

## **Analisa Hubungan Keausan Dengan Tegangan Dan Regangan Brake Pad Sepeda Akibat Gaya Gesek**

### ***Analysis Correlation Of Wear Rate To Stress And Strain On The Bicycle Brake Pad Caused Frictional Force***

**Dewa Gede Oka Sastrawan<sup>1</sup>, I Made Gatot Karohika <sup>2</sup>, I Made Widiyarta<sup>3</sup>**

<sup>123</sup> Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia

e-mail: sastrawan.2281911001@student.unud.ac.id, gatot.karohika@unud.ac.id, m.widiyarta@unud.ac.id

---

#### **Abstrak**

Keausan pada kampas rem (*brake pad*) sangat penting untuk dianalisis karena berkaitan dengan keselamatan pengendara dan pengguna jalan lainnya. Keausan pada kampas rem mengurangi kontak yang terjadi pada piringan cakram (*disc brake*) yang dapat mengakibatkan kegagalan pengereman. Penelitian ini membahas tegangan dan regangan geser maximum terhadap keausan yang terjadi pada *brake pad* sepeda yang diakibatkan oleh gaya gesek. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dan simulasi dengan menggunakan *software* ANSYS. Penelitian yang dilakukan secara eksperimen bertujuan untuk mendapatkan hasil berupa keausan massa, dikarenakan fenomena regangan dan tegangan geser tidak dapat divisualisasikan secara eksperimen, maka perlu dilakukan proses simulasi dengan menggunakan *software* ANSYS. Penelitian ini menggunakan variasi yang sama pada dua jenis penelitian yang dilakukan berupa gaya normal yang diterapkan terhadap *brake pad* sebesar 19,61, 22,55, 25,51, 27,45 dan 29,41 Newton dan variasi *rotational velocity* sebesar 500, 1000 dan 1500 Rpm. Hubungan dari tegangan dan regangan geser dengan keausan didapatkan dengan menggunakan *polynomial trendline*. Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan semakin naiknya nilai tegangan dan regangan geser mengakibatkan bertambahnya nilai keausan yang terjadi pada kampas rem.

**Kata kunci:** kampas rem; gaya gesek; tegangan geser; regangan geser; keausan

#### ***Abstract***

*Wear on brake pads is very important to analyze because it is related to the safety of drivers and other road users. Wear on the brake pads reduces the contact that occurs on the disc brake which can result in braking failure. This study discusses the maximum shear stress and strain on the wear that occurs on bicycle brake pads caused by frictional force. This research was carried out by experiment and simulation using ANSYS software. The research conducted by experiment aims to obtain results in the form of mass wear, because the phenomenon of strain and shear stress cannot be visualized experimentally, so it is necessary to carry out a simulation process using ANSYS software. This study uses the same variation in two types of research conducted in the form of normal force applied to brake pads of 19.61,*

22.55, 25.51, 27.45 and 29.41 Newton and rotational velocity variations of 500, 1000 and 1500 Rpm. Correlation of shear stress and shear strain with wear is obtained using polynomial trendlines. The conclusion from the results of the research that has been carried out is that the increasing value of shear stress and shear strain results in an increase in the value of wear that occurs on the brake pads.

