



Pirolisis Serbuk Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F*) untuk Bahan Brake Pad Sepeda Motor Bermatrik Epoxy

Pyrolysis Powder of Teak Wood (Tectona Grandis L.F) for Epoxy Matrix Motorcycle Brake Pad Material

Kosjoko^{1,a)}, Taufan Abadi²

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

²Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

^{a)}Corresponding author: kosjoko@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Material alternatif yang terbuat non asbestos sangat memungkinkan dijadikan sebagai *bahan brake pad* dan tidak berdampak pada lingkungan yang erat sekali dengan hubungan kesehatan. Pencemaran di udara bebas yang disebabkan oleh partikel asbestos yang berdampak sangat membahayakan pada lingkungan. Material yang notabeneanya terbuat dari logam sebagai penguat *brake pad* juga dapat mengganggu yaitu menimbulkan suara bising dan juga berdampak pada material lainnya seperti cepat aus dan kurang pakem saat terjadinya pengereman. Sedangkan tugas yang paling utama pada pad yaitu menghentikan kendaraan bermotor tanpa ada guncangan dan berhenti secara halus. Di saat pengereman perlu adanya tanda-tanda yang perlu diwaspadai untuk sistem perbaikan pengereman secara berkala. Pengertian keausan adalah yaitu hilangnya sebagian bahan dari permukaan suatu benda yang di sebabkan oleh gesekan atau sentuhan benda tersebut. Hasil laboratorium uji kekerasan benda uji bahan yang pirolisis pada suhu 250°C pada perbandingan 50% : 50 % Fraksi volume = 78 HD, nilai terkecil 40% : 60% fraksi = 60 HD (*hard durometer*). Terendah 50% arang hasil pirolisis dan 50% epoxy : 0.03204 mm³/kg.m, tertinggi fraksi volume 40% : 60% = 0.03500 mm³/kg.m. Pengujian bending tertinggi dengan fraksi volume 40% : 60% sebesar = 19,1 Mpa. Terendah pada perbandingan 60% : 40% = 13,16 Mpa.

Kata Kunci: serbuk arang kayu jati; *brake pad*; epoxy

Abstract

Alternative materials made of non-asbestos are very possible to be used as brake pad materials and have no impact on the environment which is very closely related to health. Pollution in the open air caused by asbestos particles which have a very harmful impact on the environment. Materials which incidentally are made of metal as a brake pad reinforcement can also be annoying, namely causing noise and also impacting other materials such as wearing out quickly and lacking grip when braking occurs. While the main task of the pad is to stop motorized vehicles without any jolts and stop smoothly. When braking, it is necessary to have signs that need to be watched out for by the braking repair system on a regular basis. The definition of wear is the loss of some material from the surface of an object caused by friction or touch of the object. Laboratory results of the hardness test of the pyrolyzed material at a temperature of 250°C at a ratio of 50% : 50 % Volume fraction = 78 HD, the smallest value is 40% : 60% fraction = 60 HD (hard durometer). The lowest is 50% pyrolysis charcoal and 50% epoxy : 0.03204 mm³/kg.m, the highest is 40% volume fraction : 60% = 0.03500 mm³/kg.m. The highest bending test with a volume fraction of 40% : 60% is = 19.1 MPa. The lowest is at a ratio of 60% : 40% = 13.16 MPa.

Keywords: teak wood charcoal powder; *brake pad*; epoxy

PENDAHULUAN

Bahan yang terbuat dari komposit sudah menyebar di segala sendi kehidupan manusia, mulai alat rumah tangga

hingga ke teknologi kelas tinggi, mulai dari alat olah raga, komponen otomotif sampai sayap pesawat terbang. Salah satu dari komponen kendaraan adalah *brake pad*, sedangkan mayoritas bahan tersebut terbuat dari campuran

serbuk logam dan asbestos. Bahan yang buat dari logam mudah merusak tromol dari kendaraan itu sendiri sedangkan asbes bisa mengganggu pada kesehatan manusia pada umumnya. Bahan apakah sebagai pengantinya yang ramah lingkungan dan memenuhi syarat-syarat *brake pad* tersebut, yaitu serbuk kayu jati yang di pirolisis pada temperatur 250°C untuk dijadikan arang atau karbon sebagai penguat komposit bahan pad.

