar 2.4.



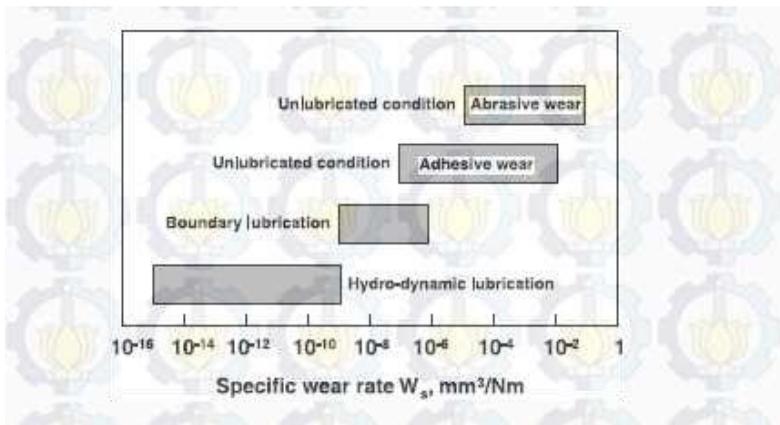
**Gambar 2.4** Tiga Macam Kurva Keausan pada Kontak secara Periodik

Tipe I menunjukkan nilai keausan yang konstan pada keseluruhan proses, tipe II menunjukkan suatu peralihan dari yang awalnya laju keausan tinggi menjadi konstan pada *rate* rendah, tipe ini sering terjadi pada material logam, tipe III menunjukkan peralihan dari laju keausan yang awalnya rendah menjadi sangat tinggi seperti kasus kelelahan patah (*fatigue failure*) yang biasanya terjadi pada material keramik.

Pada umumnya, keausan dievaluasi dengan jumlah kehilangan dan keadaan permukaan yang aus. Derajat keausan dinyatakan dengan *wear rate*, *specific wear rate*, atau *wear coefficient*. *Wear rate* didefinisikan sebagai volume keausan persatuan jarak. *Specific wear rate* didefinisikan sebagai volume keausan persatuan jarak dan persatuan beban. *Wear coefficient* adalah hasil dari *specific wear rate* dengan kekerasan (*hardness*) dari material yang aus. Keausan (*wear*) adalah hilangnya materi dari permukaan benda padat sebagai akibat dari gerakan mekanik. Keausan umumnya sebagai kehilangan materi yang timbul sebagai akibat interaksi mekanik dua permukaan yang bergerak *sliding* dan dibebani. Ini merupakan fenomena normal yang terjadi jika dua

permukaan saling bergesekan, maka akan ada keausan atau perpindahan materi. Keausan dapat dipengaruhi oleh faktor pembebanan, pelumasan, panjang lintasan, dan sifat dari material tersebut.

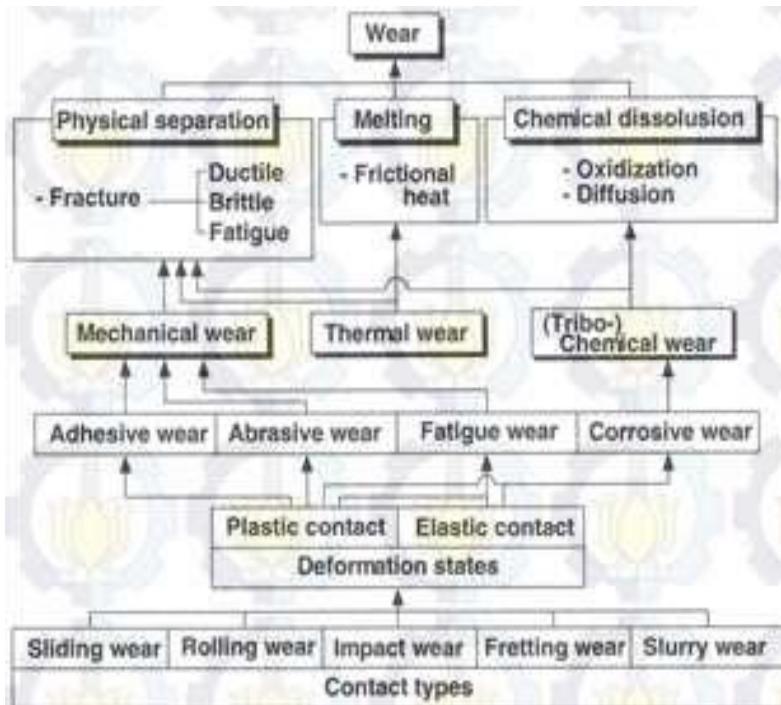
Pada gambar 2.5 ditunjukkan *Specific wear rate* berbagai material logam dengan berbagai kondisi pelumasan yang menunjukkan distribusi antara *range*  $10^{-15}$  hingga  $10^{-1}$   $\text{mm}^3/\text{Nm}$ .



**Gambar 2.5** *Specific Wear Rate* pada Material Logam dengan Berbagai Kondisi Pelumasan

## 2.5 Komponen Penggerak Kendaraan

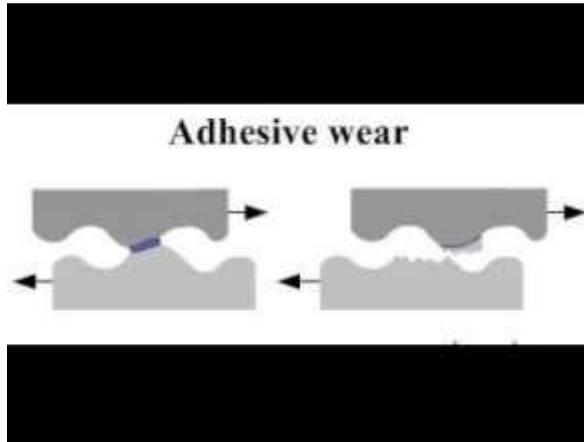
Sebagaimana telah dijelaskan, material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam, yaitu keausan *adhesive*, keausan *abrasive*, keausan lelah (*fatigue*), dan keausan oksidasi atau korosif.



**Gambar 2.6** Beragam Proses terjadinya Keausan akibat Efek Kontak Permukaan

Berikut ini adalah penjelasan dari gambar 2.6 mengenai empat macam tipe keausan yang dihasilkan oleh berbagai mekanisme.

### 2.5.1 Keausan Adhesif (*Adhesive Wear*)



**Gambar 2.7** Mekanisme Keausan Adhesif

Keausan adhesif adalah salah satu jenis keausan yang disebabkan oleh terikat atau melekat atau berpindah partikel dari suatu permukaan material yang lemah ke material yang lebih keras serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan / pengoyakan salah satu material. Proses bermula ketika benda dengan kekerasan yang lebih tinggi menyentuh permukaan yang lemah kemudian terjadi pengikatan. Pengikatan ini terjadi secara spontan dan dapat terjadi dalam suhu yang rendah atau moderat. *Adhesive wear* sering juga disebut *galling*, *scoring*, *scuffing*, atau *seizure*.



**Gambar 2.8** Pengamatan Mikroskopik *Adhesive Wear*

Berdasarkan (Archard,1953;Hirst,1957) persamaan volume aus keausan adhesif dapat dijabarkan sebagai berikut

$$V = Kad \cdot \frac{F.L}{H} \quad (2.3)$$

Dimana, V = Volume keausan adhesif  
 Kad = Koefisien gesekan adhesif  
 F = Beban  
 L = Panjang lintasan gesek  
 H = Kekerasan permukaan

Persamaan (2.3) tersebut biasa disebut sebagai persamaan Archard,dimana Kad disebut koefisien keausan untuk keausan adesif, secara fisik Kad adalah fraksi volume keausan pada daerah kontak plastis.Untuk material logam, koefisien gesekan Kad bervariasi diantara  $10^{-7}$  hingga  $10^{-2}$  tergantung kondisi operasional dan *properties* material (Archard,1953; Hirst, 1957).

### 2.5.2 Keausan Abrasif (*Abrasive Wear*)

Keausan jenis ini terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau *asperity* tersebut. Seperti diperlihatkan dalam gambar 2.9 dan mekanismenya pada gambar 2.10.



**Gambar 2.9** Pengamatan Mikroskopik Keausan Abrasif



**Gambar 2.10** Mekanisme Keausan Abrasif

Volume keausan abrasif dapat dijabarkan dalam persamaan sebagai berikut,

$$V = Kab \cdot \frac{F \cdot L}{H} \quad (2.4)$$

Dimana, V = Volume keausan abrasif  
 Kab = Koefisien gesekan abrasif  
 F = Beban  
 L = Panjang lintasan gesek  
 H = Kekerasan permukaan

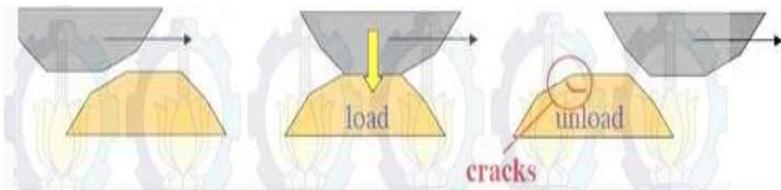
Koefisien gesek abrasif (Kab) untuk material logam bervariasi antara  $10^{-4}$  hingga  $10^{-1}$  (Rabinowicz, 1980) bergantung kepada kondisi kontak dan *properties* material.

### 2.5.3 Keausan Lelah (*Fatigue Wear*)

Keausan lelah/fatik pada permukaan pada hakikatnya bisa terjadi baik secara abrasif atau adhesif. Tetapi keausan jenis ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Hal ini akan berakibat pada meningkatnya tegangan gesek. Jadi volume material yang hilang oleh keausan lelah bukan lah parameter yang terlalu penting, tetapi yang lebih penting adalah umur material setelah mengalami revolusi putaran atau waktu sebelum keausan lelah muncul. Gambar 2.11 menunjukkan contoh keausan lelah yang terjadi pada *ball bearing* dan gambar 2.12 menunjukkan mekanismenya.