**Keywords :** brake pads; friction force; shear stress; shear strain; wear.

## 1. PENDAHULUAN

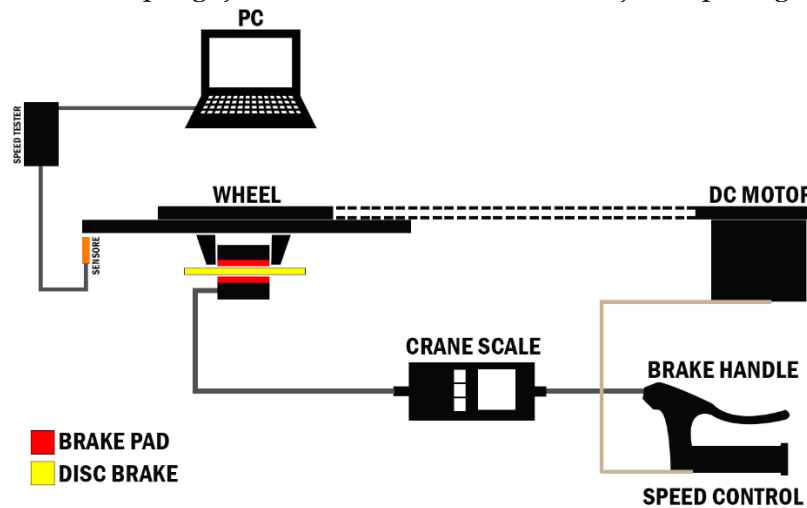
Kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh beberapa kombinasi faktor yang terdiri dari faktor manusia, kendaraan, jalan dan lingkungan. Setiap tahun tercatat hampir 3000 kejadian kecelakaan di Indonesia (Sjarip & Suhadi, 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Fridayanti & Prasetyanto, 2019) variabel utama faktor kecelakaan diakibatkan oleh faktor manusia dan faktor kendaraan yaitu mengantuk serta kegagalan pengereman. Kegagalan pengereman dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, salah satu penyebab utamanya adalah faktor keausan. Keausan diakibatkan oleh kontak antara dua permukaan atau lebih yang terjadi secara terus menerus. Kampas rem adalah komponen yang mengalami kontak langsung dengan *disc brake*. Secara umum jenis material kampas rem terbagi menjadi dua jenis yaitu, *Asbestos* dan *Non-Asbestos* (Yudhanto et al., 2019). Kampas rem *asbestos* saat ini sudah tidak digunakan lagi karena memiliki kelemahan yang dapat membuat cepatnya keausan pada piringan cakram, selain itu kampas rem *asbestos* juga tidak ramah terhadap lingkungan dikarenakan menimbulkan zat karsiogenik yang berbahaya untuk kesehatan paru-paru manusia (Yudhanto et al., 2019). Besarnya nilai keausan dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni kecepatan, tekanan, kekerasan permukaan dan juga kekasaran bahan (Ahmad et al., 2018). Pengereman yang dilakukan secara terus menerus dapat mengakibatkan *fading* (Soejatmiasih et al., 2022) proses pengujian keausan massa (gram) dilakukan secara eksperimen, sedangkan pengujian *maximum shear elastic strain* (mm/mm) dan *maximum shear stress* (Mpa) dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan *software* dapat mengefisiensi waktu dan juga biaya (Tuakia, 2008). Penggunaan metode numerik dapat memberikan wawasan terhadap scenario yang tidak dapat disimulasikan secara eksperimental (Naga et al., 2023). Hubungan antar *output* yang dihasilkan dalam penelitian ini ditunjukkan dengan menggunakan *polynomial trendline*. *Polynomial trendline* memungkinkan untuk menyesuaikan kurva yang lebih kompleks dibandingkan dengan *linier trendline*. Penggunaan *trendline polynomial* dapat menemukan pola yang lebih halus dan kompleks dalam sebuah data. *Equation of chart* digunakan untuk mendapatkan nilai sumbu vertikal (y) yang diprediksi untuk setiap nilai sumbu horizontal (x) yang diberikan. *R-square value on cart* ( $R^2$ ) nilai yang memperlihatkan seberapa besar variabel independent mempengaruhi variabel dependen. *R-square value on cart* ( $R^2$ ) angka yang berkisar antara 0 sampai 1. Metode *trendline* merupakan metode yang memperhatikan pola *trend* yang didapatkan pada data. Metode ini akan mencocokkan pola data historis dan kemudian memproyeksikan garis untuk perkiraan jangka panjang (Lawby & Rahardjo, 2020)

## 2. METODE

### Prosedur Pengujian Keausan Massa

Pengujian keausan massa digunakan untuk mengetahui tingkat keausan dalam satuan massa (gram). Proses pengujian dilakukan dengan menimbang massa awal kampas rem sepeda sebelum melakukan proses pengujian, kemudian proses pengujian dilakukan dengan *input* variabel gaya dan kecepatan putaran (*rotational velocity*), serta menggunakan kontrol waktu agar semua kampas rem mendapatkan perlakuan yang sama. Setelah proses pengujian

selesai dilanjutkan dengan membersihkan kampas rem agar terhindar dari kotoran dan sisa dari pelepasan partikel yang terjadi. Langkah terakhir dalam pengujian adalah dengan melakukan penimbangan kembali untuk mengetahui massa kampas rem yang telah diuji, hal ini sesuai dengan apa yang dilakukan oleh (Amir et al., 2023). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Putra & Agusti, 2020) Peningkatan beban pengereman meningkatkan keausan massa yang terjadi. Selain beban pengereman kecepatan juga mempengaruhi tingkat keausan (Wardhana et al., 2022) hal inilah yang mendasari pemilihan variabel yang digunakan dalam penelitian ini. Skema pengujian keausan massa akan ditunjukkan pada gambar 1.

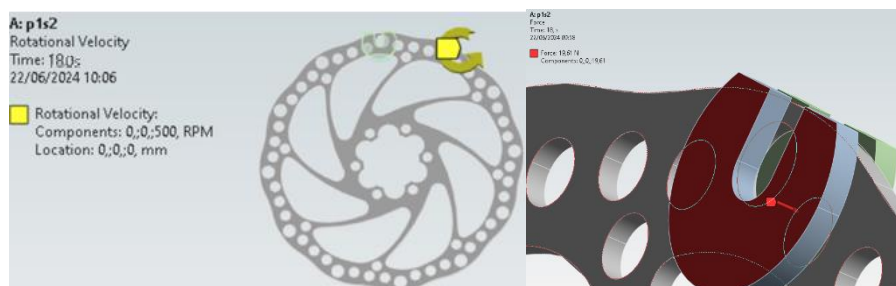


Gambar 1. Skema Pengujian Keausan Massa

Penelitian pertama dilakukan secara eksperimen untuk mengetahui nilai keausan massa (gr) yang terjadi dengan menggunakan variabel gaya norma  $F1=19,61N$ ,  $F2=22,55N$ ,  $F3=25,51N$ ,  $F4=27,45N$  dan  $F5=29,41N$  serta variabel kecepatan putaran  $R1=500 Rpm$ ,  $R2=1000 Rpm$  dan  $R3=1500 Rpm$  Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah koefisien gesek 0,739 dan waktu 180 (s) keausan massa diketahui dengan cara melakukan proses pengukuran pengurangan masa *brake pad* pada setiap variabel gaya dan kecepatan yang digunakan dalam penelitian.

