

Karakteristik Kampas Rem Dari Komposit Serbuk Arang Tempurung Kelapa dan Serbuk Tulang Sapi

Arief Novianto^{a*}, Rifky Ismail^b, Bagus Ari Saputra^c

^aProgram Studi Teknologi Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan
Jalan Semeru no.3, Slerok, Kec. Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah 52125

^bDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275

^cProgram Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan
Jalan Semeru no.3, Slerok, Kec. Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah 52125

*E-mail: ariefnovianto@pktj.ac.id

Abstract

The number of vehicles being added in Indonesia is increasing every year, so the demand for auto parts is bound to increase as well. The brake pad is one of the most significant and rapidly changing components. Asbestos regulations begin to restrict brake linings. Asbestos brake pads are being phased out in favor of more environmentally friendly or asbestos-free alternatives since they constitute a health and environmental risk. This is why it is suggested that brake pads be made from asbestos-free materials. One of them is to develop the application of a mixture of coconut charcoal powder and cow bone powder as a composite material for brake pads. In addition to coconut shell charcoal and beef bone, other materials used to make composite brakes are aluminium powder, epoxy resin and MgO. These materials are printed by hot pressing at 180°C. This was an experimental research in which three different preparations were modeled. Furthermore, composite brake pads are evaluated for hardness, wear, and heat resistance in order to determine the optimal model. According to the test results, sample 1 has the maximum hardness value of 71.44 HV. Sample 1 has the lowest abrasion value of 2.62 mm²/kg, making it difficult to wear. In the heat resistance test, all three samples meet the SAE J661 requirement because the surface is not damaged during the 360°C test, such as stamping, cracking, puncture, or warping. Thus, sample 1 is the best of the three, with the highest hardness value, the least abrasion, and no damage in the heat resistance test.

Keywords: brake pads, asbestos, non-asbestos, cow bone, coconut shell

Abstrak

Penambahan jumlah kendaraan di Indonesia yang semakin meningkat setiap tahunnya, sehingga permintaan akan komponen kendaraan dipastikan akan ikut meningkat. Salah satu komponen yang paling penting serta mengalami pergantian yang cepat ialah kampas rem. Kampas rem sudah mulai diatur regulasinya terkait dengan bahan yang digunakan, yaitu bahan asbestos. Kampas rem bahan asbestos sudah mulai diganti dengan bahan yang lebih ramah lingkungan/ non asbestos karena membahayakan kesehatan dan lingkungan. Maka dari itu pembuatan kampas rem dengan bahan non-asbestos mulai digalakkan. Salahnya satunya dengan mengembangkan penggunaan bahan campuran serbuk arang tempurung kelapa dan serbuk tulang sapi yang diolah menjadi bahan komposit kampas rem. Selain arang tempurung kelapa dan tulang sapi, bahan lain yang digunakan untuk membuat rem komposit adalah serbuk Aluminium, resin epoxy, dan MgO. Bahan-bahan tersebut dicetak dengan metode hotpress dengan suhu 180^o C. Penelitian ini merupakan penelitian experimental dengan membuat sampel untuk 3 komposisi yang berbeda. Selanjutnya sampel kampas rem komposit tersebut dilakukan uji kekerasan, uji keausan dan ketahanan panas sehingga diketahui sampel terbaik yang bisa didapat. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh nilai kekerasan tertinggi 71,44 HV pada sampel 1. Nilai keausan terkecil sebesar 2,62 mm²/kg terdapat sampel 1 yang menyebabkan sampel 1 tidak mudah aus. Sedangkan untuk uji ketahanan panas ketiga sampel memenuhi kriteria SAE J661 karena permukaan tidak rusak seperti hancur, retak, berlubang serta melengkung saat diuji pada suhu 360^o C. Sehingga dari 3 sampel tersebut sampel 1 merupakan sampel terbaik dengan nilai kekerasan tertinggi, tingkat keausan terendah dan tidak rusak saat diuji ketahanan panas.