**Gambar 2.11** Pengamatan Mikroskopik Contoh Keausan Lelah

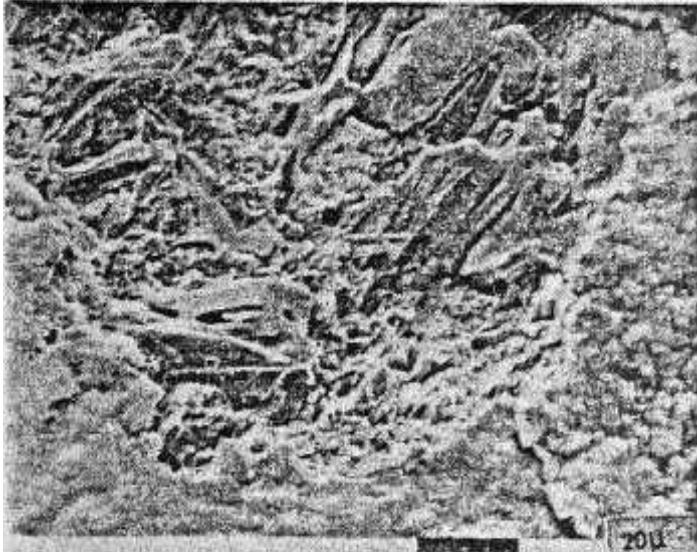


**Gambar 2.12** Mekanisme Keausan Lelah

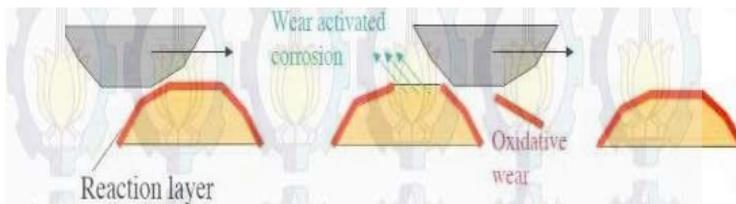
#### 2.5.4 Keausan Korosif (*Corrosive Wear*)

Keausan kimiawi merupakan kombinasi antara proses mekanis dan proses termal yang terjadi pada permukaan benda serta lingkungan sekitarnya. 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 dan material induk dan akhirnya seluruh permukaan material akan tercabut. Sebagai contoh, proses oksidasi yang sering terjadi pada sistem kontak luncur (*sliding contact*) antar logam.

Proses ini lama kelamaan akan menyebabkan perambatan retak dan juga terjadi abrasi. Peningkatan suhu dan perubahan sifat mekanis pada asperiti adalah akibat dari keausan kimiawi. Keausan jenis ini akan menyebabkan korosi pada logam. Gambar 2.13 menunjukkan contoh keausan korosif pada baja dan gambar 2.14 menunjukkan mekanismenya.



**Gambar 2.13** Pengamatan Mikroskopik Keausan Korosif



**Gambar 2.14** Mekanisme Keausan Korosif

## 2.6 Waktu dan Jarak Pengereman

Waktu pengereman merupakan suatu perhitungan yang dihasilkan dari sistem rem yang bekerja pada kendaraan. Waktu pengereman sangatlah penting efeknya terhadap jarak pengereman dan keamanan pengendara. Jika suatu rem memiliki daya cengkram yang baik, maka butuh waktu pengereman yang singkat dan jarak pengereman yang pendek hingga kendaraan tersebut berhenti dari lajunya. Tetapi jika suatu rem telah habis bagian kanvas remnya akan membuat daya cengkram pengereman berkurang dan menghasilkan waktu pengereman yang lebih lambat dan jarak pengereman yang jauh. Kinerja dari suatu alat pengereman didasarkan pada jarak berhenti dari uji pengereman. Jarak berhenti adalah jarak yang dicapai oleh kendaraan dari saat ketika pengemudi memulai menggerakkan pengendali sistem pengereman sampai saat ketika kendaraan berhenti.

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak benda dalam lintasan garis lurus dengan percepatan tetap. Jadi ciri utama GLBB adalah bahwa dari waktu ke waktu kecepatan benda berubah, semakin lama semakin cepat. Dengan kata lain gerak benda dipercepat. Namun demikian, GLBB juga dapat berarti bahwa dari waktu ke waktu kecepatan benda berubah, semakin lambat hingga akhirnya berhenti. Dalam hal ini benda mengalami perlambatan tetap.

Perhitungan waktu pengereman dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan GLBB sebagai berikut :

$$V_t = V_0 + a \cdot t$$

Persamaan kecepatan GLBB

$$V_t^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot s$$

Persamaan jarak GLBB

$$s = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Dimana yang diketahui adalah sebagai berikut :

- $V_0$  = kecepatan awal (m/s)
- $V_t$  = kecepatan akhir (m/s)
- $a$  = perlambatan ( $m/s^2$ )
- $t$  = selang waktu (s)
- $s$  = jarak yang ditempuh (m)

## 2.7 Cakram (*Disk Brake*)

Cakram adalah jenis rem yang menggunakan kaliper untuk menekan pasangan bantalan pada cakram atau rotor untuk menciptakan gesekan. Tindakan ini memperlambat rotasi poros, seperti gandar kendaraan, baik untuk mengurangi kecepatan rotasi atau untuk menahannya agar tidak bergerak. Energi gerak diubah menjadi energi panas yang harus didispersikan. Rem cakram yang digerakkan secara hidrolik adalah bentuk rem yang paling umum digunakan untuk kendaraan bermotor, tetapi prinsip-prinsip rem cakram berlaku untuk hampir semua poros berputar.

Rem cakram (atau rotor) adalah bagian berputar dari rakitan rem cakram roda, yang digunakan bantalan rem. Bahannya biasanya besi abu-abu, sejenis besi cor atau *stainless steel* (baja). Desain cakram agak bervariasi. Beberapa hanya *solid*, tetapi yang lain dilubangi dengan sirip atau baling-baling bergabung bersama dua permukaan kontak disk (biasanya termasuk sebagai bagian dari proses pengecoran). Berat dan kekuatan kendaraan menentukan kebutuhan untuk cakram berventilasi. Desain disk berventilasi membantu menghilangkan panas yang dihasilkan dan umumnya digunakan pada cakram depan yang lebih berat. Cakram untuk sepeda motor, sepeda, dan banyak mobil sering memiliki lubang atau celah menembus cakram. Ini dilakukan untuk pembuangan panas yang lebih baik, untuk membantu penyebaran air permukaan, mengurangi kebisingan, atau untuk mengurangi massa. Cakram berlubang memiliki saluran dangkal yang dimesinkan ke dalam

cakram untuk membantu menghilangkan debu dan gas. Slotting adalah metode yang lebih disukai di sebagian besar lingkungan balap untuk menghilangkan gas dan air dan untuk meredam bantalan rem. Beberapa disc dibor dan ditempatkan. Cakram berlubang umumnya tidak digunakan pada kendaraan standar karena mereka cepat aus pada bantalan rem; namun, pemindahan material ini bermanfaat bagi kendaraan balap karena menjaga bantalan tetap lembut dan menghindari vitrifikasi pada permukaannya.

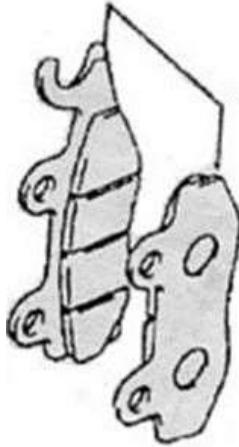
Salah satu kerusakan yang biasanya terjadi pada cakram adalah aus atau (*run out*). Run-out diukur dengan menggunakan indikator dial pada basis kaku yang tetap, dengan ujung tegak lurus terhadap permukaan cakram rem. Biasanya diukur sekitar  $1/2$  in (12,7 mm) dari diameter luar disk. *Disk* berputar. Perbedaan antara nilai minimum dan maksimum pada dial disebut *lateral runout*. Spesifikasi *run-out hub / disc* khas untuk kendaraan penumpang sekitar 0,002 in (0,0508 mm). Runout dapat disebabkan oleh deformasi disk itu sendiri atau oleh runout di permukaan hub roda yang mendasari atau oleh kontaminasi antara permukaan disk dan permukaan pemasangan hub yang mendasarinya. Menentukan akar penyebab perpindahan indikator (*runout lateral*) membutuhkan pembongkaran disk dari hub. *Run out* permukaan disk karena *runout* permukaan hub atau kontaminasi biasanya memiliki periode 1 minimum dan 1 maksimum per putaran *disc brake*.



**Gambar 2.15** Piringan Cakram

## **2.8 Kampas Rem**

Kampas rem berfungsi menekan piringan yang berputar bersama roda agar mendapatkan gaya gesek yang diperlukan untuk pengereman. Unsur utama dalam lapisan kampas rem adalah asbestos yang berfungsi menahan gesekan dengan baik dan dapat menahan temperatur  $\pm 400$  C (Suratman, 2002: 250). Pemberian alur dapat dianggap sebagai fin yang sekaligus dapat memberikan kontribusi berupa memungkinkannya aliran udara melewati permukaan kampas melalui alur tersebut. Dimana hal ini dapat menaikkan kemampuan membuang panas sehingga kenaikan temperatur panas akibat pengereman relatif lebih kecil. Pembuatan alur untuk mengeluarkan serbuk kampas akibat pengereman, sehingga tidak mengganggu proses pengereman.



**Gambar 2.16** Kampas Rem (*Brake Pad*)

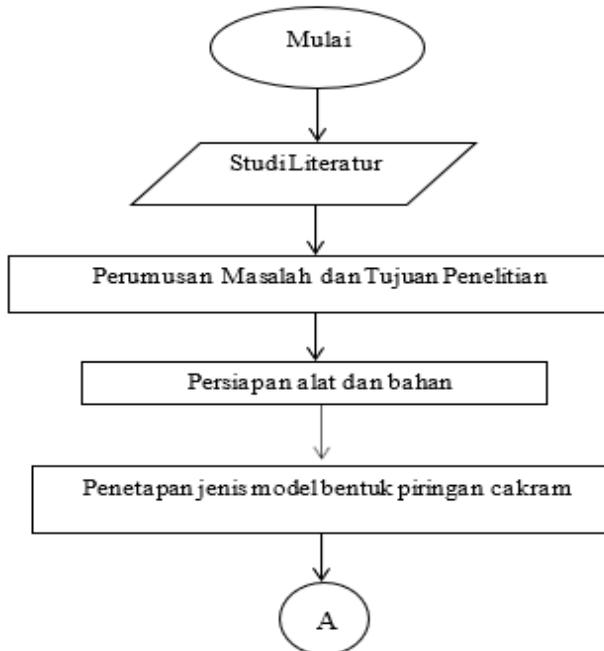
*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

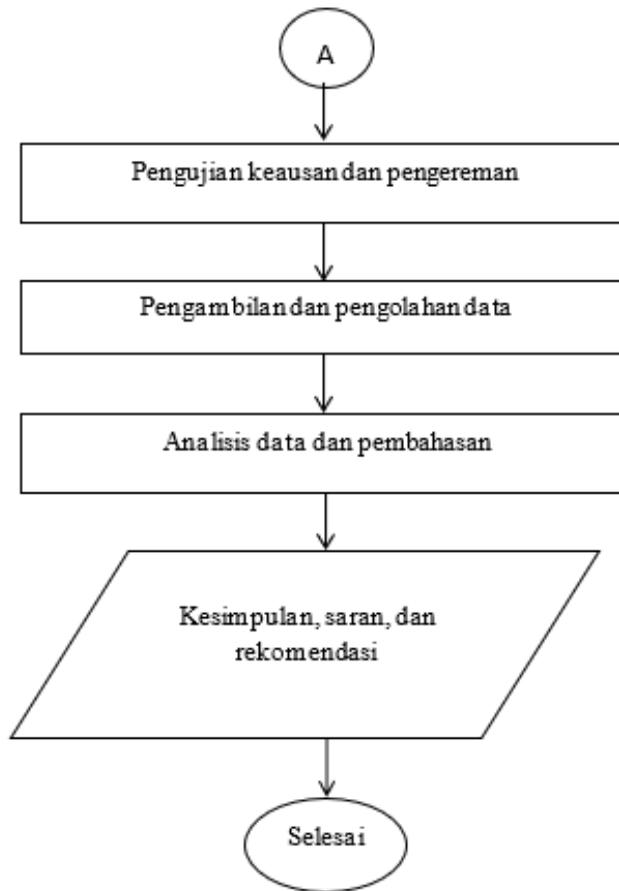
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan guna mengetahui pengaruh dari variasi model bentuk piringan cakram terhadap laju keausan dari kampas rem dan efek pengereman yang terjadi. Penelitian dilakukan secara eksperimental atau pengambilan data secara langsung dengan menggunakan alat uji sebuah sepeda motor. Dipilih alat uji ini karena tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui keausan pada kampas rem dan efek pengereman dapat dicapai dengan sebuah sepeda motor yang telah dipasangkan cakram, dijalan dengan kecepatan tertentu dan dilakukan pengereman. Metode pada penelitian ini akan dijabarkan dalam diagram alir sebagai berikut.