### Prosedur Simulasi Software

Penelitian simulasi menggunakan *software* ANSYS untuk mengetahui sebaran distribusi beserta nilai *maximum shear stress* (MPa) dan *maximum shear elastic strain* (mm/mm). Material yang diterapkan pada proses simulasi adalah *stainles steel* pada piringan cakram (*disc brake*) dan *carbon fiber 230 GPa* pada kampas rem (*brake pad*). Kondisi batasan pengujian simulasi *software* yang dilakukan disesuaikan dengan hasil pengujian eksperimen berupa koefisien gesek 0,739 gaya (*force*) dan kecepatan putaran (*rotational velocity*). Penentuan kondisi batas (*boundary condition*) akan ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Input Rotational Velocity dan Force Pada Kondisi Batas

*Software* ANSYS dapat memudahkan berbagai hal untuk melakukan pengujian seperti pengujian statika struktur dan deformasi, selain itu pengujian dengan menggunakan perangkat lunak juga dapat menghemat pengeluaran biaya yang dibutuhkan (Taufiqurrahman et al., 2023). ANSYS digunakan untuk mensimulasikan semua disiplin ilmu baik dinamis dan statis maupun analisis *structural* (Sofyan et al., 2019) Penelitian ini juga akan membahas tentang tegangan geser dan regangan geser elastis yang dianalisa dengan menggunakan *software* ANSYS. Penelitian yang dilakukan oleh (Setiyawan et al., 2023) menunjukkan peningkatan beban yang mengakibatkan bertambahnya tegangan. Tegangan merupakan gaya yang bekerja pada suatu benda, dibagi dengan luas penampang benda, sehingga tegangan adalah gaya yang bekerja persatuan luas. Regangan geser terjadi akibat tegangan geser, tegangan geser tidak mempunyai kecenderungan untuk memperpanjang atau memperpendek elemen dalam arah x, y dan z namun tegangan geser dapat mengakibatkan perubahan bentuk. Hukum *Hooke* merupakan hubungan antara regangan dan tegangan pada daerah elastis suatu bahan akibat beban yang dialami (Shigley et al., 2015) sehingga tegangan berbanding lurus dengan regangan.

Teori tegangan geser maksimum memprediksi bahwa kegagalan material dimulai ketika tegangan geser yang terjadi melebihi tegangan izin maksimum dari sebuah elemen yang digunakan, teori tegangan geser juga disebut sebagai teori *Tresca* atau teori *Guest* (Shigley et al., 2015). *Strength* merupakan fenomena meluluhnya suatu bahan akibat beban yang diberikan apabila energi regangan distorsi persatuan volume mencapai atau melebihi energi regangan dengan distorsi persatuan volume untuk menghasilkan tegangan dari elemen yang sama (Sofyan et al., 2019). Teori energi distorsi berkaitan dengan teori *Von Misess Stress* (Shigley et al., 2015).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

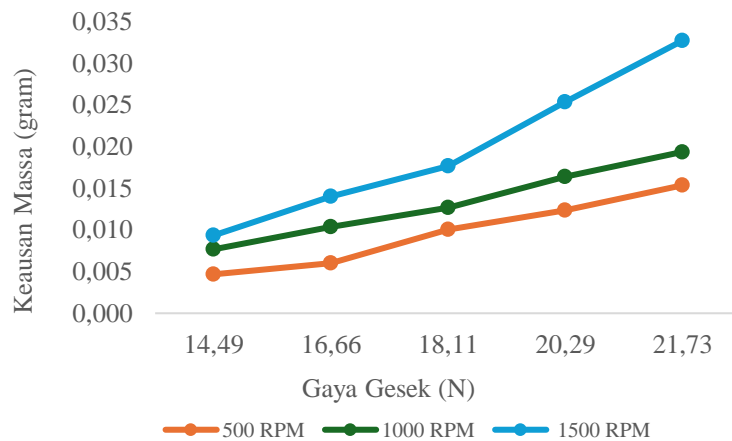
#### Hasil Pengujian Eksperimen

Nilai gaya di *input* berdasarkan gaya normal dan dikonversikan menjadi gaya gesek. Berdasarkan hasil dari pengujian eksperimen yang telah dilakukan dengan 3 (tiga) kali pengulangan didapatkan hasil rata-rata keausan (gram) yang akan ditunjukkan oleh tabel 1

Tabel 1 Hasil Pengujian Keausan Massa (Gram)

