

**ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU *SINTERING* DAN  
PERSENTASE *BOTTOM ASH* BATUBARA, LIMBAH  
PEMBUBUTAN SERTA RESIN TERHADAP SIFAT  
MEKANIK KAMPAS REM**

**LAPORAN SKRIPSI**



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan  
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan**

**Oleh:**

**Rahmat Nasrullah  
061940211919**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2023**

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF SINTERING  
TEMPERATURE VARIATION AND COMPOSITION  
PERCENTAGE OF BOTTOM ASH, WASTE LATHE,  
AND RESIN ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF  
BRAKE PADS**

**FINAL PROJECT REPORT**



**Submitted to Comply with Terms of Study Completion in Mechanical  
Engineering Production and Maintenance Study Program**

**Oleh:**

**Rahmat Nasrullah  
061940211919**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

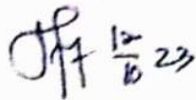
**ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU *SINTERING* DAN  
PERSENTASE *BOTTOM ASH* BATUBARA, LIMBAH  
PEMBUBUTAN SERTA RESIN TERHADAP SIFAT  
MEKANIK KAMPAS REM**



**LAPORAN SKRIPSI**

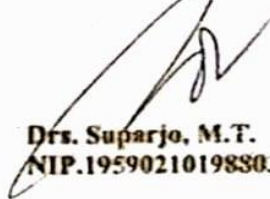
**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi  
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan**

**Pembimbing Utama,**



**Ahmad Junaldi, S.T., M.T.  
NIP. 196607111990031001**

**Pembimbing Pendamping,**



**Drs. Suparjo, M.T.  
NIP. 195902101988031001**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**



**Ir. Sairul Effendi, M.T.  
NIP. 1963091219893031005**





## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN SKRIPSI

Laporan Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Rahmat Nasrullah  
NIM : 061940211919  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan  
Rencana Judul : **ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU *SINTERING*DAN  
PERSENTASE *BOTTOM ASH* BATUBARA, LIMBAH  
PEMBUBUTAN SERTA RESIN TERHADAP SIFAT  
MEKANIK KAMPAS REM**

Telah selesai diuji dalam Sidang Skripsi Sarjana Terapan  
dihadapan Tim Penguji pada tanggal 25 Agustus 2023 dan diterima sebagai  
bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan  
pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan  
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

### TIM PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ahmad Junaidi, S.T., M.T. NIP. 196607111990031001	Ketua Penguji		25/8/23
2.	Ella Sundari, S.T., M.T. NIP. 19810326200502003	Anggota		25/8/2023
3.	Fenoria Putri, S.T., M.T. NIP. 197202201998022001	Anggota		18/8/2023
4.	Ir. Sailon, M.T. NIP. 196005041993031001	Anggota		25/8/2023

Palembang, 25 Agustus 2023  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. Sairul Effendi, M.T.  
NIP. 196309121989031005

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmat Nasrullah  
NIM : 061940211919  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan  
Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU SINTERING  
DAN PRESENTASE *BOTTOM ASH* BATUBARA, LIMBAH  
PEMBUBUTAN SERTA RESIN TERHADAP SIFAT  
MEKANIK KAMPAS REM**

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan didampingi oleh tim dosen pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/ plagiat dalam Skripsi yang saya buat, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, Agustus 2023



Rahmat Nasrullah  
NPM. 061940211919

## ABSTRAK

### ANALISIS PENGARUH VARIASI SUHU *SINTERING* DAN PERSENTASE *BOTTOM ASH* BATUBARA, LIMBAH PEMBUBUTAN SERTA RESIN TERHADAP SIFAT MEKANIK KAMPAS REM