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian





**Gambar 3.1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir**

### **3.1.1 Studi Literatur**

Mencari referensi yang berkaitan dengan penelitian melalui buku dan jurnal ilmiah. Materi yang dipelajari adalah prinsip kerja keausan dan pengereman, dasar-dasar tribologi, khususnya yang berkaitan dengan keausan serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Tujuannya adalah

guna mendapatkan rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan.

### **3.1.2 Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian**

Setelah melakukan studi literatur, penelitian difokuskan ke masalah yang dirumuskan dan ditujukan yaitu mengetahui bagaimana laju keausan piringan cakram dan efek pengereman akibat pengaruh dari variasi model piringan cakram.

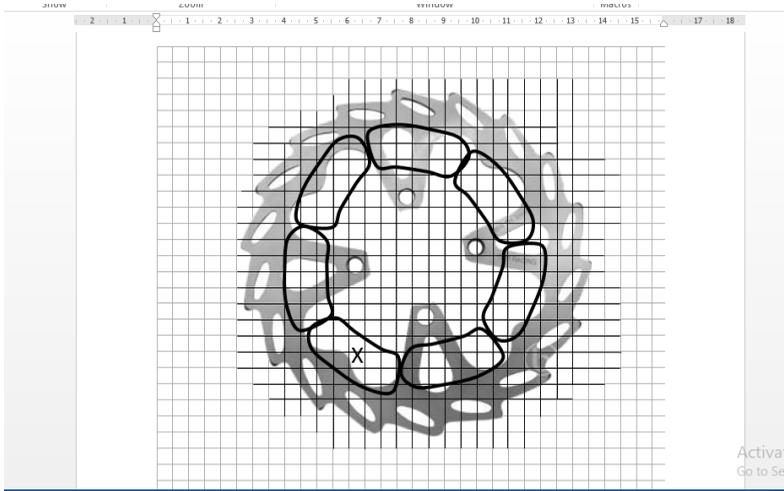
### **3.1.3 Persiapan Alat dan Bahan**

Mempersiapkan dan menyediakan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini demi kelancaran dan tercapainya tujuan penelitian.

### **3.1.4 Penetapan Jenis Model Piringan Cakram**

Menetapkan jenis pola model piringan cakram yang akan digunakan sebagai bahan penelitian dan dilihat pengaruhnya terhadap laju keausan kampas rem dan efek pengereman yang terjadi. Sebelumnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui luas permukaan lubang yang berada di bawah bidang kontak kampas rem dan cakram dengan cara melihat irisan gambar piringan cakram dan kampas rem yang dibantu oleh garis grid.

A. Model A (Skala 1:2)



**Gambar 3.2** Bidang kontak piringan cakram model A dan kampas rem

Luas lubang terbesar yang berada di bawah area kontak cakram dan kampas rem terletak pada posisi X dan dapat dihitung dengan persamaan,

Luas lubang = Jumlah grid x Luas grid

$$\begin{aligned} \text{Dimana: Luas grid} &= 0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \\ &= 0,25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, untuk model A dengan jumlah grid 14 luas lubang terbesar yang berada di bidang kontak antara piringan cakram dan kampas rem adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas lubang (A)} &= 14 \times 0,25 \text{ cm}^2 \\ &= 3,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

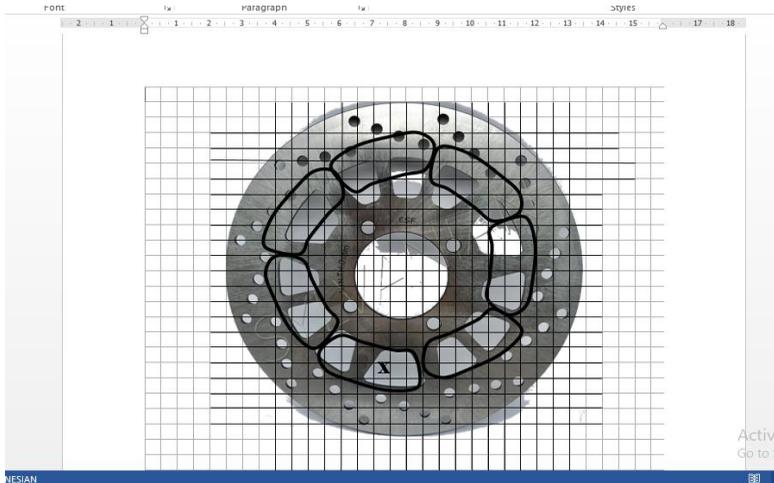
Sedangkan untuk luasan kontak efektif pada model A dapat dihitung dengan persamaan,

Luas kontak efektif = (Luas kampas rem – luas lubang)/luas kampas rem x 100%

$$\begin{aligned} &= (17 \times 0,25 - 3,5) / 17 \times 0,25 \times 100\% \\ &= (0,75) / 4,25 \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 17,64 \%$$

## B. Model B (Skala 1:2)



**Gambar 3.3** Bidang kontak piringan cakram model B dan kampas rem

Luas lubang terbesar yang berada di bawah area kontak piringan cakram dan kampas rem terletak pada posisi X dan dapat dihitung dengan persamaan,

$$\text{Luas lubang (A)} = \text{Jumlah grid} \times \text{Luas grid}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana: Luas grid} &= 0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \\ &= 0,25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

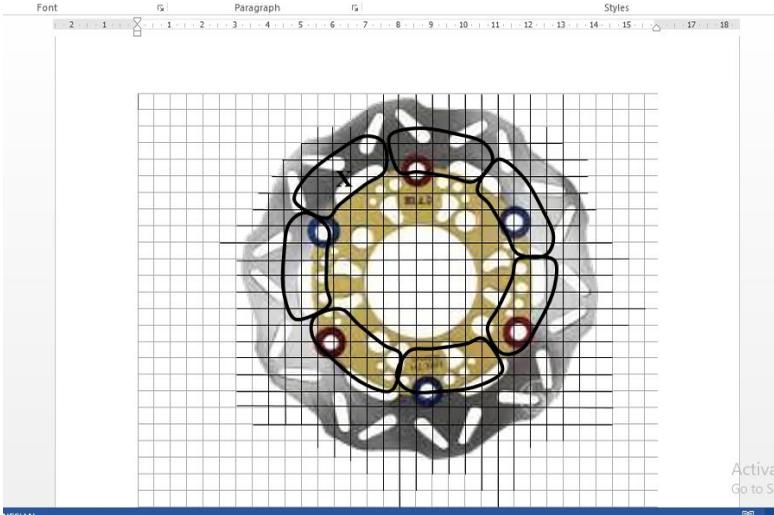
Jadi, untuk model B dengan jumlah grid 12 luas lubang yang berada di bidang kontak antara piringan cakram dan kampas rem adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas lubang (A)} &= 12 \times 0,25 \text{ cm}^2 \\ &= 3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk luasan kontak efektif dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned}
 \text{Luas kontak efektif} &= (\text{Luas kampas rem} - \text{luas lubang}) / \text{Luas kampas rem} \times 100\% \\
 &= (17 \times 0,25 - 3) / 17 \times 0,25 \times 100\% \\
 &= (1,25) / 4,25 \times 100\% \\
 &= 29,4\% \text{ \%}
 \end{aligned}$$

### C. Model C (Skala 1:2)



**Gambar 3.4** Bidang kontak piringan cakram model C dan kampas rem

Luas lubang terbesar yang berada di bawah area kontak piringan cakram dan kampas rem terletak pada posisi X dan dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned}
 \text{Luas lubang (A)} &= \text{Jumlah grid} \times \text{Luas grid} \\
 \text{Dimana: Luas grid} &= 0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \\
 &= 0,25 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi, untuk model C dengan jumlah grid 10 luas lubang yang berada di berbagai posisi bidang kontak antara piringan cakram dan kampas rem adalah

$$\begin{aligned}\text{Luas lubang (A)} &= 10 \times 0,25 \text{ cm}^2 \\ &= 2,5 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Sedangkan untuk luasan kontak efektif dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned}\text{Luas kontak efektif} &= (\text{Luas kampas rem} - \text{luas lubang}) / \text{luas kampas rem} \times 100\% \\ &= (17 \times 0,25 - 2,5) / 17 \times 0,25 \times 100\% \\ &= (1,75) / 4,25 \times 100\% \\ &= 41,17 \%\end{aligned}$$

### 3.1.5 Pengujian Keausan dan Pengereman

Pengujian atau eksperimen dilakukan dengan variasi bentuk model piringan cakram dan menggunakan sebuah sepeda motor. Cara kerja pengujian ini adalah layaknya seperti sebuah kendaraan bermotor, kecepatan kendaraan dalam pengujian ini peneliti menggunakan kecepatan 20 km/jam, 30 km/jam, dan 40 km/jam. Alat uji pengereman menggunakan perhitungan waktu manual menggunakan *stopwatch* untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sepeda motor untuk berhenti mulai dari injakan rem dengan tekanan yang telah ditetapkan. Sedangkan alat uji keausan kampas rem dilakukan dengan cara melakukan pengereman secara berulang lalu dilihat keausan dari kampas rem.

### 3.1.6 Analisis Data dan Pembahasan

Dari data yang telah didapatkan melalui pengujian dan diolah melalui beberapa perhitungan selanjutnya akan dilakukan pembuatan grafik dan analisis serta pembahasan dari grafik yang ada. Data-data pengujian akan dikaji menggunakan beberapa teori yang ada.

### **3.1.7 Kesimpulan, Saran dan Rekomendasi**

Penarikan kesimpulan berdasarkan analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan, serta saran dan rekomendasi berdasarkan kendala yang dialami selama melakukan penelitian agar penelitian serupa selanjutnya dapat berjalan dengan lebih baik.