No	Gaya Normal (N)	Gaya Gesek (N)	Keausan Massa (Gram)		
			500 Rpm	1000 Rpm	1500 Rpm
1	19,61	14,49	0,005	0,008	0,009
2	22,55	16,66	0,006	0,010	0,014
3	24,51	18,11	0,010	0,013	0,018
4	27,45	20,29	0,012	0,016	0,025
5	29,41	21,73	0,015	0,019	0,033

Terjadi peningkatan keausan massa seiring dengan peningkatan gaya dan beban serta kecepatan putaran yang diberikan pada proses pengujian keausan massa pada *brake pad*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Putra & Agusti, 2020) dimana peningkatan beban pengereman akan meningkatkan keausan yang terjadi serta hasil penelitian yang dilakukan oleh (Wardhana et al., 2022) dengan peningkatan kecepatan juga akan meningkatkan keausan. Peningkatan keausan massa yang diakibatkan oleh variabel gaya (N) dan kecepatan putaran (Rpm) juga akan ditampilkan kedalam bentuk gambar 3.

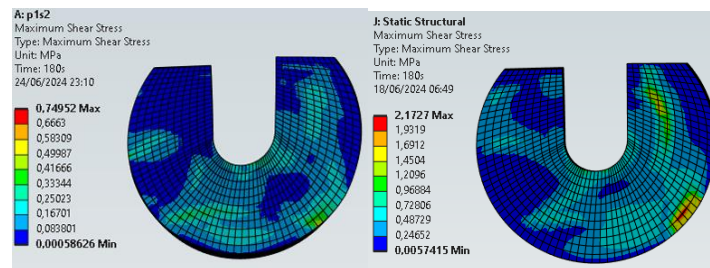


Gambar 3 Hasil Pengujian Keausan Massa (Gram)

### Hasil Pengujian Simulasi Software ANSYS

#### Maximum Shear Stress

Hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan simulasi *software* ANSYS dengan *output maximum shear stress* telah menerapkan kondisi batas yang diperlukan dalam melakukan simulasi *static structural*. hasil pengujian berupa distribusi tegangan geser minimum dan maksimum ditunjukkan pada gambar 4



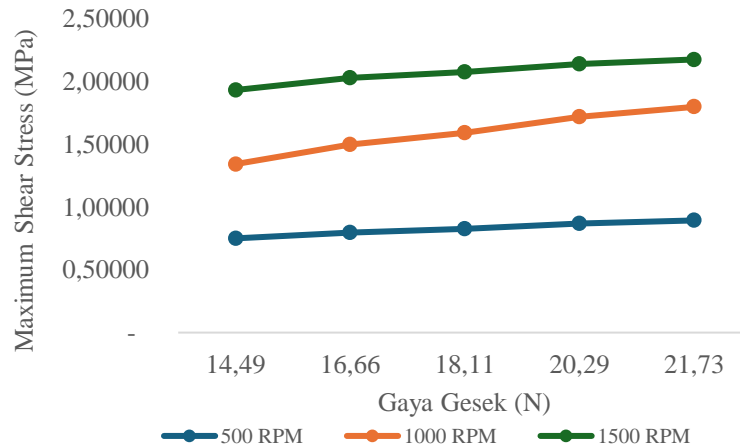
Gambar 4 Minimum dan Maximum Shear Stress

Terjadi peningkatan tegangan geser seiring dengan peningkatan gaya dan beban serta kecepatan putaran yang diberikan pada proses pengujian menggunakan simulasi *software* ANSYS pada *brake pad* hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Setiyawan et al., 2023) dimana peningkatan beban akan meningkatkan tegangan. Peningkatan tegangan geser yang diakibatkan oleh variabel gaya (N) dan kecepatan putaran (Rpm) juga akan ditampilkan kedalam tabel 2.

Tabel 2 Hasil Simulasi Maximum Shear Stress (MPa)

No	Gaya Normal (N)	Gaya Gesek (N)	Maximum Shear Stress (MPa)		
			500 Rpm	1000 Rpm	1500 Rpm
1	19,61	14,49	0,74952	1,3404	1,9298
2	22,55	16,66	0,79586	1,4937	2,0257
3	24,51	18,11	0,82469	1,5878	2,0738
4	27,45	20,29	0,86592	1,7151	2,1370
5	29,41	21,73	0,89218	1,7954	2,1727

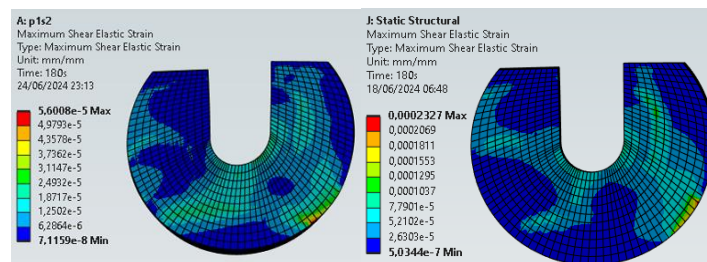
Tegangan geser terendah berada pada variabel kecepatan putaran 500 Rpm dengan tegangan geser sebesar 0,74952 MPa dan tegangan geser tertinggi berada pada kecepatan putaran 1500 Rpm dengan tegangan geser sebesar 2,1727 MPa. Hasil nilai pengujian tegangan geser juga ditampilkan dalam gambar 5.