**Rahmat Nasrullah**

Xiii + 60 halaman + 23 tabel + 7 lampiran

Kampas rem adalah komponen yang sangat penting dalam sistem pengereman kendaraan. Untuk kampas rem cakram, terdapat dua jenis material yang digunakan, yakni asbestos dan non-asbestos. Limbah batubara, seperti *fly ash* dan *bottom ash*, dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Namun, limbah batubara dapat dimanfaatkan sebagai campuran dalam pembuatan kampas rem dengan *bottom ash* berperan sebagai pengganti material asbestos. Penggunaan limbah batubara ini merupakan alternatif yang berpotensi mengurangi dampak lingkungan sekaligus memberikan nilai tambah dalam pembuatan kampas rem. Dalam campuran pembuatan kampas rem juga memanfaatkan limbah besi hasil pembubutan (*gram*). *Gram* atau limbah hasil pembubutan digunakan sebagai campuran penguat pada komposit kampas rem. Pembuatan komposit kampas rem dilakukan dengan variasi komposisi bahan dimana variabel tetap pada resin sebanyak 40% serta variabel bebasnya limbah *bottom ash* dan *gram* dengan variasi 50%:10%, 40%:20%, 30%:30% dan variasi suhu *sintering* pada 100<sup>0</sup>C, 125<sup>0</sup>C, dan 150<sup>0</sup>C. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik dari material komposit kampas rem melalui pengujian keausan dan kekerasan. Didapatkan hasil pada uji keausan dengan nilai rata – rata terendah di peroleh pada variasi komposisi 50%:10% dengan variasi suhu *sintering* pada 100<sup>0</sup>C yaitu  $9,08 \times 10^{-8} \text{ mm}^2/\text{Kg}$  dan nilai uji kekerasan tertinggi didapatkan pada variasi 50%;10% pada variasi suhu yang sama dengan nilai kekerasan 21,76 BHN.

**Kata Kunci:** Kampas rem, Limbah Batubara, *Bottom ash*, Limbah Besi Pembubutan, Sifat mekanik, Pengujian Keausan, Pengujian Kekerasan.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF THE EFFECT OF SINTERING TEMPERATURE VARIATION AND COMPOSITION PERCENTAGE OF BOTTOM ASH, WASTE LATHE, AND RESIN ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF BRAKE PADS**

**Rahmat Nasrullah**

Xiii + 60 pages + 23 tables + 7 appendices

Brake pads are essential components in a vehicle's braking system. For disc brake pads, there are two types of materials used: asbestos and non-asbestos. Coal waste, such as fly ash and bottom ash, can have negative impacts on the environment. However, this coal waste can be utilized as a mixture in the production of brake pads, with bottom ash acting as a substitute for asbestos material. The use of this coal waste presents a potential alternative to reduce environmental impact while providing added value in brake pad manufacturing. Additionally, iron waste resulting from turning processes is also incorporated into the brake pad composite as a reinforcing mixture. The production of brake pad composites was conducted with variations in material compositions, with the resin content fixed at 40%, and the independent variables being bottom ash waste and gram at variations of 50%:10%, 40%:20%, and 30%:30%, with different sintering temperatures of 100°C, 125°C, and 150°C. The purpose of this research is to analyze the mechanical properties of the brake pad composite material through wear and hardness tests. The results of the wear test showed the lowest average value in the composition variation of 50%:10% at a sintering temperature of 100°C, with a wear rate of  $9.08 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{Kg}$ . The highest hardness test value was obtained in the 50%:10% composition variation at the same sintering temperature, with a hardness value of 21.76 BHN

**Keywords:** Brake Pad, Coal Waste, Bottom ash, Machining Waste, Properties, Hardness Test, Wear Test

## **PRAKATA**

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan Alhamdulillahirobbil'alamin karena telah berhasil menyelesaikan penulisan laporan ini tepat waktu. Terwujudnya Laporan Skripsi ini tak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan petunjuk berharga dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada semua yang telah membantu penulis dalam proses pembuatan laporan ini.

1. Orang tua tercinta selalu memberikan doa dan dukungan penuh kepada anak kesayangannya, serta keluarga besar yang sudah memberikan semangat dan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Sairul Effendi, M.T. dan seluruh staf jurusan/prodi D4 TMPP Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Ibu Fenoria Putri, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Ella Sundari, S.T., M.T., selaku Ketua Prodi Diploma IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Politeknik Negeri Sriwijaya
5. Bapak Ahmad Junaidi, S.T., M.T. sebagai pembimbing pertama Laporan Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan membantu penulis
6. Bapak Drs. Suparjo, M.T. sebagai pembimbing kedua Laporan Skripsi yang telah membimbing dan membantu penulis
7. Penyemangat serta teman dekat, Almira Pratiwi, Randy Hidayat, M. Dimas Prasetyo, Rafly Prasetya, Surya Palas, Kms. M. Fadhli Al Makky serta teman-teman semua yang telah banyak berbagi keceriaan, kebersamaan dan kesulitan yang pernah kita alami bersama. Buat teman-teman terbaikku kelas 8PPB yang telah berjuang bersama-sama selama 4 tahun
8. Saudara/I Angkatan 2019 di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
9. Serta pihak-pihak yang sangat membantu di dalam penyusunan laporan kerja praktek ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses pembuatan laporan ini. Tanpa bantuan mereka, penulis tidak akan mampu menyelesaikan laporan ini dengan baik dan tepat waktu.