## **3.2 Rancangan Eksperimen**

### **3.2.1 Variabel Bebas**

Merupakan variabel yang nilainya tidak tergantung pada variabel lain dan nilainya dapat ditentukan secara bebas sesuai dengan kebutuhan penelitian. Terdiri dari dua faktor yaitu :

- Faktor Terkontrol

Nilainya dapat ditentukan dan dikendalikan oleh penguji. Faktor terkontrol pada penelitian ini adalah besarnya gaya pengereman, kecepatan sepeda motor, lama waktu dan banyaknya pengujian.

- Faktor Tidak Terkontrol

Adanya gangguan diluar kendali penguji atau biasa disebut *noise* contohnya ketidakstabilan suhu tempat pengujian, debu, dan kotoran yang menempel pada alat uji maupun spesimen.

### **3.2.2 Variabel Terikat**

Disebut terikat karena keberadaannya dipengaruhi adanya variabel bebas, pada penelitian ini variabel terikat yang dimaksud adalah keausan kampas rem, jarak dan waktu pengereman.

Penelitian ini juga membutuhkan sebuah rancangan eksperimen yang dapat membantu proses pengolahan data, sebagaimana dituliskan pada tabel berikut.

**Tabel 3.1** Desain Eksperimen Pengujian Keausan

Kecepatan Sepeda Motor V(m/s)	Waktu Total Pengereman (s)	Mau (gr)	Ma (gr)	$\Delta M$ (gr)	A (mm <sup>2</sup> )	Laju Keausan (W) (gram/mm <sup>2</sup> . detik)

Keterangan :

- Mo = Massa kampas rem awal sebelum pengujian
- Ma = Massa kampas rem akhir setelah pengujian
- $\Delta M$  = Perubahan massa kampas rem
- W = Nilai laju keausan
- A = Luas kontak keausan

Perubahan massa kampas rem didapatkan dengan menimbang kampas rem sebelum dan sesudah pengujian. Selanjutnya, dihitung perubahan volume kampas rem dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho}$$

Laju keausan kampas rem W dapat dicari dengan rumus :

$$W = \frac{m_1 - m_2}{t \cdot A}$$

Dimana :

- $m_1$  = massa kampas rem awal (gr)
- $m_2$  = massa kampas rem akhir (gr)
- $t$  = waktu total pengereman (s)
- $A$  = luas penampang ( $\text{mm}^2$ )

Sedangkan untuk membantu proses pengolahan data efek pengereman yaitu jarak dan waktu pengereman, disiapkan contoh tabel sebagai berikut.

**Tabel 3.2** Desain Tabel Pengujian Pengereman Variasi Kecepatan

Kecepatan (km/jam)	Piringan Cakram	Waktu/Jarak Pengereman(detik)	Waktu/Jarak Rata-rata (detik)





**Gambar 3.5** Piringan cakram model A



**Gambar 3.6** Piringan cakram model B



**Gambar 3.7** Piringan cakram model C

b. Kampas rem



**Gambar 3.8** Kampus Rem

### **3.4 Tempat dan Waktu Penelitian**

#### **3.4.1. Tempat Penelitian**

Pelaksanaan pengujian dilakukan di jalanan dalam kawasan perumahan Bukit Sejahtera, Palembang, Sumatera Selatan. Pengujian pengereman dilaksanakan berdasarkan SNI 4404:2208 yaitu dalam kondisi berikut :



**Gambar 3.9** Tempat Pelaksanaan Pengujian

- a. Pada awal uji ban harus dalam keadaan dingin dan pada tekanan untuk beban roda aktual ketika kendaraan stasioner.
- b. Untuk pengujian rem harus dalam keadaan dingin, rem dianggap dingin ketika suhu yang diukur pada cakram dibawah 100 C.

- c. Pengemudi harus duduk di tempat duduk dengan posisi normal dan harus menjaga pada posisi yang sama sepanjang pengujian.
- d. Area uji harus datar, kering dan mempunyai permukaan adhesi yang bagus.
- e. Pengujian harus dilakukan ketika tidak ada angin yang bisa mempengaruhi hasil uji.

### 3.4.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian adalah mulai dari minggu ke-satu hingga minggu ke-dua bulan Juli. Pengujian untuk model piringan cakram C dilakukan pada hari Minggu, 5 Juli 2020 pukul 17.00 WIB dan suhu lokasi 29 °C. Untuk model piringan cakram B dilakukan pada hari Jumat, 10 Juli 2020 pukul 7.30 WIB dan suhu lokasi 27 °C. Untuk model piringan cakram A dilakukan pada hari minggu, 12 Juli 2020 pukul 17.00 WIB dan suhu lokasi 29 °C.

### 3.5 Spesifikasi Sepeda Motor

Adapun spesifikasi dari sepeda motor yang akan digunakan sebagai alat uji keausan dan pengereman adalah sebagai berikut:

- Tipe Mesin : 4 Langkah, 4 Valve SOHC, Berpendingin Cairan
- Jumlah / Posisi Silinder : Silinder Tunggal / Tegak
- Volume Silinder : 134,4 cc
- Diameter x Langkah : 54,0 x 58,7 mm
- Perbandingan Kompresi : 10,9 : 1
- Daya Maksimum : 9.21 kW / 8500 rpm
- Torsi Maksimum : 12.14 Nm / 6000 rpm
- Sistem Starter : *Electric Starter* dan *Kick Starter*
- Sistem Pelumasan : Basah
- Kapasitas Oli Mesin : Total : 1,15 Liter / Penggantian Berkala : 0,94 Liter
- Sistem Bahan Bakar : Karburator BS25-58 x 1

- Tipe Kopling : Basah, Kopling manual, Multiplat
- Tipe Transmisi : (Spoke : Rotary, CW : Seesaw), 4 Kecepatan
- Pola Pengoperasian Transmisi : 1-N-2-3-4-5
- P x L x T : 1.960 mm x 695 mm x 1.080 mm
- Jarak Sumbu Roda : 1.245 mm
- Jarak Terendah Ke Tanah : 140 mm
- Tinggi Tempat Duduk : 770 mm
- Berat Isi : 109 Kg
- Ban Depan : 70/90-17M/C 33P
- Ban Belakang : 100/70-17M/C 49P
- Rem Depan : Cakram
- Sistem Pengapian : DC-CDI
- *Battery* : YB5L-B (12V 5Ah ) / GM5Z-3B
- Tipe Busi : U24EPR-9 DENSO
- Rem Belakang : Cakram
- Sistem Pengapian : DC-CDI



**Gambar 3.10** Alat Uji Keausan dan Pengereman

### **3.6 Teknik Pengujian**

#### **3.6.1 Standar Pengujian Pengereman**

Standar pengereman pada pengujian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 4404:2008 yang menetapkan metode pengereman untuk kendaraan bermotor roda dua atau tiga. Alat uji yang akan digunakan adalah kendaraan kategori L3 yaitu sistem pengereman dimana paling sedikit terdapat dua rem pada roda yang berbeda, dapat digerakkan secara kombinasi yang dioperasikan oleh satu pengendali. Kondisi uji pada kendaraan berkategori L3 ini harus memenuhi beberapa kondisi seperti,

- a. Kinerja dari suatu peralatan pengereman didasarkan pada jarak berhenti dari uji pengereman dan/atau rata-rata perlambatan yang terjadi sepenuhnya (*mean fully developed deceleration*/MFDD). Kinerja tersebut akan ditentukan dengan pengukuran jarak berhenti dari kecepatan awal tertentu dan/atau pengukuran MFDD.
- b. Jarak berhenti adalah jarak yang dicapai oleh kendaraan dari saat ketika pengemudi memulai menggerakkan pengendali sistem pengereman sampai saat ketika kendaraan berhenti.
- c. Kecepatan kendaraan awal adalah kecepatan saat pengemudi menggerakkan pengendali sistem pengereman, kecepatan awal tidak boleh kurang dari 98 persen dari kecepatan yang ditentukan untuk uji pengereman.
- d. Kecepatan awal uji untuk pengelasan rem depan adalah 70% dari kecepatan maksimum kendaraan atau 100 km/jam, diambil yang lebih rendah.
- e. Pengujian dilaksanakan pada kecepatan yang sudah ditentukan.
- f. Dalam pengujian tidak boleh terjadi roda mengunci (*locked*), kendaraan menyimpang dari jalur dan tidak boleh ada getaran yang tidak normal.
- g. Selama pengujian, gaya yang dikendalikan pada kendali rem untuk mendapatkan kinerja yang dimaksud tidak boleh melebihi gaya maksimum yang diperbolehkan untuk kendaraan uji. Untuk keperluan pengujian kendaraan kategori

L3, hasil uji berupa jarak pemberhentian, MFDD, waktu pengereman, gaya kendali yang digunakan, harus dicatat.

Syarat kinerja pengereman dengan menggunakan rem depan saja dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 3.3** Pengereman dengan Rem Depan saja

<b>Kategori</b>	<b>Jarak berhenti (S) (m)</b>	<b>MFDD (m/s<sup>2</sup>)</b>
L1	$S < 0,1 \times V +$	3,4
L2	$V^2/90$	2,7**/
L3	$S < 0,1 \times V +$	4,4**/
	$V^2/70$	
	$S < 0,1 \times V +$	
	$V^2/115$	
L4	$S < 0,1 \times V +$	3,6
	$V^2/95$	
<p><b>CATATAN</b> **/ Jika ambang batas pengujian dengan satu rem tidak dapat dicapai karena keterbatasan adhesi, maka pengujian dilakukan dengan menggunakan kedua rem dengan kondisi kendaraan terbebani, dengan ambang batas: L2: 4,4 m/s<sup>2</sup> dan L3: 5,8 m/s<sup>2</sup>.</p>		

### 3.6.2 Pengujian Cakram

Pada pengujian cakram ini dilakukan dengan cara memasang benda uji (piringan cakram) dan kampas rem. Setelah keduanya terpasang maka jalankan kendaraan sepeda motor, atur kecepatan sepeda motor dengan kecepatan yang telah ditentukan yaitu 20 km/jam, 30 km/jam, dan 40 km/jam. Setelah kendaraan sepeda motor mencapai kecepatan yang diinginkan maka rem depan ditekan dengan tekanan pengereman yang diasumsikan maksimum dengan pengoperasian *stopwatch* sampai sistem

kendaraan sepeda motor berhenti, mencatat berapa waktu yang ditunjukkan pada saat kendaraan sepeda motor berhenti dan mencatat berapa jarak berhenti pada kendaraan dari mulai melakukan awal pengereman hingga kendaraan berhenti. Untuk melihat keausan kampas rem, dilakukan penimbangan massa awal kampas rem lalu pengereman dilakukan sampai dengan 30 kali pada satu jenis model cakram, setelah itu menimbang massa akhir kampas rem setelah dilakukan pengereman sebanyak 30 kali tersebut. Pengujian dilakukan pengulangan dengan tiga jenis model piringan cakram yang berbeda.