Gambar 5 Hasil Simulasi *Maximum Shear Stress* (MPa)

**Maximum Shear Elastic Strain**

Hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan simulasi *software* ANSYS dengan *output maximum shear stress* telah menerapkan kondisi batas yang diperlukan dalam melakukan simulasi *static structural*. hasil pengujian berupa distribusi regangan geser elastis maksimum ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 *Minimum dan Maximum Shear Elastic Strain*

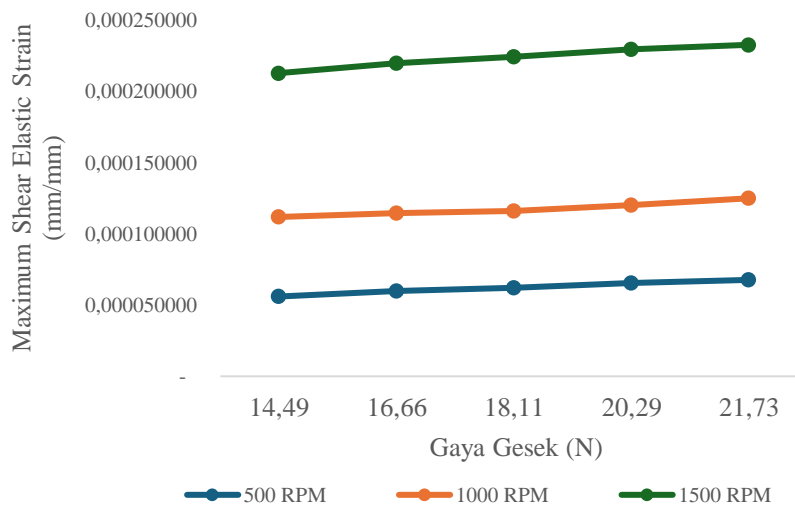
Terjadi peningkatan regangan geser elastis seiring dengan peningkatan gaya atau beban serta kecepatan putaran yang diberikan pada proses pengujian menggunakan simulasi *software* ANSYS pada *brake pad*, hal ini sesuai dengan pernyataan dari (Sofyan et al., 2019) serta hubungan tegangan dan regangan yang dikemukakan oleh (Shigley et al., 2015). Peningkatan regangan geser elastis maksimum yang diakibatkan oleh variabel gaya (N) dan kecepatan putaran (Rpm) juga akan ditampilkan kedalam tabel 3.

Tabel 3 Hasil Simulasi *Maximum Shear Elastic Strain* (mm/mm)

No	Gaya Normal (N)	Gaya Gesek (N)	<i>Maximum Shear Elastic Strain</i> (mm/mm)		
			500 Rpm	1000 Rpm	1500 Rpm
1	19,61	14,49	0,000056008	0,00011184	0,00021283
2	22,55	16,66	0,000059734	0,00011452	0,00021994
3	24,51	18,11	0,000062047	0,00011609	0,00022439
4	27,45	20,29	0,000065492	0,00012015	0,00022961

5	29,41	21,73	0,000067681	0,00012496	0,0002327
---	-------	-------	-------------	------------	-----------

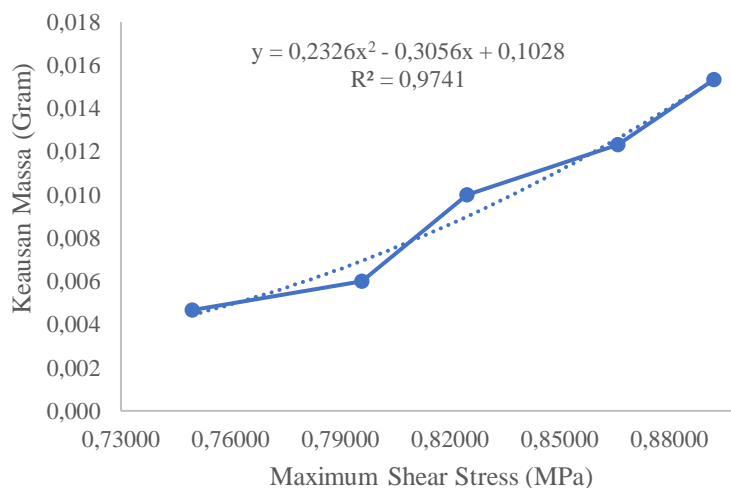
Regangan geser elastis terendah berada pada kecepatan putaran 500 Rpm dengan regangan geser elastis sebesar 0,000056008 mm/mm dan regangan geser elastis tertinggi berada pada kecepatan putaran 1500 Rpm dengan regangan geser geser sebesar 0,0002327 mm/mm. Hasil nilai pengujian regangan geser elastis maksimum juga ditampilkan dalam gambar 7.