Pertama-tama, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan selama penulisan laporan ini. Bimbingan dan masukan dari dosen pembimbing sangat berharga bagi penulis dalam mengarahkan penulisan laporan agar mencapai hasil yang maksimal.

Selain itu, penulis juga ingin berterima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan moril dan semangat dalam perjalanan penulisan laporan ini. Dukungan mereka menjadi pendorong bagi penulis untuk terus berjuang dan berusaha memberikan yang terbaik dalam laporan ini.



Penulis menyadari bahwa dalam proses pembuatan laporan ini masih terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semua masukan dan kritik yang konstruktif akan sangat berarti bagi penulis dalam meningkatkan kualitas laporan ini.

Terakhir, penulis berharap bahwa segala usaha dan kebaikan yang telah ditanamkan dalam pembuatan laporan ini dapat menjadi amal ibadah yang diridhoi oleh Allah SWT. Semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembaca dan dapat memberikan kontribusi positif dalam bidang yang menjadi objek kajian laporan ini.

Sekali lagi, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam kesuksesan penulisan laporan ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan dan keberlimpahan atas segala upaya yang telah dilakukan. Amin.

Palembang, 28 Juli 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Sistem Rem.....	6
2.2 Jenis – Jenis Rem.....	7
2.3 Kampas Rem .....	8
2.4 Jenis – Jenis Bahan Kampas Rem .....	9
2.5 Komposit .....	10
2.5.1 Pengertian Komposit .....	10
2.5.2 Penguat (Reinforcement) .....	11
2.5.3 Matriks.....	12
2.6 Limbah Batubara .....	13
2.6.1 <i>Fly Ash</i> .....	13
2.6.2 <i>Bottom ash</i> .....	14
2.7 Limbah Hasil Pembubutan ( <i>gram</i> ) .....	15
2.8 Resin <i>Epoxy</i> .....	16
2.9 Proses <i>Sintering</i> .....	17
2.10 Pengujian Sifat Mekanik.....	17
2.10.1 Uji Keausan .....	17
2.10.2 Uji Kekerasan .....	19
2.11 Kajian Pustaka .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.2 Metodologi Penelitian .....	23

3.2.1	Waktu Penelitian.....	23
3.2.2	Tempat Penelitian.....	23
3.3	Studi Literatur.....	24
3.4	Alat dan Bahan .....	24
3.4.1	Alat .....	24
3.4.2	Bahan .....	26
3.5	Prosedur Penelitian.....	26
3.5.1	Proses Pembuatan Sampel Kampas Rem .....	26
3.6	Pengujian Sifat Mekanik Benda Uji .....	28
3.6.1	Uji Keausan .....	28
3.6.2	Uji Kekerasan .....	30
3.7	Metode Pengambilan Data .....	33
3.8	Teknik Analisa Data .....	33
3.8.1	Langkah Analisis ANOVA Dua Arah Menggunakan SPSS . .....	34
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>39</b>
4.1	Pembuatan Komposit Kampas Rem.....	39
4.2	Hasil Data Pengujian Keausan .....	40
4.2.1	Analisa Hasil Data Uji Keausan .....	45
4.3	Hasil Data Pengujian Kekerasan .....	49
4.3.1	Analisa Hasil Data Uji Kekerasan .....	53
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>56</b>
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran .....	57

