



Analisa Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa dan Serat Bambu pada Pembuatan Kampas Rem Komposit dengan Uji Mekanis

Supriadi¹, Hendra Susilo¹, Mulia¹, Safri Gunawan², Nyoto Saputra¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, STT. Sinar Husni Medan, Indonesia

² Tekni Otomotif, Fakultas Teknik, Univeritas Negeri Medan, Indonesia

E-mail: supriadi.alif81@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan berdasarkan kebutuhan dalam penggunaan kampas rem yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan dan perkembangan produksi kendaraan khususnya di Indonesia. Penggunaan cangkang kemiri yang masih belum dimanfaatkan secara maksimal dapat digunakan sebagai penguat kampas rem dengan menggunakan penguat dari serat bambu dan serat sabut kelapa. Tujuan penelitian ini adalah mencari nilai terbaik dari penggunaan serat bambu dan serat sabut kelapa dengan variasi beban pencetakan sebesar 3 ton, 4 ton dan 5 ton dan selanjutnya dilakukan pengujian koefisien gesek dan uji keausan. Bahan utama pembuatan kampas rem komposit ini adalah serbuk cangkang kemiri dengan mesh 100, Serbuk Aluminium dengan mesh 280, serat bambu, serat sabut kelapa dan poliuretan sebagai pengikat. Nilai keausan rata-rata untuk kampas rem sisi A dengan beban 3 ton, 4 ton, dan 5 ton dengan serat bambu dan sabut kelapa sebesar $4,319 \times 10^{-5}$ g/mm².det dan $3,498 \times 10^{-5}$ g/mm².det, $1,051 \times 10^{-5}$ g/mm².det dan $1,228 \times 10^{-5}$ g/mm².det, $3,871 \times 10^{-6}$ g/mm².det dan $1,288 \times 10^{-5}$ g/mm².det, secara berurut. Kampas rem sisi B dengan beban 3 ton, 4 ton, dan 5 ton dengan serat bambu dan sabut kelapa sebesar $4,780 \times 10^{-5}$ g/mm².det dan $5,738 \times 10^{-5}$ g/mm².det, $1,218 \times 10^{-5}$ g/mm².det dan $1,192 \times 10^{-5}$ g/mm².det, $4,087 \times 10^{-6}$ g/mm².det dan $1,127 \times 10^{-5}$ g/mm².det, secara berurut. Nilai koefisien gesek kampas rem dengan beban cetak 3 ton, 4 ton, dan 5 ton dengan penggunaan serat bambu dan serat sabut kelapa sebesar 0,3228 dan 0,255, 0,4554 dan 0,2567, 0,4983 dan 0,3567, secara berurut. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat bambu pada rem komposit berbahan dasar cangkang kemiri akan menurunkan tingkat keausan dan meningkatkan nilai koefisien gesek dibandingkan dengan penggunaan serat sabut kelapa.

Kata Kunci: kata kunci 1; kata kunci 2; kata kunci 3.

Abstract

This research was conducted based on the need for the use of brake linings which is increasing along with the increase and development of vehicle production, especially in Indonesia. The use of candlenut shells that are still not fully utilized can be used as brake pad reinforcement by using reinforcement from bamboo fibre and coconut fibre. The purpose of this study is to find the best value from the use of bamboo fibre and coconut fibre with variations in printing loads of 3 tons, 4 tons and 5 tons and then tested the coefficient of friction and wear test. The main compositions for making these composite brake pads are candlenut shell powder with 100 mesh, aluminium powder with 280 mesh, bamboo fibre, coconut fibre and polyurethane as a binder. The average wear value for the remaining brake lining side A with a load of 3 tons, 4 tons, and 5 tons with bamboo fibre and coconut fibre is 4.319×10^{-5} g/mm².s and 3.498×10^{-5} g/mm².s, 1.051×10^{-5} g/mm².s and 1.228×10^{-5} g/mm².s, 3.871×10^{-6} g/mm².s and 1.288×10^{-5} g/mm².s, respectively. Remaining brake pads Side B with a load of 3 tons, 4 tons, and 5 tons with bamboo fibre and coconut fibre of 4.780×10^{-5} g/mm².s and 5.738×10^{-5} g/mm².s, 1.218×10^{-5} g/mm².s and 1.192×10^{-5} g/mm².s, 4.087×10^{-6} g/mm².s and 1.127×10^{-5} g/mm².s, respectively. The friction coefficient values of brake linings with a printing load of 3 tons, 4 tons, and 5 tons with the use of bamboo fibre and coconut fibre are 0.3228 and 0.255, 0.4554 and 0.2567, 0.4983 and 0.3567, respectively. From the experimental results, it can be concluded that the use of bamboo fibre in composite brakes made from candlenut shells will reduce the level of wear and increase the value of the coefficient of friction compared to the use of coconut fibre.

Keywords: keyword 1; keyword 2; keyword 3.

PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan jumlah sepeda motor di Indonesia mengalami peningkatan baik produksi dalam negeri maupun untuk kebutuhan ekspor. Produksi sepeda motor dalam enam tahun terakhir mengalami peningkatan kecuali pada tahun 2020 penjualan sepeda motor mengalami penurunan akibat dampak dari Covid-19, produksi sepeda motor di Indonesia selama 6 (enam) tahun terakhir dapat dilihat seperti pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Produksi sepeda motor Indonesia tahun 2016 s.d 2021

Year	Wholesales (Unit)	Exports (Unit)
2016	5.931.585	284.065
2017	5.886.103	431.187
2018	6.383.111	630.631
2019	6.487.430	810.188
2020	3.660.616	700.392
2021	5.057.516	803.931

<https://www.aisi.or.id/statistic/> (AISI:2022).