Rumusan masalah, bagaimanakah pengaruh kekerasan, keausan dan kelenturan setelah serbuk kayu jati di pirolisis serta pengaruh perbandingan pada fraksi volume 40% serbuk arang : 60% resin epoxy, 50% serbuk arang : 50% resin epoxy dan 60% serbuk arang : 40% resin epoxy.

Tujuan penelitian, untuk mencari hasil kekerasan, keausan dan kelenturan yang paling memenuhi syarat untuk dijadikan produk *brake pads* yang mendekati atau sama dengan di pasaran.

Debu yang dihasilkan dari gesekan kampas rem yang terbuat dari asbestos bisa berdampak penurunan kesehatan pada manusia di antaranya, bisa sesak napas, gatal – gatal pusing iritasi mata, kulit dan sulit tidur [1]. Material yang terbuat dari logam bisa menimbulkan keausan pada tromol rem itu sendiri dan juga mengeluarkan bunyi bising di saat aktivitas pengereman. Proses pirolisis lambat (*slow pyrolysis*). Perlakuan pemanasan yang diperlukan berkisar 5 hingga 7 menit. Yang di hasilkan dari proses ini berupa cairan sedikit yang paling banyak berupa karbon atau arang dan sedikit gas [2]. Proses dengan cara cepat (*fast pyrolysis*). Waktu yang dibutuhkan untuk perlakuan ini sekitar 0,5 hingga 2 detik saja. Temperatur yang dibutuhkan 400°C – 600°C dengan pendinginan lebih cepat [3]. Cara menghasilkan produk karbon yang bermutu tinggi proses yang di gunakan slow pirolisis. Penelitian ini menggunakan kayu mahoni dengan menggunakan suhu 250°C, 350°C, 450°C, 500°C serta 600°C, juga menggunakan variabel dependen, berupa massa Karbon atau arang. Proses pirolisis mengelola serbuk kayu jati dengan tujuan dekomposisi zat tanpa adanya oksigen, sehingga terjadi penguraian komponen yang ada di unsur kayu tersebut. Serbuk kayu jati dengan cara perlakuan dengan tanpa udara, dengan tujuan reaksi penguraian berupa menghasilkan zat-zat berupa tar, karbon padat serta gas metana, hydrogen dan cairan dan karbon dioksida. *Brake pad* berbahan alternatif yang terbuat dari serbuk kayu jati dan di campur dengan berresin, silicon bermatrik penolik [4].

Jika ingin meneliti itu harus tahu material pohon harus punya sifat di antaranya keras, ulet dan tahan gesekan [5]. *Brake pad* yang terbuat dari serbuk kayu jati dengan perbandingan fraksi volume dengan mengukur, kekerasan, bending dan keausan [6]. Hasilnya masih masuk kata gori syarat di komersial. Material alternative *brake pad* terbuat

dari Serbuk arang kayu jati dengan cara di perlakukan pirolisis pada temperatur 200°C, menggunakan fraksi volume, hasil sifat mekanik masih sesuai dengan yang ada pada syarat-syarat produk *brake pad* [7].

Kalau ingin meneliti itu harus tahu material pohon harus punya sifat di antaranya keras, ulet dan tahan gesekan [5]. *Brake pad* yang terbuat dari serbuk kayu jati dengan perbandingan fraksi volume dengan mengukur, kekerasan, bending dan keausan. Hasilnya masih masuk kata gori syarat di komersial [6]. Material alternative *brake pad* terbuat dari Serbuk arang kayu jati dengan cara di perlakukan pirolisis pada temperatur 200°C, menggunakan fraksi volume, hasil sifat mekanik masih sesuai dengan yang ada pada syarat syarat produk *brake pad*. aluminium, logam ferro serta di campur dengan keramik dan di uji secara mekanik serta ketahanan panas pada kondisi ekspansi panas rendah ketahanan aus bagus [7].