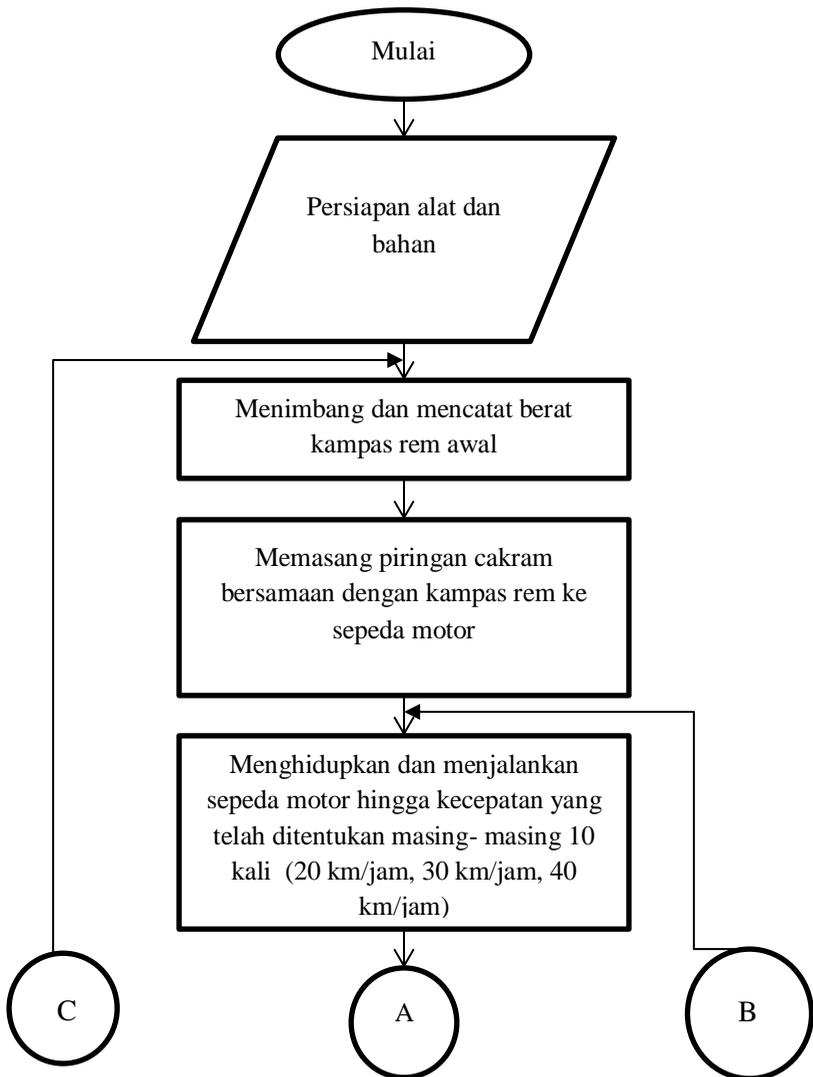
### 3.7 Penentuan Data Awal

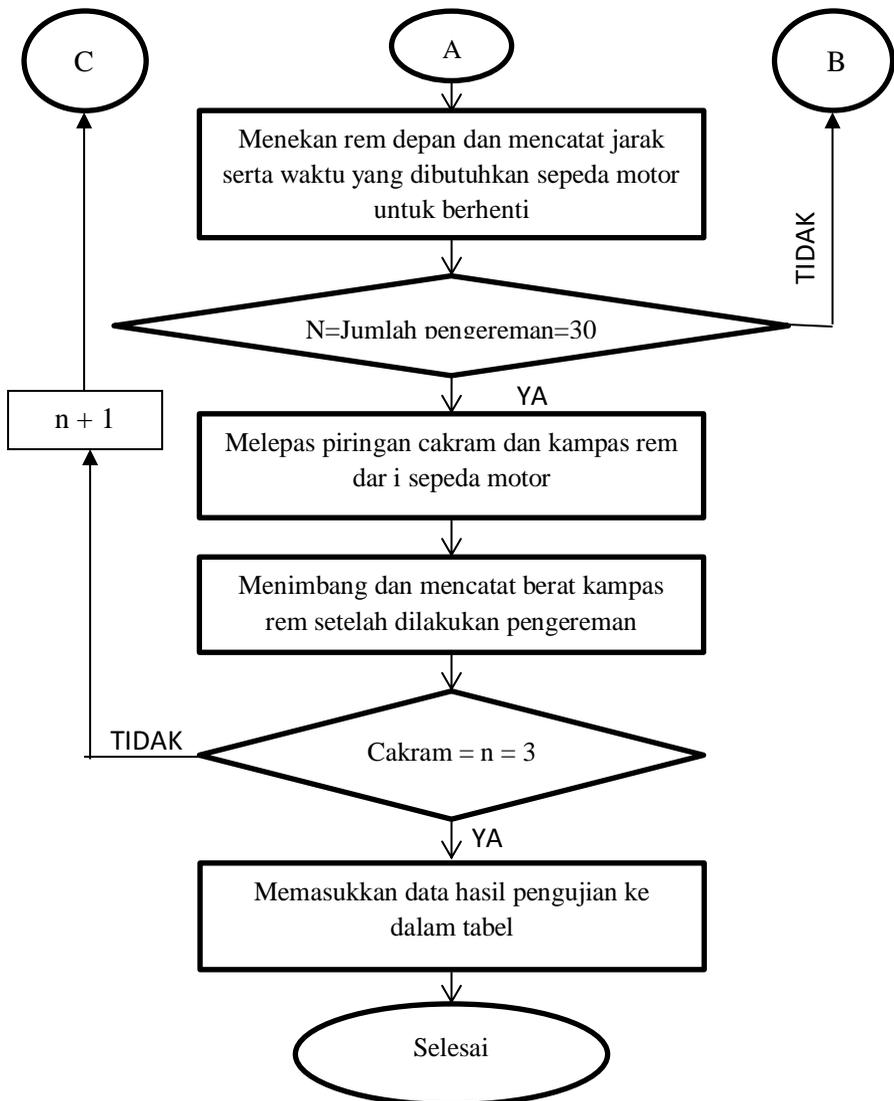
Data awal dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3.4** Dimensi Komponen

<b>Komponen</b>	<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Kampas Rem (Non asbestos)	Lebar	35	mm
	Panjang	65	mm
	Tebal	5	mm
Piringan Cakram (Baja)	Diameter	22	mm
	Tebal	3	mm

### 3.8 Diagram Alir Pengujian





**Gambar 3.11** Diagram Alir Pengujian

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**BAB IV**  
**ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Data Hasil Penelitian**

**4.1.1. Hasil Pengujian Jarak Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 20 km/jam**

Pada pengujian ini menggunakan tiga variasi model piringan cakram dengan kecepatan laju sepeda motor 20 km/jam dan didapatkan hasil jarak pengeremannya yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.1** Hasil Uji Jarak Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam

Kecepatan (km/jam)	Piringan	Jarak (meter)	Jarak rata-rata (meter)
20	Model A	12,35	12,344
		12,40	
		12,32	
		12,29	
		12,28	
		12,37	
		12,35	
		12,39	
		12,33	
		12,36	
	Model C	8,03	8,07
		8,07	
		8,1	
		8,09	
		8,06	
		8,03	

		8,08	11,146
		8,09	
		8,07	
		8,08	
	Model B	11,15	
		11,12	
		11,09	
		11,17	
		11,20	
		11,14	
		11,13	
		11,09	
		11,18	
		11,19	

#### 4.1.2. Hasil Pengujian Jarak Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 30 km/jam

Pada pengujian ini menggunakan tiga variasi model piringan cakram dengan kecepatan laju sepeda motor 30 km/jam dan didapatkan hasil jarak pengeremannya yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.2** Hasil Uji Jarak Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam

Kecepatan (km/jam)	Piringan	Jarak (meter)	Jarak rata-rata (meter)
30	Model A	16,02	16,01
		16,05	
		15,99	
		15,97	
		16,02	
		16,03	
		16,04	
		15,97	
		15,99	
		16,02	
	Model C	12,53	12,498
		12,47	
		12,48	
		12,50	
		12,51	
		12,53	
		12,52	
		12,51	
		12,48	
		12,47	
	Model B	13,9	13,93
		13,94	
		13,93	
		13,96	
		13,92	

		13,91	
		13,9	
		13,93	
		13,95	
		13,95	

#### 4.1.3. Hasil Pengujian Jarak Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 40 km/jam

Pada pengujian ini menggunakan tiga variasi model piringan cakram dengan kecepatan laju sepeda motor 40 km/jam dan didapatkan hasil jarak pengeremannya yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.3** Hasil Uji Jarak Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam

Kecepatan (km/jam)	Piringan	Jarak (meter)	Jarak rata-rata (meter)
	Model A	21,07	20,82
		21,04	
		21	
		21,01	
		19,98	
		21,05	
		21,06	
		19,99	
		21,02	
		19,98	
		17,07	

40	Model C	17,02	17,06
		17,06	
		17,09	
		17,07	
		17,07	
		17,02	
		17,09	
		17,06	
		17,06	
	Model B	18,76	18,706
		18,68	
		18,72	
		18,70	
		18,67	
		18,75	
		18,69	
		18,73	
		18,69	
		18,75	

#### 4.1.4. Hasil Pengujian Waktu Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 20 km/jam

Pada pengujian ini menggunakan tiga variasi model piringan cakram dengan kecepatan laju sepeda motor 20 km/jam dan didapatkan hasil waktu pengeremannya yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.4** Hasil Uji Waktu Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam

Kecepatan (km/jam)	Piringan	Waktu (sekon)	Waktu rata-rata (Sekon)
20	Model A	2,54	2,53
		2,55	
		2,52	
		2,49	
		2,55	
		2,51	
		2,5	
		2,51	
		2,48	
		2,53	
	Model C	2,15	2,15
		2,18	
		2,10	
		2,19	
		2,13	
		2,16	
		2,17	
		2,18	
		2,14	
		2,15	
	Model B	2,27	2,284
		2,29	
		2,23	
		2,32	

		2,31	
		2,28	
		2,29	
		2,27	
		2,3	
		2,31	

#### 4.1.5. Hasil Pengujian Waktu Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 30 km/jam

Pada pengujian ini menggunakan tiga variasi model piringan cakram dengan kecepatan laju sepeda motor 30 km/jam dan didapatkan hasil waktu pengeremannya yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.5** Hasil Uji Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam

Kecepatan (km/jam)	Piringan	Waktu (sekon)	Waktu rata-rata (Sekon)
	Model A	3,05	3,04
		3,08	
		3,04	
		3,01	
		3,02	
		3,03	
		3,01	
		3,05	
		3,02	
		3,01	

30	Model C	2,34	2,366
		2,37	
		2,38	
		2,39	
		2,35	
		2,32	
		2,33	
		3,36	
		2,37	
		2,35	
	Model B	2,43	2,446
		2,45	
		2,41	
		2,46	
		2,48	
		2,45	
		2,44	
		2,47	
		2,49	
		2,42	