Kata kunci: kampas rem, asbestos, *non-asbestos*, tulang sapi, tempurung kelapa

1. Pendahuluan

Peningkatan kendaraan di Indonesia semakin tinggi didukung dengan belum adanya peraturan mengenai masa pakai kendaraan. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) terjadi peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Khusus untuk jumlah sepeda motor sendiri bisa naik sekitar 3 juta per tahunnya.

Pada kendaraan bermotor terdiri dari beberapa sistem yang membentuk kendaraan, salah satunya adalah sistem rem. Sistem rem merupakan komponen yang sering melakukan penggantian karena pemakaian dari kendaraan itu sendiri. Sebelumnya bahan kampas rem dibuat dari bahan asbestos. Seiring dengan perkembangan teknologi yang ramah lingkungan maka bahan asbes sendiri sudah mulai digantikan dengan non-asbestos. Hal ini karena ada beberapa faktor yang sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Asbestos bersifat karsinogenik bagi manusia yang dapat menyebabkan kanker paru, *laring* dan *ovarium* [1]. Penggunaan asbes sudah diatur oleh pemerintah terkait produksi, pekerja, penggunaan dan pemakaiannya maka dari itu bahan yang digunakan dalam pembuatan kampas rem harus ramah lingkungan. Serbuk tulang sapi dapat dijadikan sebagai alternatif bahan campuran atau adsorben dengan kandungan tulang sapi yang mengandung Al, O, Ca, K serta tembaga [2]. Banyaknya limbah tulang sapi dan belum dimanfaatkan secara maksimal di masyarakat, maka tulang sapi ini dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk pengembangan bahan campuran bantalan rem non-asbestos.

Indonesia termasuk penghasil kelapa terbesar di dunia dan pertumbuhannya merata di Pulau Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Sumatra, dan Irian. Berdasarkan sifat yang dimiliki tempurung kelapa memiliki potensi sebagai bahan alternatif bahan bantalan/kampas rem non-asbestos dengan campuran bahan penguat yang lainnya seperti resin yang berfungsi untuk mengikat zat penyusun di dalam bahan friksi [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho [4] menyebutkan bahwa dengan pemanfaatan kedua bahan tersebut yaitu arang tempurung kelapa dan serbuk tulang sapi, belum mendapatkan hasil yang maksimal dari uji kekerasan dan keausan karena ada beberapa faktor mempengaruhi seperti proses pencetakan, variasi dan komposisi bahan. Afolabi dkk., [5] yang meneliti serbuk tulang sapi dengan hasil penelitian bahwa tulang sapi dapat menggantikan bahan campuran kampas rem apabila digabungkan dengan bahan yang sesuai.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan variasi pada bahan campuran pembuat kampas rem dengan menggabungkan bahan arang tempurung kelapa dan serbuk tulang sapi sebagai penguat dalam komposit untuk menghasilkan bahan alternatif yang lebih baik dengan bahan yang terbarukan dan dapat diaplikasikan pada kendaraan bermotor. Komposit alam sudah banyak digunakan pada komponen otomotif tetapi dalam jumlah yang masih terbatas [6] Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis karakteristik yang didapat pada pembuatan kampas rem untuk sepeda motor berbahan komposit yaitu karakteristik kekerasan, keausan, dan ketahanan panas.

2. Material dan Metode Penelitian

Alat dan bahan yang dipersiapkan yaitu sebagai berikut: (1) Cetakan kampas rem dengan ukuran 12x8x4 cm; (2) Jangka sorong; (3) Mesin gerindra; (4) Ayakan *mesh* ukuran 100 ; (5) *Oven* Listrik; (6) Gelas ukur; (7) Timbangan digital; (8) Peralatan tambahan seperti pisau dan obeng. Cetakan kampas rem mempunyai volume sebesar 384 cm³ seperti yang terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Cetakan Kampas Rem

Bahan yang digunakan sebagai berikut: (1) Serbuk arang tempurung kelapa; (2) Serbuk tulang sapi; (3) Serbuk Aluminium; (4) Serbuk MgO; (5) Resin Epoxy. Bahan –bahan ini kemudian dipisahkan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan pada **Tabel 1**. Serbuk arang tempurung kelapa dan serbuk tulang sapi merupakan bahan utama yang komposisinya berbeda tiap specimen. Sedangkan serbuk Aluminium, serbuk MgO dan resin epoxy mempunyai komposisi yang sama untuk tiap specimen. MgO mempunyai sifat tahan air, tahan api, tahan terhadap pelapukan, dan memiliki ketahanan permukaan yang kuat [7]. Resin epoxy mempunyai karakteristik sebagai perekat dan penguat serat. Sedangkan serbuk Aluminium digunakan sebagai bahan pengisi untuk mengurangi dan menghindari ruang kosong pada pembuatan kampas komposit.