Biomassa terbuat dari limbah gergajian kayu sebagai energi bahan bakar alternatif dan juga ke kebijakan pemerintah berhubungan energi No 79 tahun 2014 [8]. Metode cara pembuatan karbon aktif pertama kali yang di lakukan dengan menjemur gergajian kayu dan di panaskan pada sinar matahari, cara pembuatan karbon dengan cara material tersebut di perlakukan pirolisis dengan temperatur 225°C, 250°C, 275°C dan 300°C, lalu di tahan selama 60 menit di aktivasi menggunakan kimiawi berupa NaOH dengan waktu yang di perlukan 180 menit [9]. Pirolisis proses pembuatan briket berbahan serbuk kayu dan batu bara dengan cara memanaskan material pada suhu 400°C langkah selanjutnya di uji menggunakan progsimate dengan tujuan untuk mengetahui kandungan kalor pada material tersebut [10]. Pada perlakuan pirolisis di perlukan pemisahan air dan asap pada material serbuk kayu tersebut. Kelengkapan alat pemanas listrik sangat di perlukan, benda kerja di masukan dalam alat klin baja yang tahan dengan karat lalu di panaskan pada suhu tertentu, 110°C, 200°C, 300°C, 400°C dan 500°C di holding kurang lebih 300 menit [11]. Proses pirolisis dengan menggunakan alat pemanas kompor , material yang di gunakan adalah kayu jati dan mahoni 100 mash. Dilakukan analisis hasilnya berupa volume asap cair, warna yang di hasilkan, densitas, nilai PH serta asap yang berwarna hitam pekat [9]. Biomassa terbuat dari material serbuk gergajian kayu bayam. Proses pirolisis menggunakan temperatur mulai dari 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C. Dengan menggunakan variasi waktu yang di gunakan mulai, 60, 90, 120, 150 dan 180. Di simpulkan untuk mendapatkan kalor yang paling tinggi pada temperatur 350°C holding 90 menit [12].

Komposit kampas rem dengan menggunakan serat cantula 2,56% dengan cara perlakuan kimiawi di rendam menggunakan NaOH selama 240 menit dengan aquades berbanding 5% [13]. Hasil pengujian material kampas rem sudah memenuhi syarat sesuai SNI bila dilihat dari uji

panas pada temperatur 150°C hingga 200°C, dengan nilai koefisien gesek 1,10, berdasarkan SNI koefisien gesek 1.02 [14]. Guna mendapatkan hasil keausan perlu diuji sesuai standat SNI ternyata kampas rem yang berlaku di komersial [15].

Penyebab keausan ada beberapa faktor yang di antaranya dapat di pengaruhi oleh kimiawi, korosi, dan mekanik. Pengertian keausan hilangnya permukaan material yang di akibatkan oleh geesekan atau sentuhan antar permukaan.

Berikut Rumus keausan :

$$N = \frac{W_0 - W_1}{\Delta t} \text{ (gr/mm}^2 \text{ detik)} \quad (1)$$

Dimana,

N = Keausan (gr/mm² .detik.)