#### 4.1.6. Hasil Pengujian Waktu Pengereman Variasi Model Piringan Cakram pada Kecepatan 30 km/jam

Pada pengujian ini menggunakan tiga variasi model piringan cakram dengan kecepatan laju sepeda motor 30 km/jam

dan didapatkan hasil waktu pengeremannya yang dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.6** Hasil Uji Waktu Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam

Kecepatan (km/jam)	Piringan	Waktu (sekon)	Waktu rata-rata (Sekon)
40	Model A	3,60	3,564
		3,55	
		3,58	
		3,57	
		3,52	
		3,54	
		3,55	
		3,54	
		3,56	
		3,58	
	Model C	2,8	2,83
		2,83	
		2,84	
		2,86	
		2,82	
		2,81	
		2,82	
		2,85	
		2,86	
		2,83	
	2,96	2,996	
	2,98		

	Model B	3,0	
		3,1	
		2,94	
		2,98	
		2,98	
		2,95	
		2,99	
		2,98	

#### 4.1.7. Data Pengujian Laju Keausan Kampas Rem dengan Variasi Model Piringan Cakram

Pada pengujian laju keausan ini digunakan tiga kampas rem cakram yang bermerek sama yaitu Yamaha Genuine Parts & Accessories Brake Pad Kit yang berbahan non-asbestos dan dipasangkan pada tiga variasi model piringan cakram yang berbeda. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 4.7** Laju Keausan Kampas Rem pada Tiga Variasi Model Piringan Cakram

No	Piringan Cakram	Waktu Total Pengereman (s)	Massa Kampas Rem (g)		Luas Kontak Kampas Rem (A) (mm <sup>2</sup> )	Laju keausan W (g/mm <sup>2</sup> .s)
			Awal	Akhir		
1	Model A	91,09	154,01	152,85	1900	$6,7 \times 10^{-6}$
2	Model C	73,43	154,01	151,57	1900	$17,48 \times 10^{-6}$
3	Model B	77,22	154,01	152,72	1900	$8,79 \times 10^{-6}$

#### 4.2 Contoh Perhitungan Laju Keausan Kampas Rem

Diambil salah satu contoh perhitungan laju keausan kampas rem yaitu pada variasi piringan cakram model A menggunakan data yang didapatkan setelah pengereman dilakukan sebanyak 30 kali dan data awal penelitian adalah sebagai berikut.

- Model A (Kecepatan 20 km/jam,30 km/jam,40 km/jam)  
Data yang dimiliki :
  - Waktu total pengereman (t) = 91,09 s
  - Massa awal kampas rem (m1) = 154,01 gram
  - Massa akhir kampas rem (m2) = 152,85 gram
  - Luas kontak keausan (A) = 1900 mm<sup>2</sup>
 Dicari : Laju keausan (W)

Perhitungan laju keausan dapat dinyatakan dengan perbandingan antara pengurangan massa spesimen tiap satuan luas kontak keausan dan lama terjadinya pengausan (Viktor Malau & Andhika Widyaparaga,2008). Maka dari itu berdasarkan persamaan,laju keausannya adalah

$$W = \frac{m1 - m2}{A \cdot t}$$

$$W = \frac{154,01 - 152,85}{1900 \cdot 91,09}$$

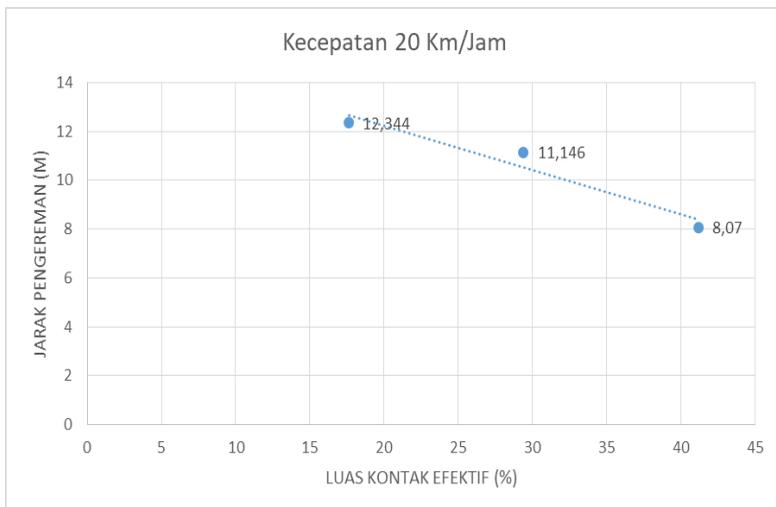
$$W = \frac{1,16}{173071}$$

$$W = 6,7 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{s}$$

### 4.3 Analisis Data

Analisis data-data yang dihasilkan dari pengujian dapat dijelaskan oleh grafik-grafik variasi model piringan cakram yang ditinjau dari luasan kontak efektifnya terhadap jarak pengereman, waktu pengereman, dan laju keausan kampas rem. Luasan kontak efektif yang dimaksud pada penelitian ini adalah besar selisih luas kampas rem dengan luas lubang yang ada pada area kontak terhadap luas kampas rem itu sendiri atau dengan kata lain luas yang digunakan kampas rem untuk melakukan kontak dengan piringan cakram. Luas kontak efektif yang diambil dan digunakan sebagai parameter piringan cakram adalah luas kontak efektif terbesar yang ada pada masing-masing model piringan cakram.

#### 4.3.1 Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam



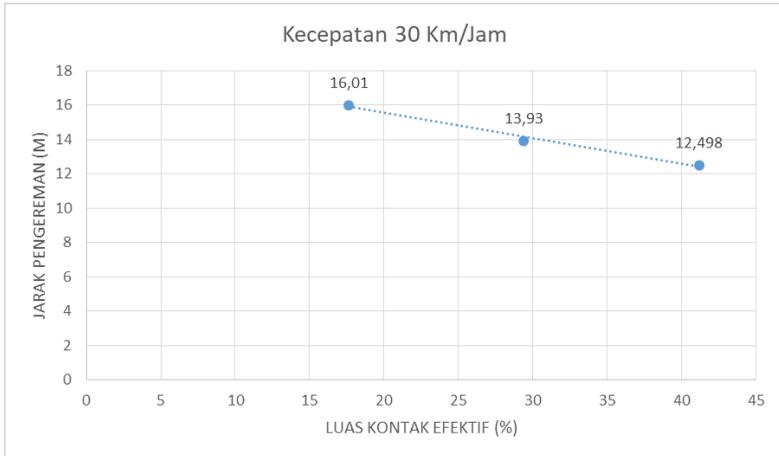
**Gambar 4.1** Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam

Pada gambar 4.1 diatas menunjukkan pengaruh variasi bentuk model piringan cakram terhadap jarak pengereman pada kecepatan 20 km/jam dengan tekanan pengereman maksimum, didapatkan hasil jarak pengereman besarnya mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya luas kontak efektif atau luas permukaan yang ada pada piringan cakram. Jarak pengereman terbaik adalah pada model piringan cakram C dengan luas kontak efektif terbesar sebesar 41,17% sehingga memiliki daya cengkram yang lebih besar karena bidang kontak antara kampas rem dengan permukaan cakram lebih luas dan gaya gesek yang dihasilkan menjadi lebih besar, membuat cakram membutuhkan jarak yang lebih pendek untuk berhenti berputar dan sepeda motor untuk berhenti. Kemudian disusul oleh model B dengan luas kontak efektif 29,4% , dan model A dengan luas kontak efektif 17,64%.

Dari hasil pengujian dengan tiga variasi lubang diatas, hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu *trendline* jarak pengereman semakin turun seiring dengan bertambahnya luas kontak efektif. Piringan cakram dengan bentuk model A pada kecepatan 20 km/jam memiliki jarak pengereman sebesar 12,344 meter, lalu mengalami penurunan nilai untuk bentuk model B dengan jarak pengereman sebesar 11,146 meter, dan turun kembali pada bentuk model C yang memiliki jarak pengereman sebesar 8,07 meter.

Standar pengereman menurut SNI 4404:2008 untuk kategori L3 pada sistem pengereman dengan rem depan saja menunjukkan pada kecepatan 20 km/jam maksimal jarak berhenti yang di tempuh adalah kurang dari 5,478 meter, maka semua variasi model piringan cakram tidak memenuhi standar pengereman karena jarak pengereman yang terjadi lebih dari 5,478 meter.

### 4.3.2 Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam



**Gambar 4.2** Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam

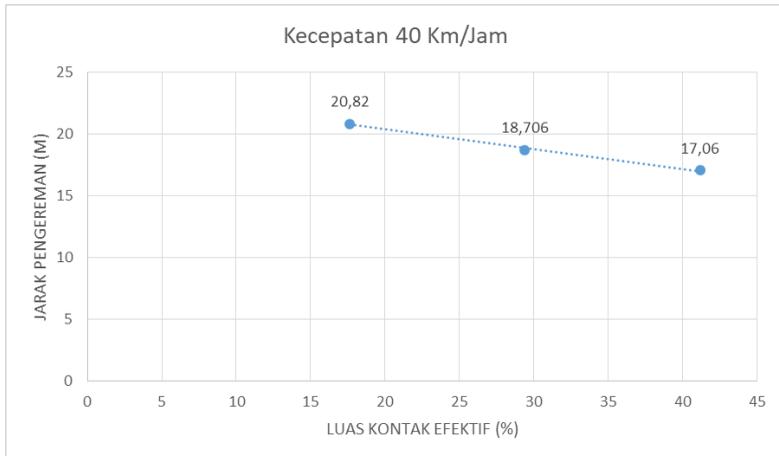
Pada gambar 4.2 diatas menunjukkan pengaruh variasi bentuk model piringan cakram terhadap jarak pengereman pada kecepatan 30 km/jam dengan tekanan pengereman maksimum, didapatkan hasil jarak pengereman besarnya mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya luas kontak efektif atau luas permukaan yang ada pada piringan cakram. Jarak pengereman terbaik adalah pada model piringan cakram C dengan luas kontak efektif terbesar sebesar 41,17% sehingga memiliki daya cengkram yang lebih besar karena bidang kontak antara kampas rem dengan permukaan cakram lebih luas dan gaya gesek yang dihasilkan menjadi lebih besar, membuat cakram membutuhkan jarak yang lebih pendek untuk berhenti berputar dan sepeda motor untuk berhenti. Kemudian disusul oleh model B

dengan luas kontak efektif 29,4% ,dan model A dengan luas kontak efektif 17,64%.

Dari hasil pengujian dengan tiga variasi lubang diatas,hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu *trendline* jarak pengereman semakin besar seiring dengan bertambahnya volume udara pendinginan.Piringan cakram dengan bentuk model A pada kecepatan 30 km/jam memiliki jarak pengereman sebesar 16,01 meter,lalu mengalami penurunan nilai untuk bentuk model B dengan jarak pengereman sebesar 13,93 meter,dan turun kembali pada bentuk model C yang memiliki jarak pengereman sebesar 12,498 meter.