Dalam penelitian menggunakan metode eksperimental. Proses penelitian dibagi dalam 3 tahapan. Pertama persiapan bahan dan alat yang diperlukan dalam proses penelitian yaitu arang tempurung kelapa, serbuk tulang sapi, serbuk aluminium, resin epoxy dan magnesium oksida (MgO). Tahap kedua yaitu pembuatan spesimen atau sampel komposit yang terbagi dalam 3 variasi dengan proses cetak kampak rem dibuat dengan alat *hotpress* dengan suhu 180° C, dengan beban 5 ton selama 15 menit. Tahap ketiga dilakukan uji terhadap 3 spesimen yang telah dicetak yaitu uji keausan, uji kekerasan dan uji ketahanan panas, di Laboratorium Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta.

Alat *hotpress* yang dipakai adalah jenis hidrolik sehingga mampu melakukan pencetakan sampel produk secara maksimal dengan beban 5 ton. Alat *hotpress* yang dipakai sesuai pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Alat Hotpress hidrolik

Untuk komposisi bahan dari sampel produk kampak rem seperti yang terlihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Komposisi Bahan

No	Bahan	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)	Sampel 3 (%)
1	Serbuk Tulang Sapi	30	35	40
2	Serbuk Arang Tempurung Kelapa	25	20	15
3	Serbuk Alumunium	5	5	5
4	Resin Epoxy	25	25	25
5	MgO	15	15	15
6	Suhu <i>Hotpress</i>	180 ⁰	180 ⁰	180 ⁰

Setelah dihasilkan cetakan sesuai komposisi di **Tabel 1** kemudian dilanjutkan ke tahap pemotongan dengan menggunakan mesin gerindra dengan ukuran yang telah ditentukan oleh pihak laboratorium agar bisa dilakukan pengujian. Selanjutnya setiap sampel ditekan dengan alat *Hotpress* yang telah ditentukan dengan beban 5 ton, suhu 180°C dengan waktu selama 15 menit. Lalu dilakukan pengeringan dengan menggunakan *oven* listrik dengan suhu 100°C selama 1 jam. Setelah selesai cetakan dilakukan pemotongan kembali untuk tahap uji kekerasan, keausan, dan ketahanan panas sesuai yang telah ditentukan ukurannya oleh laboratotium seperti terlihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Pemotongan Sampel

2.1. Pengujian Kekerasan

Pada pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Vickers*, pengujian kekerasan untuk mendapatkan nilai kekuatan komposit yang telah dijadikan sebuah material. Uji kekerasan dilakukan dengan beban 60 kg, sampel cetakan harus dipotong dengan ukuran panjang 30mm, lebar 20mm dan tebal maksimal 10mm.

Pengujian dilakukan dengan menguji 3 buah sampel komposit yang terdiri dari 3 variasi komposisi. Setiap sampel dilakukan pengujian kekerasan dengan melakukan penjejakan 3 titik dengan beban sebesar 60 kg selama 15 detik. Nilai kekerasan *Vickers* dihitung dengan rumus [8] sebagai berikut:

$$HV = 1,854 \times (p/d^2) \quad (1)$$

Keterangan :

HV = *Hardness Vickers* (kg/mm²)

p = beban yang menekan (kg)

d = diagonal bekas penetrator(mm)

2.2. Pengujian Keausan

Pada pengujian keausan dengan menggunakan metode Oghosi, alat ini digunakan untuk mengetahui laju keausan pada material yang akan di uji. Uji keausan dilakukan dengan menggunakan *disc rotor* berdiameter 13,06 mm, ketebalan 3 mm, beban 2,12 kg, selama 4,12 menit. Untuk memperoleh hasil uji dapat menggunakan rumus berikut [9]:

$$Ws = \frac{B \times b_o^3}{8 \times r \times P_o \times L_o} \quad (2)$$

Keterangan:

Ws = Harga keausan spesifik (mm²/kg)

B = Tebal revolving disc atau lebar piringan pengaus (mm)

r = jari-jari revolving disc (mm)

bo = Lebar celah yang terabrasi (mm)

Po = Beban kontak (kg)

Lo = Jarak lintasan (m)

2.3. Pengujian Ketahanan Panas

Pada pengujian ketahanan panas dilakukan di laboratorium Universitas Gadjah Mada dengan menggunakan alat *furnace*. Alat *furnace* diatur pada suhu 360^o C selama satu jam. Nantinya pada uji ketahanan panas dapat dilihat apakah spesimen yang diuji terdapat perubahan bentuk, retak atau rusak pada permukaannya [10].

3. Hasil Dan Pembahasan

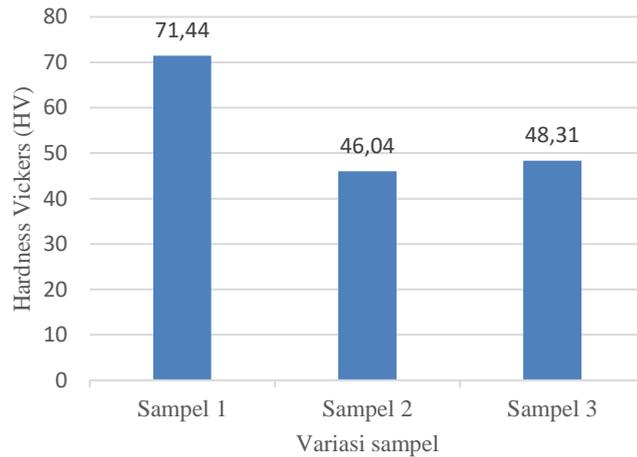
Berikut hasil uji selama melakukan eksperimen dengan kampas rem komposit. Pada hasil penelitian dengan 3 sampel variasi komposisi bahan yang dikeluarkan oleh Laboratorium diperoleh hasil sebagai berikut:

3.1. Hasil Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan dengan menggunakan metode *Vickers* dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan

Spesimen	Indentasi d(mm)	HV (kg/mm ²)	Rata-rata HV
Sampel 1	1,23	73,14	71,44
	1,24	71,96	
	1,27	69,21	
Sampel 2	1,55	46,28	46,04
	1,57	45,41	
	1,55	46,44	
Sampel 3	1,51	48,67	48,31
	1,52	48,03	
	1,52	48,24	



Gambar 3. Rata-rata hasil uji kekerasan tiap sampel

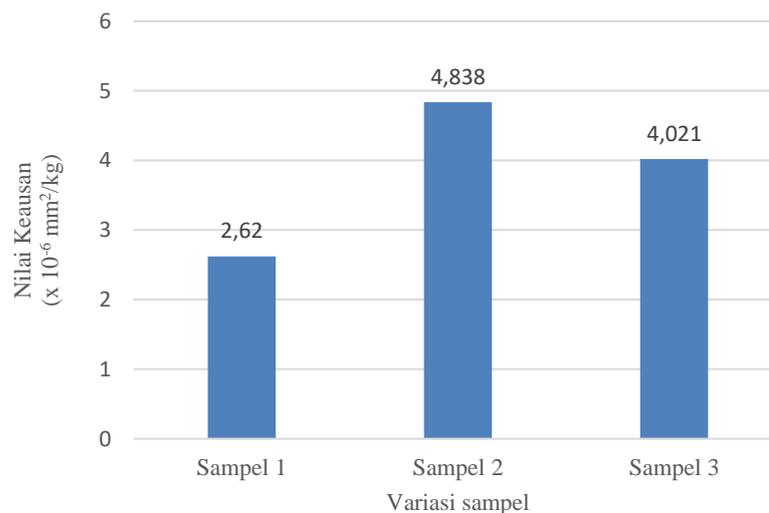
Berdasarkan data pada **Gambar 3** bahwa sampel 1 dengan komposisi bahan utama serbuk arang tempurung kelapa 25% dan serbuk tulang sapi 30% mendapatkan nilai kekerasan yang tertinggi dengan hasil rata-ratanya sebesar 71,44 HV. Sedangkan sampel 2 menghasilkan tingkat kekerasan terendah dengan nilai rata-ratanya 46,04 HV. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa serbuk arang tempurung kelapa dapat meningkatkan kekerasan dari sampel. Terbukti dengan dikurangnya prosentase dari serbuk arang tempurung kelapa maka nilai kekerasannya menjadi turun. Arang tempurung kelapa mengandung SiO_2 sehingga menambah sifat keras pada sampel yang mempunyai prosentase serbuk arang tempurung kelapa lebih tinggi [11].