W_0 = Bahan awal sebelum di uji (gram)

W_1 = Bahan setelah di uji (gram)

t = Lamanya pengereman (detik)

Δ = Luas keausan (mm²)

HD Hardness Duro Meter

Alat tersebut di gunakan untuk mengukur kekerasan material yang terbuat dari polimer, karet dan elastomer dengan standar ASTM D2240 – 00 seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat uji kekerasan HD

Kelenturan

Pengujian kelenturan komposit dengan menggunakan standar ASTM D 790, untuk alat uji kelenturan dapat dilihat [16] pada Gambar 2. Rumus kekuatan lentur material (Gibson,1994):

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (2)$$

Dimana,

σ = Tegangan

F = gaya

b = lebar

d = tebal



Gambar 2. Alat uji kelenturan

METODE PENELITIAN

Bahan dasar serat penguat pad berupa gergajian kayu yang, di pirolisis dengan tujuan untuk di jadikan karbon yang tahan panas walau kena gesekan, suhu yang di gunakan 250°C selama kurun waktu 120 menit. Berikut proses penyiapan pembuatan *brake pads*, menyiapkan serbuk yang sudah dipirolisis, epoxy (Gambar 4.), alat bejana ukur dan cetakan spesimen. Dengan perbandingan, 40%:60% , 50% :50% dan 60% 40%. Serbuk karbon atau arang : epoxy.

Langkah berikutnya menakar serbuk arang (Gambar 5.) dan resin epoxy sesuai takaran yang di inginkan pada penelitian, membuat specimen uji di cetak sesuai dengan uji masing – masing. Pengujian tekan (Gambar 3.) menggunakan alat tekan dengan beban 2500 kg selama 7 menit. Tujuan ditekan untuk mendapatkan sifat keras dan daya rekat yang kuat kekerasan yang tinggi sesuai standar pad.

Peneliti terdahulu, bahan baku penguat terbuat dari serbuk logam, asbestos dan di campur dengan bahan lainnya bermatrik polyester.

Penelitian ini, bahan bakunya dari serbuknya di pirolisis terlebih dahulu pada suhu 250°C selama 120 menit, lalu di dinginkan secara pelan – pelan. Tujuannya bahan bisa bertahan hingga puluhan tahun tidak mudah rusak, tahan terhadap gesekan, panas dan tidak menimbulkan pencemaran udara yang mengganggu kesehatan.

Keterbaruan, Bahan serbuk kayu di pirolisis pada suhu 250°C, di tahan 2 jam lalu di dinginkan perlahan lahan dengan tujuan serbuk karbon bisa mengeras dan bisa membuka dan hasil material pad (Gambar 6.) daya ikat lebih kuat, kekerasan, kelenturan dan keausan (Gambar 7.) sesuai standar seperti komersial.



Gambar 3. Alat uji tekan material pad



Gambar 7. Mesin Pengujian keausan ogoshi

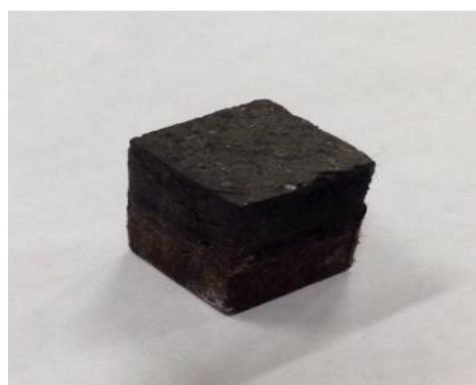


Gambar 4. Cairan epoxy



Gambar 5. Serbuk karbon

Spesimen uji keausan dengan menggunakan mesin Ogoshi material *brake pad* di potong sebagai berikut, panjang 10 mm, lebar 10 mm tebal 15 mm.