Standar pengereman menurut SNI 4404:2008 untuk kategori L3 pada sistem pengereman dengan rem depan saja menunjukkan pada kecepatan 30 km/jam maksimal jarak berhenti yang di tempuh adalah kurang dari 10,826 meter, maka semua variasi model piringan cakram tidak memenuhi standar pengereman karena jarak pengereman yang terjadi lebih dari 10,826 meter.

#### **4.3.3 Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam**



**Gambar 4.3** Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Jarak Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam

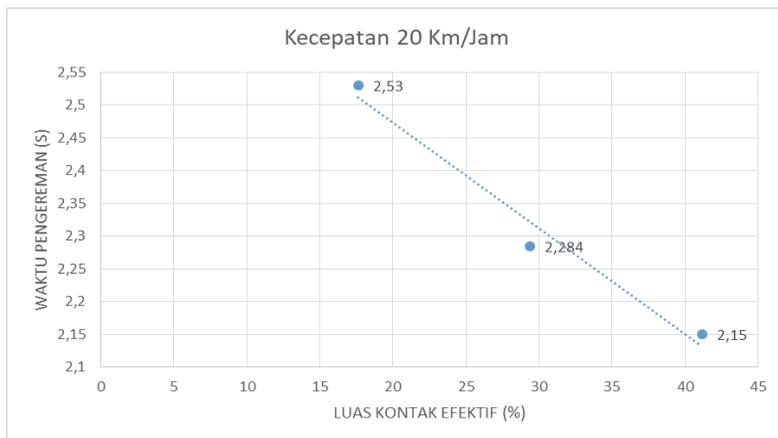
Pada gambar 4.3 diatas menunjukkan pengaruh variasi bentuk model piringan cakram terhadap jarak pengereman pada kecepatan 40 km/jam dengan tekanan pengereman maksimum, didapatkan hasil jarak pengereman besarnya mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya luas kontak efektif atau luas permukaan yang ada pada piringan cakram. Jarak pengereman terbaik adalah pada model piringan cakram C dengan luas kontak efektif terbesar sebesar 41,17% sehingga memiliki daya cengkram yang lebih besar karena bidang kontak antara kampas rem dengan permukaan cakram lebih luas dan gaya gesek yang dihasilkan menjadi lebih besar, membuat cakram membutuhkan jarak yang lebih pendek untuk berhenti berputar dan sepeda motor untuk berhenti. Kemudian disusul oleh model B dengan luas kontak efektif 29,4% , dan model A dengan luas kontak efektif 17,64%.

Dari hasil pengujian dengan tiga variasi lubang diatas, hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu *trendline* jarak pengereman semakin besar seiring dengan bertambahnya

volume udara pendinginan. Piringan cakram dengan bentuk model A pada kecepatan 40 km/jam memiliki jarak pengereman sebesar 20,82 meter, lalu mengalami penurunan nilai untuk bentuk model B dengan jarak pengereman sebesar 18,706 meter, dan turun kembali pada bentuk model C yang memiliki jarak pengereman sebesar 17,06 meter.

Standar pengereman menurut SNI 4404:2008 untuk kategori L3 pada sistem pengereman dengan rem depan saja menunjukkan pada kecepatan 40 km/jam maksimal jarak berhenti yang di tempuh adalah kurang dari 17,91 meter, maka variasi model piringan cakram A dan C tidak memenuhi standar pengereman karena jarak pengereman yang terjadi lebih dari 17,91 meter. Model piringan cakram B memenuhi standar pengereman karena jarak pengereman yang terjadi adalah kurang dari 17,91 meter yaitu 17,06 meter.

#### 4.3.4 Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam



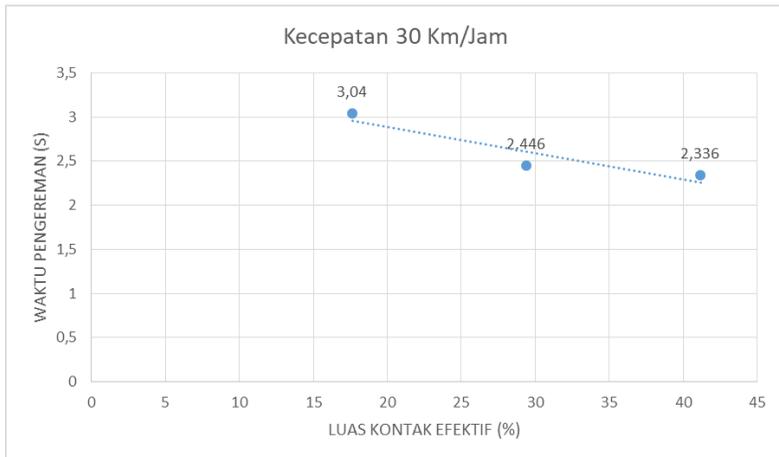
**Gambar 4.4** Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 20 km/jam

Pada gambar 4.4 diatas menunjukkan pengaruh variasi bentuk model piringan cakram terhadap waktu pengereman pada kecepatan 20 km/jam dengan tekanan pengereman maksimum, didapatkan hasil waktu pengereman besarnya mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya luas kontak efektif atau luas permukaan yang ada pada piringan cakram. Waktu pengereman terbaik adalah pada model piringan cakram C dengan luas kontak efektif terbesar sebesar 41,17% sehingga memiliki daya cengkram yang lebih besar karena bidang kontak antara kampas rem dengan permukaan cakram lebih luas dan gaya gesek yang dihasilkan menjadi lebih besar, membuat cakram membutuhkan jarak yang lebih pendek untuk berhenti berputar dan sepeda motor untuk berhenti. Kemudian disusul oleh model B dengan luas kontak efektif 29,4% , dan model A dengan luas kontak efektif 17,64%.

Dari hasil pengujian dengan tiga variasi lubang diatas, hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu *trendline* waktu pengereman semakin besar seiring dengan bertambahnya volume udara pendinginan. Piringan cakram dengan bentuk model A pada kecepatan 20 km/jam memiliki waktu pengereman sebesar 2,53 sekon, lalu mengalami penurunan nilai untuk bentuk model B dengan waktu pengereman sebesar 2,284 sekon, dan turun kembali pada bentuk model C yang memiliki waktu pengereman sebesar 2,15 sekon.

Standar pengereman menurut SNI 4404:2008 untuk kategori L3 pada sistem pengereman dengan rem depan saja menunjukkan pada kecepatan 20 km/jam maksimal waktu berhenti yang di tempuh adalah kurang dari 1,263 sekon, maka semua variasi model piringan cakram tidak memenuhi standar pengereman karena waktu pengereman yang terjadi adalah lebih dari 1,263 sekon.

### 4.3.5 Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam



**Gambar 4.5** Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam

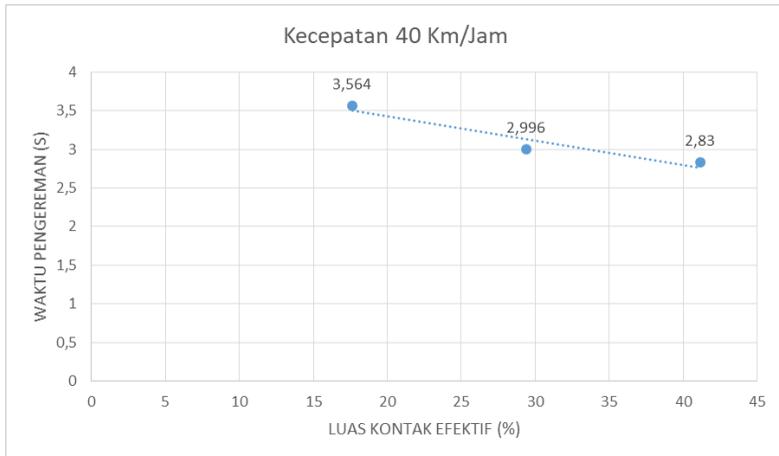
Pada gambar 4.5 diatas menunjukkan pengaruh variasi bentuk model piringan cakram terhadap waktu pengereman pada kecepatan 30 km/jam dengan tekanan pengereman maksimum, didapatkan hasil waktu pengereman besarnya mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya luas kontak efektif atau luas permukaan yang ada pada piringan cakram. Waktu pengereman terbaik adalah pada model piringan cakram C dengan luas kontak efektif terbesar sebesar 41,17% sehingga memiliki daya cengkram yang lebih besar karena bidang kontak antara kampas rem dengan permukaan cakram lebih luas dan gaya gesek yang dihasilkan menjadi lebih besar, membuat cakram membutuhkan jarak yang lebih pendek untuk berhenti berputar dan sepeda motor untuk berhenti. Kemudian disusul oleh model B

dengan luas kontak efektif 29,4%, dan model A dengan luas kontak efektif 17,64%.

Dari hasil pengujian dengan tiga variasi lubang diatas, hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu *trendline* waktu pengereman semakin besar seiring dengan bertambahnya volume udara pendinginan. Piringan cakram dengan bentuk model A pada kecepatan 30 km/jam memiliki waktu pengereman sebesar 3,04 sekon, lalu mengalami penurunan nilai untuk bentuk model B dengan waktu pengereman sebesar 2,446 sekon, dan turun kembali pada bentuk model C yang memiliki waktu pengereman sebesar 2,336 sekon.

Standar pengereman menurut SNI 4404:2008 untuk kategori L3 pada sistem pengereman dengan rem depan saja menunjukkan pada kecepatan 30 km/jam maksimal waktu berhenti yang di tempuh adalah kurang dari 1,893 sekon, maka semua variasi model piringan cakram tidak memenuhi standar pengereman karena waktu pengereman yang terjadi adalah lebih dari 1,893 sekon.

#### **4.3.6 Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 30 km/jam**



**Gambar 4.6** Hasil Pengujian Pengereman Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Waktu Pengereman pada Kecepatan 40 km/jam

Pada gambar 4.6 diatas menunjukkan pengaruh variasi bentuk model piringan cakram terhadap waktu pengereman pada kecepatan 40 km/jam dengan tekanan pengereman maksimum, didapatkan hasil waktu pengereman besarnya mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya luas kontak efektif atau luas permukaan yang ada pada piringan cakram. Waktu pengereman terbaik adalah pada model piringan cakram C dengan luas kontak efektif terbesar sebesar 41,17% sehingga memiliki daya cengkram yang lebih besar karena bidang kontak antara kampas rem dengan permukaan cakram lebih luas dan gaya gesek yang dihasilkan menjadi lebih besar, membuat cakram membutuhkan jarak yang lebih pendek untuk berhenti berputar dan sepeda motor untuk berhenti. Kemudian disusul oleh model B dengan luas kontak efektif 29,4%, dan model A dengan luas kontak efektif 17,64%.