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Rem Cakram.....	6
Gambar 2.2 Kampas Rem Tromol Ganda.....	7
Gambar 2.3 Kampas Rem Cakram.....	8
Gambar 2.4 Jenis – Jenis Bahan Kampas Rem .....	10
Gambar 2.5 <i>Fiber Composite</i> .....	11
Gambar 2.6 <i>Laminar Composite</i> .....	12
Gambar 2.7 <i>Particulate Composite</i> .....	12
Gambar 2.8 <i>Bottom ash</i> Batubara .....	15
Gambar 2.9 Limbah Hasil Pembubutan .....	16
Gambar 2.10 Oghosi <i>High Speed Universal Wear Testing Machine</i> .....	18
Gambar 2.11 Indentor Uji Kekerasan Brinell .....	19
Gambar 2.12 Hardness Tester Machine jenis Albert Gnehm.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Ayakan .....	24
Gambar 3.3 Gelas Ukur.....	24
Gambar 3.4 Timbangan Digital.....	25
Gambar 3.5 Cetakan Sampel Kampas Rem .....	25
Gambar 3.6 Mesin Press Hydraulic.....	25
Gambar 3.7 Alat Pemanas (Oven).....	25
Gambar 3.8 Mesin Gerinda .....	26
Gambar 3.9 Tampilan Awal SPSS Statistic 20 .....	34
Gambar 3.10 <i>Tab Variable View</i> .....	34
Gambar 3.11 <i>Value Label</i> .....	34
Gambar 3.12 <i>Data View</i> .....	35
Gambar 3.13 <i>Tab View Two-way ANOVA</i> .....	35
Gambar 3.14 <i>Tab Univariate</i> .....	36
Gambar 3.15 <i>Tab Post Hoc Multiple Comparisons</i> .....	36
Gambar 3.16 <i>Tab Profile Plot</i> .....	36
Gambar 3.17 <i>Tab Option</i> .....	37
Gambar 3.18 <i>Output</i> hasil <i>two-way ANOVA</i> SPSS Statistic 20.....	37
Gambar 4.1 Grafik Data Keausan Kampas Rem <i>Sintering</i> 100 <sup>0</sup> C.....	41
Gambar 4.2 Grafik Data Keausan Kampas Rem <i>Sintering</i> 125 <sup>0</sup> C.....	42
Gambar 4.3 Grafik Data Keausan Kampas Rem <i>Sintering</i> 150 <sup>0</sup> C.....	43
Gambar 4.4 Grafik Hasil Data Keseluruhan Sampel Uji Keausan.....	44
Gambar 4.5 Data Keausan yang di Input ke SPSS.....	45
Gambar 4.6 Grafik Hasil Data Kekerasan Kampas Rem <i>Sintering</i> 100 <sup>0</sup> C .....	50
Gambar 4.7 Grafik Hasil Data Kekerasan Kampas Rem <i>Sintering</i> 125 <sup>0</sup> C .....	51
Gambar 4.8 Grafik Hasil Data Kekerasan Kampas Rem <i>Sintering</i> 150 <sup>0</sup> C .....	52
Gambar 4.10 Data Keausan yang di Input ke SPSS.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi <i>Bottom ash</i> .....	14
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Resin <i>Epoxy</i> AH 110 .....	16
Tabel 3.1 Komposisi Bahan Pembuatan Kampas Rem.....	27
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Uji Keausan Kampas Rem Konvensional.....	28
Tabel 3.3 Hasil Pengujian Uji Keausan Variasi Suhu <i>Sintering</i> 100°C .....	29
Tabel 3.4 Hasil Pengujian Uji Keausan Variasi Suhu <i>Sintering</i> 125°C.....	29
Tabel 3.5 Hasil Pengujian Uji Keausan Variasi Suhu <i>Sintering</i> 150°C.....	30
Tabel 3.6 Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell Kampas Rem Konvensional	31
Tabel 3.7 Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell Variasi Suhu <i>Sintering</i> 100°C.	31
Tabel 3.9 Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell Variasi Suhu <i>Sintering</i> 125°C.	32
Tabel 3.10 Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell Variasi Suhu <i>Sintering</i> 150°C32	
Tabel 4.1 Komposisi Bahan Pembuatan Kampas Rem.....	39
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Uji Keausan Kampas Rem Konvensional.....	41
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Uji Keausan Variasi Suhu <i>Sintering</i> 100°C .....	41
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Uji Keausan Variasi Suhu <i>Sintering</i> 125°C .....	42
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Uji Keausan Variasi Suhu <i>Sintering</i> 150°C.....	43
Tabel 4.6 ANOVA <i>Two – Way</i> Hasil Pengujian Keausan .....	46
Tabel 4.7 Tabel Pembantu Anova Manual (Keausan) .....	46
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell Kampas Rem Original X	49
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell Variasi Suhu <i>Sintering</i> 100°C.	49
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell Variasi Suhu <i>Sintering</i> 125°C50	
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell Variasi Suhu <i>Sintering</i> 150°C51	
Tabel 4.12 ANOVA <i>Two – Way</i> Hasil Pengujian Kekerasan .....	54