3.2. Hasil Uji Keausan

Dari hasil keausan yang dilakukan maka didapat hasil seperti pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Hasil Uji Keausan

Specimen	Nilai Keausan(Ws) (mm^2/kg)
Sampel 1	$2,620 \times 10^{-6}$
Sampel 2	$4,838 \times 10^{-6}$
Sampel 3	$4,021 \times 10^{-6}$



Gambar 4. Nilai keausan tiap sampel

Dari **Gambar 4**, diperoleh hasil bahwa sampel 1 mempunyai tingkat keausan gesek lebih kecil dibanding sampel 2 dan sampel 3. Sampel 1 nilai keausannya adalah $2,620 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Sedangkan tingkat keausan tertinggi didapat pada sampel 2 yaitu sebesar $4,838 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Pada sampel 1, serbuk arang tempurung kelapa yang mempunyai sifat

mengeraskan sampel cukup berpengaruh terhadap tingkat keausan. Sedangkan serbuk tulang sapi yang mengandung Carbon 22,029% [2] juga membantu menguatkan sampel 1 sehingga tidak mudah aus. Tetapi bila prosentase serbuk arang tempurung kelapa berkurang maka akan berpengaruh terhadap tingkat keausan. Hal ini karena serbuk arang tempurung kelapa mempunyai sifat fisik dan mekanik yang baik yaitu kekerasan dan kerapatannya yang tinggi serta serapan airnya rendah [8].

3.3. Hasil Uji Ketahanan Panas

Dalam uji ketahanan panas menggunakan alat furnace pada suhu 360° selama satu jam. Dalam uji ketahanan panas yang dilakukan semua sampel tidak terdapat perubahan bentuk, hanya terdapat perubahan warna serta pengurangan berat karena pengaruh kadar air yang berkurang saat sampel diuji. Hasil uji ketahanan panas bisa dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Uji Ketahanan Panas

Specimen	Sebelum Pengujian	Sesudah Pengujian	Keterangan
Sampel 1			Terjadi perubahan warna tetapi permukaan tidak rusak.
Sampel 2			Ada perubahan warna. Permukaan tidak rusak
Sampel 3			Adanya perubahan warna pada spesimen. Permukaan tidak rusak

Pada sampel 1, 2 dan 3 hanya terdapat perubahan warna karena dipengaruhi oleh faktor pembakaran pada suhu 360° C, dari warna abu-abu berubah menjadi warna hitam bekas pembakaran. Pada sampel 1 dan 2 perubahan warna hanya di bagian tengah material uji. Sedangkan untuk sampel 3 perubahan warna tidak begitu pekat masih didominasi dengan warna abu-abu. Uji ketahanan panas sudah sesuai dengan standart kampas rem SAE J661 karena tidak ada kerusakan pada permukaan material seperti hancur, retak, berlubang serta melengkung saat diuji pada suhu 360° C [12].