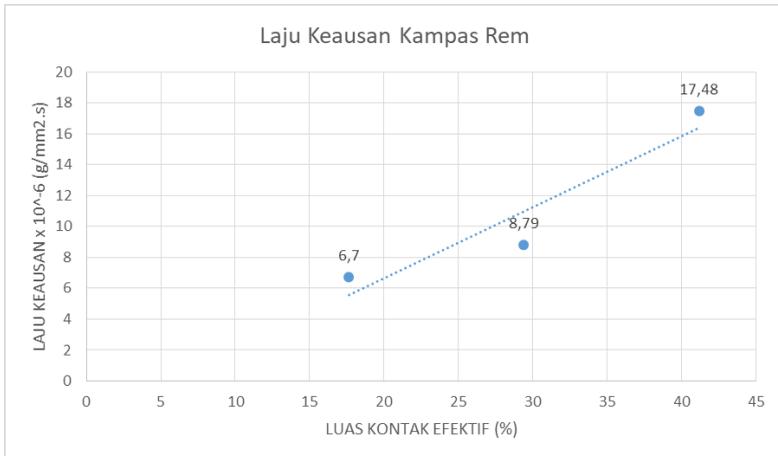
Dari hasil pengujian dengan tiga variasi lubang diatas, hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu *trendline* waktu pengereman semakin besar seiring dengan bertambahnya

volume udara pendinginan. Piringan cakram dengan bentuk model A pada kecepatan 40 km/jam memiliki waktu pengereman sebesar 3,564 sekon, lalu mengalami penurunan nilai untuk bentuk model B dengan waktu pengereman sebesar 2,996 sekon, dan turun kembali pada bentuk model C yang memiliki waktu pengereman sebesar 2,83 sekon.

Standar pengereman menurut SNI 4404:2008 untuk kategori L3 pada sistem pengereman dengan rem depan saja menunjukkan pada kecepatan 40 km/jam maksimal waktu berhenti yang di tempuh adalah kurang dari 2,525 sekon, maka semua variasi model piringan cakram tidak memenuhi standar pengereman karena waktu pengereman yang terjadi adalah lebih dari 2,525 sekon.

#### **4.3.7 Analisis Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Laju Keausan Kampas Rem**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data yang menunjukkan pengaruh variasi model piringan cakram yang memiliki parameter luas kontak efektif terhadap nilai laju keausan dari masing-masing kampas rem dengan jenis dan merek yang sama. Data-data hasil penelitian tersebut dikumpulkan, diolah hingga dimasukkan ke dalam tabel, sesuai dengan variasi perlakuan yang telah ditentukan. Data mentah yang dimiliki adalah massa awal kampas rem dan luas kontak keausan atau luas permukaan kampas rem. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan waktu total pengereman. Data tersebut kemudian diolah ke dalam tabel dan diubah menjadi grafik dibawah ini.



**Gambar 4.7** Hasil Pengujian Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Laju Keausan Kampas Rem

Pada gambar 4.7 di atas, terlihat pengaruh variasi model piringan cakram yang dibedakan oleh parameter luas kontak efektif. Didapatkan hasil laju keausan nilainya mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya luas kontak efektif atau luas permukaan yang ada pada piringan cakram. Perbedaan yang cukup signifikan terjadi dimana keausan terbesar terjadi pada kampas rem yang dipasang pada model piringan cakram C dengan gaya pengereman maksimum dan beban pengendara diabaikan yang menghasilkan laju keausan sebesar  $17,48 \times 10^{-6}$  g/mm<sup>2</sup>.s dan waktu total pengereman sebesar 73,43 detik. Hal ini disebabkan karena model piringan cakram C memiliki luas kontak efektif atau luas permukaan cakram terbesar dibanding kedua cakram lainnya sehingga gaya gesek atau gesekan yang terjadi antara kampas rem dengan cakram menjadi lebih besar, menghasilkan kampas rem yang lebih cepat tergerus atau aus dan bertambahnya laju keausan. Namun, waktu total pengereman yang dihasilkan lebih sedikit dibanding model piringan cakram A dan C karena daya cengkram yang lebih besar.

Keausan terkecil terjadi di kampas rem yang dipasang pada model piringan cakram A dengan gaya pengereman maksimum, menghasilkan laju keausan sebesar  $6,7 \times 10^{-6}$  g/mm<sup>2</sup>.s dan waktu total pengereman sebesar 91,09 sekon. Hal ini disebabkan karena model piringan cakram A memiliki luas kontak efektif dan luas permukaan yang terkecil, sehingga gaya gesek atau gesekan antara kampas rem dan piringan cakram menjadi lebih kecil, menghasilkan kampas rem yang awet karena tidak cepat tergerus atau aus dan menurunnya nilai laju keausan. Laju keausan yang kecil ini juga disebabkan oleh lubang yang banyak pada piringan cakram model A, lubang-lubang ini melepas panas yang terjadi akibat gaya gesek antara kampas rem dan piringan cakram. Panas yang dihasilkan oleh gaya gesek ini mempengaruhi laju keausan, panas yang semakin tinggi akan menyebabkan tingginya laju keausan dan sebaliknya.

Dari hasil pengujian tiga variasi model piringan cakram di atas, hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu *trendline* laju keausan menurun seiring dengan bertambahnya volume udara pendinginan atau volume lubang. Kampas rem yang dipasang pada model piringan cakram A memiliki nilai laju keausan terendah, yaitu sebesar  $6,7 \times 10^{-6}$  g/mm<sup>2</sup>.s. Selanjutnya laju keausan mengalami peningkatan di kampas rem yang dipasang model piringan cakram B, memiliki nilai sebesar  $8,79 \times 10^{-6}$  g/mm<sup>2</sup>.s. Pada kampas rem yang dipasang pada model piringan cakram C, besarnya laju keausan mengalami peningkatan kembali dengan nilai tertinggi sebesar  $17,48 \times 10^{-6}$  g/mm<sup>2</sup>.s.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Model piringan cakram C menghasilkan jarak pengereman terbaik dibanding dua model piringan cakram lainnya, pada kecepatan 20 km/jam sebesar 8,07 meter, kecepatan 30 km/jam sebesar 12,498 meter, kecepatan 40 km/jam sebesar 17,06 meter. Hal ini disebabkan karena model C memiliki luas kontak efektif dan luas permukaan yang terbesar sehingga menyebabkan gesekan dan gaya gesek antara kampas rem dan cakram lebih besar, membuat piringan cakram membutuhkan jarak yang lebih sedikit untuk berhenti dan lebih cepat berhenti berputar.
2. Model piringan cakram C menghasilkan waktu pengereman terbaik atau tersingkat dibanding dua model piringan cakram lainnya, pada kecepatan 20 km/jam sebesar 2,15 detik, pada kecepatan 30 km/jam sebesar 2,366 detik, pada kecepatan 40 km/jam sebesar 2,83 detik. Hal ini disebabkan karena model C memiliki luas kontak efektif dan luas permukaan terbesar sehingga menyebabkan gesekan dan gaya gesek antara kampas rem dan cakram lebih besar, membuat piringan cakram membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk berhenti.
3. Kampas rem yang dipasang pada model piringan cakram A memiliki laju keausan terkecil yaitu dengan nilai sebesar  $6,7 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{s}$ . Hal ini disebabkan karena model piringan cakram A memiliki volume lubang tertinggi dan luas permukaan yang kecil sehingga gaya gesek antara kampas rem dan cakram lebih kecil dan panas yang terjadi

akibat gesekan lebih banyak terbuang akibat lubang-lubang yang ada pada piringan cakram. Menghasilkan kampas rem yang lebih tahan aus dan umur yang lebih panjang.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penulis menyarankan beberapa hal,

1. Untuk penelitian lebih lanjut, gunakan kedua rem yang tekanan atau gaya pengeremannya bervariasi pada rem depan maupun belakang sehingga dapat mengetahui performa piringan cakram pada rem depan dan juga belakang.
2. Penelitian pada kali ini dilakukan secara eksperimental menggunakan sepeda motor yang masih butuh banyak perbaikan dan rentan kesalahan baik dari operator atau alat uji itu sendiri, sehingga masih dapat dikembangkan lebih baik lagi seperti menggunakan alat uji tribometer *pin on disc* atau *reciprocating pin on plate*.
3. Untuk masyarakat pengguna kendaraan bermotor, hendaknya berusaha mempelajari dan mencari informasi mengenai pengembangan *parts* atau bagian kendaraannya sendiri seperti cakram dan kampas rem agar dapat mengerti kelebihan dan kekurangannya sehingga bisa mempertimbangkan pemilihan dan penggunaannya sebelum membeli.

## DAFTAR PUSTAKA

Alhakim,M.W. 2018. **Pengaruh Lubang Pada Piringan Cakram Terhadap Distribusi Temperatur Kampas Rem Cakram**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Miswar,Dandy. 2018. **Analisis Bentuk Model Piringan Cakram Terhadap Jarak dan Waktu Pengereman**. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

Nuruzzaman, D.M. January 2013."Friction Coefficient and Wear Rate of Different Materials Sliding Against Stainless Steel". **Surface Engineering and Interdisciplinary Material Science** 1,1:33-45.

Soebiyakto,Gatot. 2012. **Pengaruh Jenis Kanvas Rem Dan Pembebanan Pedal Terhadap Putaran Output Roda Dan Laju Keausan Kampas Rem Pada Sepeda Motor**. Bandung: Universitas Widyagama.

Wikipedia,"*Rem Cakram*".[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Disc\\_brake](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Disc_brake).(4 Juni 2020)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



**Muhammad Farhan Tribakti** dilahirkan di Palembang, 6 Juli 1998 dari kedua orang tua yang bernama Subli Ibrahim dan Yusrani Azis. Penulis menghabiskan masa kanak-kanak dan tumbuh besar bersama seorang kakak perempuan yang bernama Masita Arliani Pratami, kakak laki-laki yang bernama Ahmad Obrain Ghifari, dan adik perempuan yang bernama Hazira Daisya Alsya. Pendidikan formal yang ditempuh penulis dimulai dari SD Islam Az-Zahrah Palembang

tahun 2004-2010. Kemudian dilanjutkan ke SMP Negeri 1 Palembang pada tahun 2010-2013 dan SMA LTI Indo Global Mandiri Palembang pada tahun 2013-2016. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi negeri di Kota Surabaya yaitu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan mengambil program studi Strata-1 (S1) Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem.

Penulis sangat aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik selama berkuliah di ITS Surabaya. Penulis pernah menjadi asisten Laboratorium Rekayasa Termal dan asisten praktikum Perpindahan Panas. Di bidang non akademik, penulis aktif di organisasi Lembaga Dakwah Departemen Teknik Mesin ITS Ash-Shaff sebagai staff Hubungan Luar pada 2017-2018 dan dilanjutkan menjadi Sekretaris Jenderal pada 2018-2019. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti tim futsal Departemen Teknik Mesin FTI-RS ITS, dan berlomba dalam ajang ITS Futsal Championship pada tahun 2018. Penulis juga pernah menjadi panitia utama pada event nasional yang diadakan Kemenristek-

dikti yaitu Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2017 di Kenjeran Park, Surabaya dengan menjadi Racing Committee Fuel Marshall.

Penulis telah menyelesaikan program pendidikan S1 Teknik Mesin FTI-RS ITS pada tahun 2020. Untuk semua informasi dan masukan terkait tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email [farhantribakti14@gmail.com](mailto:farhantribakti14@gmail.com).