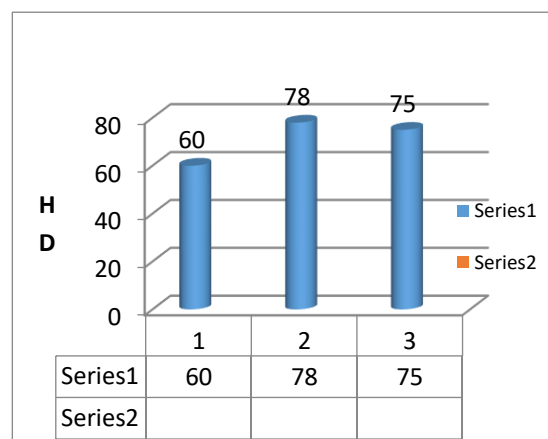
Gambar 6. Spesimen uji keausan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, berikut hasil uji kekerasan dapat dilihat pada [Tabel 1.](#) dan [Gambar 8.](#)

Tabel 1. Uji kekerasan

NO	Temperatur Karbonasi (C)	Fraksi Volume	Kekerasan HD
1.	Pirolisis 250°C	40% Filler : 60% Epoxy	60,0
		50% Filler : 50% Epoxy	78,0
		60% Filler : 40% Epoxy	75,0
2.	komersial	Standar	52



Gambar 8. Diagram kekerasan

Keterangan :

Fraksi volume 40%

Fraksi volume 50%

Fraksi volume 60%

Komposit *brake pad* dengan campuran yang berbeda komosisinya ternyata dapat disimpulkan semakin banyak arang gergajian kayu jati dapat meningkatkan kekerasan yaitu pada fraksi volume 50% arang : 50% resin epoxy dengan hasil, 78 HD.

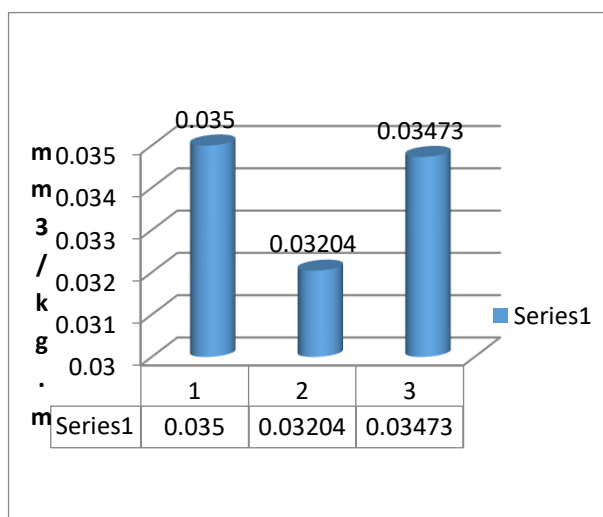
Analisis Hasil Data Pengujian Keausan

Komposit bahan *brake pad* untuk di uji ketahanan keausan dengan menggunakan variasi fraksi volume yang

berbeda – beda seperti pada Tabel 2. dan Gambar 9. berikut:

Tabel 2. Pengujian keausan

Variasi spesimen arang	Tabel Dics (B:mm)	Jari-jari Dics (r:mm)	Panjang wear (B:mm)	Volume Tergores (W:mm ²)	Keausan (Ws:mm ³ /m)
40%:60%	3,37	13,6	4,71	2,22605	0,03500
50%:50%	3,45	13,8	4,04	1,50607	0,03204
60%:40%	3,45	13,6	4,73	2,21565	0,03473



Gambar 9. Diagram keausan

Keterangan :

Fraksi volume 40%

Fraksi volume 50%

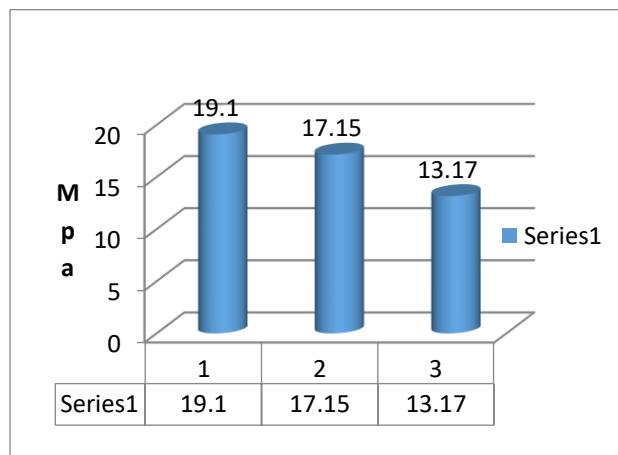
Fraksi volume 60%

Hasil pengujian keausan menggunakan alat Ogoshi yang paling terendah di dapatkan pada fraksi volume 50 : 50% serbuk karbon kayu jati hasil perlakuan pirolisis 0,03204mm³ / kg . m. Berarti bondingnya antara serbuk karbon dan matriks di bilang bagus.