4. Kesimpulan

Dari hasil data pengujian dan pembahasan, maka dapat di ambil kesimpulan bahwa komposisi campuran serbuk arang tempurung kelapa dan serbuk tulang sapi sangat berpengaruh pada karakteristik kampas rem sepeda motor yang dibuat. Pengujian kekerasan yang terbaik ada pada sampel 1 dengan nilai kekerasan 71,44 HV. Prosentase serbuk arang tempurung kelapa yang tinggi dapat meningkatkan nilai kekerasan. Sedangkan untuk hasil pengujian keausan metode oghosi mendapatkan hasil terbaik sebesar $2,62 \times 10^{-6}$ mm²/kg yang didapat pada sampel 1. Bila nilai kekerasan tinggi maka tingkat keausannya semakin rendah. Hal ini didapat dari unsur carbon yang didapat dari serbuk tulang sapi dan ditunjang dengan serbuk arang kelapa yang mempunyai sifat menambah nilai kekerasan. Untuk uji ketahanan panas semua sampel sudah memenuhi standar SAE J661. Semua sampel dikenai perlakuan panas pada alat *furnace* dengan suhu 360^o C tidak mengalami kerusakan, hanya berubah warna saja. Secara keseluruhan sesuai hasil uji kekerasan, hasil uji keausan, dan ketahanan panas didapatkan sampel terbaik yaitu sampel 1 dengan komposisi utama 30% serbuk tulang sapi dan 25% serbuk arang tempurung kelapa, Untuk komposisi lainnya seperti serbuk aluminium, MgO, *resin epoxy* dan perlakuan *hotpress* 180^o C sama untuk setiap sampelnya.

Daftar Pustaka

- [1] Buana,I., Harahap,D.A., 2022, “Asbestos, Radon Dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Kanker Paru Pada Perempuan Bukan Perokok”, *AVERROUS:Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Malikussaleh*, 8(1), 1-16
- [2] Previanti, P., Sugiani,H., Pratomo, U., Sukrido., 2015, “Daya Serap Dan Karakterisasi Arang Aktif Tulang Sapi Yang Teraktivasi Natrium Karbonat Terhadap Logam Tembaga”, *Chimica et Natura Acta*, 3(2),48-53
- [3] D. Kiswiranti, Sugianto, N. Hindarto, Sutikno.,2009, “Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi Non-Asbes pada Kampas Rem Sepeda Motor”, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 5,62–66.
- [4] Nugroho, A. R., 2022, “Pemanfaatan Bonggol Jagung dan Tempurung Kelapa Sebagai Komposit Kampas Rem”, *Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan*
- [5] Afolabi,M., Abubakre,O.K., Lawal,S.A., Raji,A., 2015, “Experimental Investigation Of Palm Kernel Shell And Cow Bone Reinforced Polymer Composites For Brake Pad Production”, *International Journal of Chemistry and Materials Research*, 3(2), 27-40
- [6] Sulaiman, M., dan Rahmat,M.H., 2018, “Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer Dengan Serat Alam Untuk Produk Otomotif”, *Seminar Nasional Teknik Mesin*,
- [7] Marrobi, A., Pambudi, T.S., Azhar, H., 2022, “Pengolahan Limbah Serbuk Kayu dengan Pencampuran Magnesium Oksida dan Magnesium Klorida Menjadi Lapik Gelas”, *e-Proceeding of Art & Design*, 9(1),104-110
- [8] Tarsono,Y.P., Rahmalina,D., 2021, “Pengaruh Karbon Aktif Dan Serbuk Tempurung Kelapa Matrik Aluminium Terhadap Kekerasan Brake Pad Komposit”, *Teknobiz:Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 11(2),94-101
- [9] Ihsan,M.N, Wicaksono,D., Sehon., 2022, “Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Limbah Organik Menggunakan Metode Ogoshi”, *Jurnal Teknik, Elektro, Engine*, 8(1), 92-96
- [10] Yudhanto, F., Dhewanto, S.A., Yakti, S.W.,” Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati”, *Jurnal Quantum Teknika*, 1(1), 19-27, 2019
- [11] Salman, Triady.A.A.A dan Rahman,M.A., 2018, “Pengaruh Variasi Komposisi Arang Kelapa Dan Kayu Berpenguat Serat Ijuk Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Kampas Rem”, *Dinamika Teknik Mesin*, 8(2), 64-68
- [12] Upara,N., Laksono,T.B., 2019, “Analisis Komparasi Kualitas Produk Kampas Rem Cakram Antara Original Dengan After Market”, *Jurnal ASIIMETRIK*, 1(1),26-33