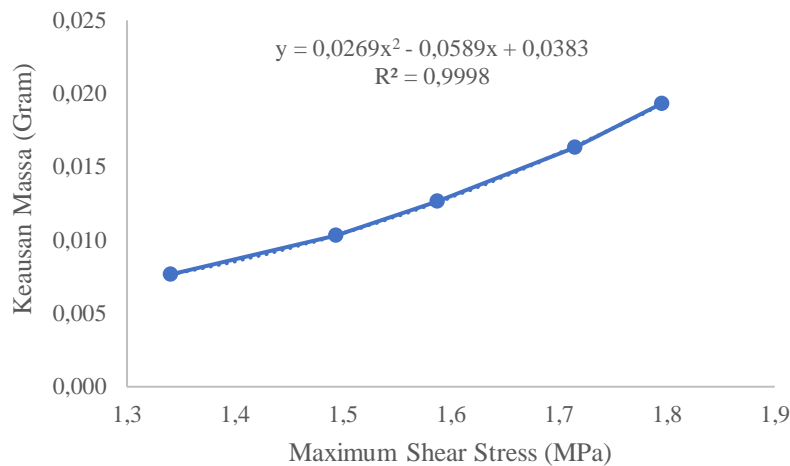
Gambar 7. Hasil Simulasi Maximum Shear Elastic Strain (mm/mm)

### Hubungan Keausan dengan Tegangan Geser

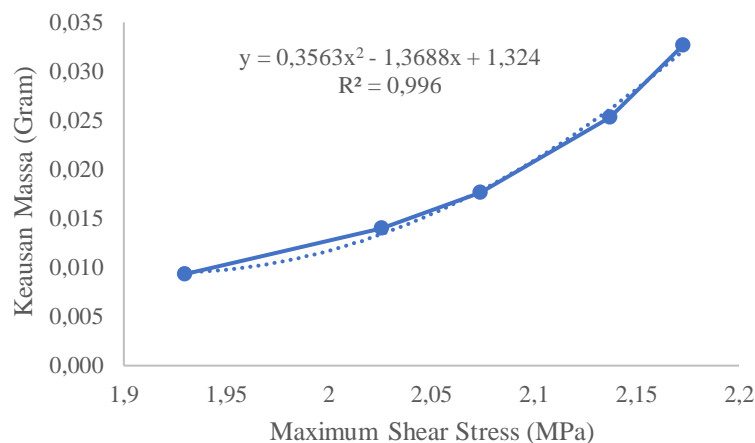
Berdasarkan data hasil pengujian keausan massa (gram) didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai keausan massa seiring dengan peningkatan gaya (N) dan kecepatan putaran (Rpm) yang diberikan terhadap kampas rem, hal yang serupa terjadi pada pengujian simulasi dengan menggunakan *software* ANSYS pada *output maximum shear stress* yang mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan gaya (N) dan kecepatan putaran (Rpm). Kedua data yang telah dihasilkan dihubungkan dengan menggunakan grafik disertai dengan trend line yang dapat dilihat pada gambar 8,7 dan 9.



Gambar 8. Hubungan Keausan dengan Maximum Shear Stress 500 Rpm



Gambar 9. Hubungan Keausan dengan *Maximum Shear Stress* 1000 Rpm



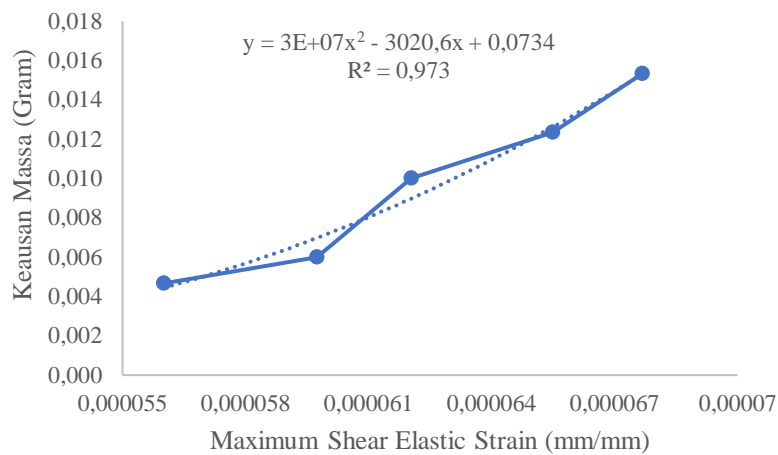
Gambar 10. Hubungan Keausan dengan *Maximum Shear Stress* 1500 Rpm

Grafik hubungan keausan massa dengan tegangan geser *maximum* menunjukkan tingkat hubungan yang kuat. Hasil grafik hubungan kecepatan putaran 500 Rpm menunjukkan hasil *polynomial trendline equation of chart*  $y = 0,2326x^2 + 0,3056 + 0,1028$  dan *R-square value on cart*  $R^2 = 0,9741$  sedangkan pada kecepatan putaran 1000 Rpm menunjukkan hasil *polynomial trendline equation of chart*  $y = 0,0269x^2 - 0,0589x + 0,0383$  dan *R-square value on cart*  $R^2 = 0,9998$  dan pada kecepatan putaran 1500 Rpm menunjukkan hasil *polynomial trendline equation of chart*  $y = 0,3563x^2 - 1,3688x + 1,324$  dan *R-square value on cart*  $R^2 = 0,996$ . Semua grafik hubungan keausan massa dengan tegangan geser maximum menunjukkan up trend berdasarkan nilai gaya (N) dan kecepatan putaran yang sama.