Menganalisa uji kelenturan

Tabel 3. Uji lentur

No	Fraksi Volume	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Gaya (Newton)	Tegangan bending (Mpa)
1	40% arang: 60% epoxy	15,73	6,17	225	19,10
2	50% arang: 50% epoxy	15,73	6,17	215	17,15
3	60% arang: 40% epoxy	15,73	6,17	1176	13,17



Gambar 10. Diagram uji lentur

Berdasarkan hasil uji lentur pada Tabel 3. dan Gambar 10. yang paling besar pada Fraksi Volume 40 : 60% = 19,1Mpa, antara serbuk karbon dan epoxy sebagai matriks, nilai terendah yaitu 13,17Mpa pada fraksi volume 60 : 40%.

PENUTUP

Simpulan

Hasil uji mekanik kekerasan material *brake pad* 50% : 50% = 78 Hard Durometer (HD), 40% : 60% = 60 Hard Durometer. Pengujian keausan terendah di dapatkan pada fraksi Volume = 50% : 50% = 0,02404 mm³ / kg. m, hasil pengujian tertinggi 40% : 60% = 0,03500 mm³/kg.m. Hasil uji lentur di dapat nilai terbesar 40% : 60% = 19,1Mpa, terendah 60% : 40% = 13,17Mpa. Hasil analisa pirolisis serbuk kayu jati hasil mekaniknya bisa bersaing dengan komersial.

Saran

1. Suhu pirolisis bisa di variasikan hingga di atas 250°C dengan tujuan untu membakar kandungan lignin
2. Peneliti bisa memvariasikan Fraksi Volume yang berbeda sehingga mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan.
3. Serbuk kayu jati untuk dijadikan *brake pad* ada yang perlu diperkakukan secara kimiawi maupun dikarbonisasi.

Dapat meneliti lebih lanjut mengenai gaya yang terjadi pada sambungan *chassis* pada saat diberi beban statik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Arif, D. Irawan, and M. Jainudin, “Analisis Sifat Mekanis Perbandingan Campuran Komposit Serbuk Gergaji Kayu Jati Dengan Matrik Epoxy Untuk Material Kampas Rem Cakram,” *J. Technopreneur*, vol. 7, no. 2, pp. 58–63, 2019, doi: 10.30869/jtech.v7i2.385.
- [2] K. Ridhuan, D. Irawan, and R. Inthifawzi, “Proses

- Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 69–78, 2019, doi: 10.24127/trb.v8i1.924.
- [3] I. Qiram, D. Widhiyanuriyawan, and W. Wijayanti, “Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (*Switenia Macrophylla*) Pada Rotary 39 Kiln,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 39–44, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.01.6.
- [4] P. I. Purboputro, “PEMBUATAN KAMPAS REM MENGGUNAKAN VARIASI BUTIRAN MESH ALUMINIUM SILICON (Al-Si) 50, 60, 100 DENGAN SERBUK KAYU JATI TERHADAP NILAI TINGKAT KEKERASAN, KEAUSAN DAN KOEFISIEN GESEK,” *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 1, pp. 35–45, 2020, doi: 10.23917/mesin.v21i1.9753.
- [5] F. Yudhanto, S. A. Dhewanto, and S. W. Yakti, “Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati,” *Quantum Tek. J. Tek. Mesin Terap.*, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.18196/jqt.010104.
- [6] K. Kosjoko, “Serbuk Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F*) sebagai Bahan Penguat Komposit Brake Pad Sepeda Motor Bermatriks Epoxy,” *J-Proteksion*, vol. 6, no. 1, pp. 16–19, 2021, doi: 10.32528/jp.v6i1.4979.
- [7] K. Kosjoko and N. A. Mufarida, “Pemanfaatan Limbah Serbuk Arang Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F*) sebagai Material Brake Pads,” *J-Proteksion J. Kaji. Ilm. dan Teknol. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 21–27, 2022, doi: 10.32528/jp.v7i1.8052.
- [8] M. N. A. Endah Ayuningtyas, “Teknik Lingkungan Institut Teknologi Yogyakarta Teknik Lingkungan Universitas Proklamasi 45 Alamat email : endaha25@ity.ac.id ABSTRAK CHARACTERISTIC STUDY OF PYROLYSIS PROCESS AND CHARCOAL FROM SAWDUST BRIQUETTE WITH HEATING RATE VARIATIONS USING SINGLE R,” vol. 19, no. 1, pp. 1–14, 2019.
- [9] J. T. Kimia and P. N. Malang, “Pengaruh Waktu Pirolisis Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Hasil Asap Cair,” *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 1, pp. 28–35, 2022, doi: 10.33795/distilat.v8i1.227.
- [10] M. Arman and M. Munira, “Produksi Bahan Bakar Alternatif Briket Dari Hasil Pirolisis Bahan Batubara Dan Serbuk Gergaji,” *J. Chem. Process Eng.*, vol. 3, no. 2, p. 27, 2019, doi: 10.33536/jcpe.v3i2.260.
- [11] M. Wijaya, E. Noor, T. T. Irawadi, and D. G. Pari, “PERUBAHAN SUHU PIROLISIS TERHADAP STRUKTUR KIMIA ASAP CAIR DARI SERBUK GERGAJI KAYU PINUS Pyrolysis Temperature Change at Chemical Wood Vinegar Component from Pine Wood Sawdust,” *Perubahan Suhu Pirolisis terhadap Strukt. Kim. J. Ilmu dan Teknol. Has. Hutan*, vol. 1, no. 2, pp. 73–77, 2008.
- [12] I. Nuhardin, “Kualitas Limbah Serbuk Gergaji Untuk Arang Yang Diperoleh Dengan Metode Pirolisis Lambat,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 166–173, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i2.810.
- [13] H. S. Budiono, E. Surojo, N. Muhyat, and I. Taufik, “Analisis Pengujian Porositas Terhadap Hasil Post Curing Komposit Kampas Rem,” *J. Mech. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 29–35, 2020, doi: 10.31002/jom.v4i2.3414.
- [14] S. Sumiyanto, A. Abdunnaser, and A. N. Fajri, “Analisa Pengujian Gesek, Aus Dan Lentur Pada Kampas Rem Tromol Sepeda Motor,” *Bina Tek.*, vol. 15, no. 1, p. 49, 2019, doi: 10.54378/bt.v15i1.872.
- [15] R. Kennedy, E. Surojo, and W. Wisnu Raharjo, “Studi Karakteristik Kampas Rem Kendaraan Penumpang Type Oes (Original Equipment Sparepart) Dan Am (After Market) Pada Dry Dan Wet Sliding,” *Mek. Maj. Ilm. Mek.*, vol. 18, no. 1, pp. 28–34, 2019, doi: 10.20961/mekanika.v18i1.35043.
- [16] Warman, H. Darmadi, Abdillah, and Safitri, “Pengembangan bahan kampas rem tromol (drum brake pad) sepeda motor berbahan dasar komposit cangkang dan serat buah kelapa sawit Dengan poliuretan sebagai pengikat,” *Reg. Dev. Ind. Heal. Sci. Technol. Art Life*, pp. 122–129, 2016.