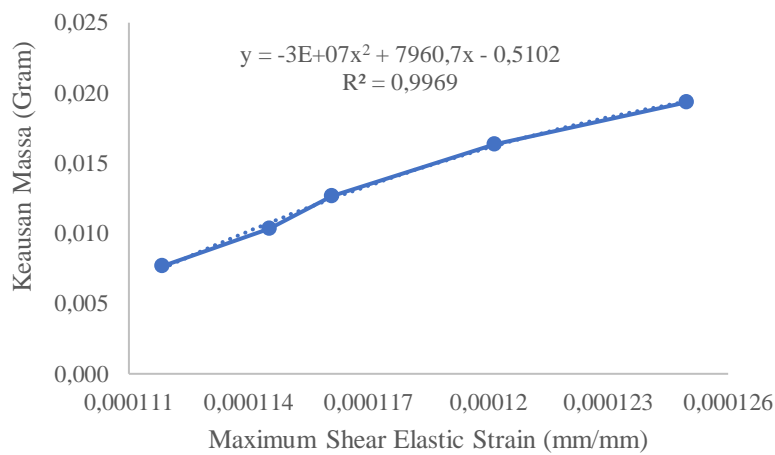
### Hubungan Keausan dengan Regangan Geser Elastis

Berdasarkan data hasil pengujian keausan massa didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai keausan massa seiring dengan peningkatan gaya (N) dan kecepatan putaran (Rpm) yang diberikan terhadap kampas rem, hal yang serupa terjadi pada pengujian simulasi dengan menggunakan *software ANSYS* pada *output maximum shear elastic strain* yang mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan gaya (N) dan kecepatan putaran (Rpm). Kedua data yang telah dihasilkan dihubungkan dengan menggunakan grafik disertai dengan *trend line* yang dapat dilihat pada gambar 11, 12 dan 13.

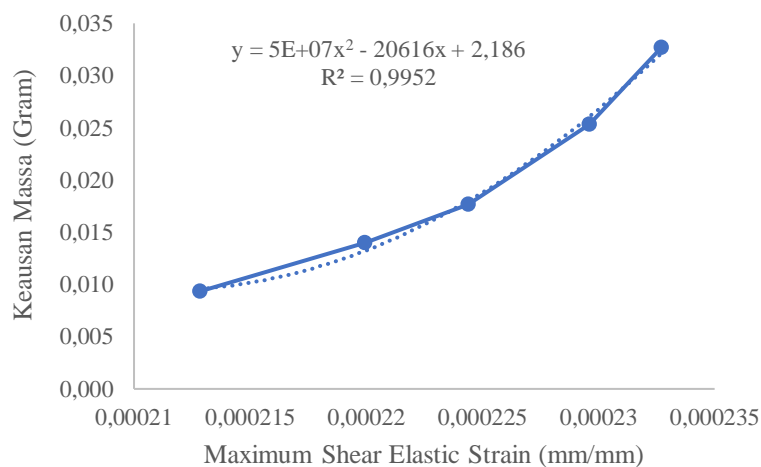




Gambar 11 Hubungan Keausan dengan *Maximum Shear Elastic Strain* 500 Rpm



Gambar 12 Hubungan Keausan dengan *Maximum Shear Elastic Strain* 1000 Rpm



Gambar 13 Hubungan Keausan dengan *Maximum Shear Elastic Strain* 1500 Rpm

Grafik hubungan keausan massa dengan regangan geser elastis *maximum* menunjukkan tingkat hubungan yang kuat. Hasil grafik hubungan kecepatan putaran 500 Rpm menunjukkan hasil *polynomial trendline equation of chart*  $y = 3E+07x^2 - 3020,6x + 0,0734$  dan *R-square value on cart*  $R^2 = 0,973$  sedangkan pada kecepatan putaran 1000 Rpm menunjukkan hasil *polynomial*

trendline equation of chart  $y = 3E+07x^2 - 7960,7x + 0,5102$  dan *R-square value on cart*  $R^2 = 0,9969$  dan pada kecepatan putaran 1500 Rpm menunjukkan hasil *polynomial trendline equation of chart*  $y = 5E+07x^2 - 20616x + 2,186$  dan *R-square value on cart*  $R^2 = 0,9952$ . Semua grafik hubungan keausan massa dengan regangan geser elastis maximum menunjukkan up trend berdasarkan bilai gaya (N) dan kecepatan putaran yang sama.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan semakin naiknya nilai tegangan dan regangan geser mengakibatkan bertambahnya nilai keausan yang terjadi pada kampas rem. Saran yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan penelitian serupa selanjutnya adalah dengan menggunakan alat ukur dengan ketelitian yang lebih tinggi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat serta perlu dilakukan pengujian sifat material secara lebih mendalam agar penelitian eksperimen dengan simulasi mendapatkan tingkat korelasi yang lebih akurat.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Dr. Eng. I Made Gatot Karohika, ST., MT. dan Bapak I Made Widiyarta, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. atas ilmu dan masukan mengenai penelitian ini. Serta ucapan terima kasih kepada team *Mechanical Design and Tribology* yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, T., Darmanto, D., & Imam, S. (2018). Analisis Keausan Kampas Rem Pada Disc Brake Dengan Variasi Kecepatan. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 14(1), 78–83. <https://doi.org/10.36499/jim.v14i1.2182>
- Amir, Ade Suhara, Fathan Mubina Dewadi, Sukarman, & Ridho Febrian. (2023). Analisa Pengaruh Pelumas Terhadap Gesekan Menggunakan Metode Tinken Load. *Konferensi Nasional Penelitian Dan Pengabdian (KNPP) Ke-3*, 14–24.
- Fridayanti, V. D., & Prasetyanto, D. (2019). Model Hubungan antara Angka Korban Kecelakaan Lalu Lintas dan Faktor Penyebab Kecelakaan pada Jalan Tol Purbaleunyi. (Hal. 124-132). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(2), 124. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i2.123>
- Lawby, E., & Rahardjo, J. (2020). Trendline with Seasonal Adjustment Forecast for CF150 in Sport Mid Segment Product. *Jurnal Titra*, 8(2), 313–320.
- Naga, M. H. B., Firas, M. R., & Assidiq, F. M. (2023). Review Analisis Penguatan Struktural Pelabuhan Dan Interaksi Shiphull Menurut Fluid Drag Forces (Menggunakan Metode CFD) Selama Masa Pakai Pelabuhan Yang Diharapkan. *Zona Laut: Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, 4(1), 34–44. <https://doi.org/10.62012/zl.v4i1.24306>
- Putra, I. E., & Agusti, J. (2020). Analisa Pengaruh Beban Pengereman dan Variasi Merk Kampas Rem Terhadap Keausan Kampas Rem. *RangTeknik Journal*, 3(1), 60–67.
- Setiyawan, T., Kristiawan, T. A., & Annas, T. Y. (2023). Analisis Kekuatan Struktur Rangka Brake Lining Rivet Machine Untuk Pemasangan Kampas Rem Dengan Sistem Hidrolik.

*Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(1), 130-139.  
<http://ftuncen.com/index.php/SAINTEK/article/view/143%0Ahttps://ftuncen.com/index.php/SAINTEK/article/download/143/143>

Shigley, Herlambang, T., Djatmiko, E. B., & Nurhadi, H. (2015). Mechanical Engineering Mechanical Engineering Mechanical Engineering Engineering. *International Review of Mechanical Engineering (IREME)*, 9(6), 553-560.

Sjarip, A. L. A., & Suhadi, A. (2019). Analisis Desain Disc Brake Rotor Pada Kendaraan Roda Empat. *Teknobiz*, 9(3), 36-45.

Soejatmiasih, R. A. N. N., Wicaksono, H., Wicaksono, S. D., & Djoenaidi, R. (2022). Analisis Struktur Pada Disc Brake Dengan Variasi Material Dan Jumlah Lubang Ventilasi Terhadap Temperatur Dan Tegangan Ekuivalen. *Otopro*, 18(1), 33-43.  
<https://doi.org/10.26740/otopro.v18n1.p33-43>

Sofyan, A., Glusevic, J., Zulfikar, A. J., & Umroh, B. (2019). Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengering Bawang Menggunakan Perangkat Lunak Ansys Apdl 15.0. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 3(1), 20.  
<https://doi.org/10.31289/jmemme.v3i1.2417>

Taufiqurrahman, M., Raharjo, A., Faizdaffa Hakim, A., Prasetyo, D., & Jaya Saputra, T. (2023). Analisis Mekanik Dan Termal Piston Mesin Pembakaran Dalam Menggunakan Software Ansys 2023. *Jtmei*, 2(3), 143-154. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i3>

Tuakia, F. (2008). *Dasar-dasar CFD Menggunakan FLUENT*. INFORMATIKA.

Wardhana, D., Maryanti, B., & Ayu Kartika, S. (2022). Analisis Perbandingan Laju Keausan Kampas Rem Belakang Sepeda Motor Listrik Inovasi Karya Nusa (IKN). *Rekayasa Mesin Dan Inovasi Teknologi*, 3(1), 180-184.

Yudhanto, F., Dhewanto, S. A., & Yakti, S. W. (2019). Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(1), 19-27. <https://doi.org/10.18196/jqt.010104>