Teknologi sistem pengereman sebagai salah satu bagian pada kendaraan terus mengalami perkembangan dari waktu ke waktu untuk mengimbangi peningkatan kinerja Engine dan peningkatan keselamatan sehingga dapat menghasilkan jarak pengereman yang lebih pendek dan unjuk kerja hasil pengereman akan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: profil jalan, koefisien gesek antara permukaan ban dengan jalan, berat kendaraan dan profil dari kampas rem itu sendiri (Wibowo: 2012).

Material serat kelapa merupakan bahan fiber yang memiliki sifat ringan namun kuat, begitu juga dengan serat bambu. Serat-serat kelapa kering dan bambu dimanfaatkan sebagai penguat resin karena strukturnya yang kaku begitu pula tempurung kemiri yang kekerasannya juga dapat dimanfaatkan. Kampas rem yang terbuat dari bahan non organik seperti Asbestos sangat mudah panas dan mudah blong ketika mencapai suhu gesekan yang tinggi. Sedangkan kampas rem organik dapat menyerap panas dan mampu tahan terhadap suhu tinggi dari proses gesekan juga tidak mudah blong dan menimbulkan bunyi slip karena bahannya mampu kedap suara.

Bahan-bahan yang sering digunakan dalam membuat kampas rem yang fungsinya sebagai penguat antara lain carbon, fiber glass, serbuk aluminium dll. Serat-serat yang

mengandung karbon salah satunya tempurung kemiri dapat dipadukan dengan serat kelapa sebagai pengganti fiber glass untuk menghasilkan kampas rem yang memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan aus yang baik (Suardi: 2021).

Dari uraian diatas peneliti akan mencoba membuat kampas rem cakram komposit berbahan dasar cangkang kemiri yang diperkuat dengan serat sabut kelapa dan serat bambu, sehingga nantinya akan dapat dihasilkan kampas rem yang layak digunakan untuk pengguna sepeda motor.

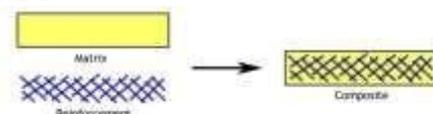
Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui nilai keausan bahan kampas rem dari komposisi cangkang kemiri yang diperkuat dengan serat bambu dan serat kelapa dengan tekanan pada saat pencetakan sebesar 3, 4 dan 5 ton.
2. Untuk mengetahui nilai koefisien gesek bahan kampas rem dari cangkang kemiri yang diperkuat dengan serat bambu dan serat kelapa dengan tekanan pada saat pencetakan sebesar 3,4 dan 5 ton
3. Untuk mengetahui kelayakan kampas rem bahan kampas rem dari cangkang kemiri yang diperkuat dengan serat bambu dan serat kelapa dengan tekanan pada saat pencetakan sebesar 3, 4 dan 5 ton.

KAJIAN LITERATUR

Material Komposit

Didalam dunia industri kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu. Komposit adalah struktur material yang terdiri dari 2 kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada material pengisinya dapat berupa serat alami ataupun serat buatan. Gambaran material komposit dapat dilihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Material Komposit

Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (fiber) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut (matrik). Penggunaan serat sendiri yang diutamakan untuk menentukan karakteristik bahan komposit, seperti : kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. Sebagai bahan

pingisi serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. (Mulia: 2022).

Klasifikasi Rem

Fungsi utama rem adalah menghentikan putaran poros, mengatur putaran poros, dan juga mencegah putaran yang tidak dikehendaki. Efek pengereman secara mekanis diperoleh dengan gesekan, dan secara listrik dengan serbuk magnit, arus pusar, fasa yang dibalik, arus searah yang dibalik atau penukaran kutub dll. Adapun rem gesekan dapat diklasifikasikan lebih lanjut atas:

- a. Rem blok, yang dapat dibagi lagi atas rem blok tunggal dan ganda
- b. Rem drum.
- c. Rem cakram.
- d. Rem pita.

Dalam tulisan ini yang dibahas hanya rem cakram karena rem jenis ini saja yang paling banyak digunakan untuk kendaraan bermotor.

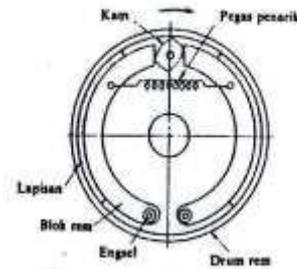
Rem Block Tunggal

Dalam perencanaan rem, persyaratan penting yang harus dipenuhi adalah besarnya momen pengereman yang harus sesuai dengan yang diperlukan. Di samping itu, besarnya energi yang dirubah menjadi panas harus pula diperhatikan, terutama dalam hubungannya dengan bahan gesek yang dipakai, pemanasan yang berlebihan bukan hanya akan merusak bahan lapisan rem tetapi juga akan menurunkan koefisien geseknya.

Rem Blok Ganda

Rem blok tunggal agak kurang menguntungkan karena drum mendapat gaya tekan hanya dalam satu arah hingga menimbulkan momen lentur yang besar pada poros serta gaya tambahan pada bantalan. Kekurangan tersebut dapat diatasi jika dipakai dua blok rem yang menekan drum dari dua arah yang berlawanan, baik dari sebelah dalam atau dari sebelah luar drum. Rem semacam ini disebut rem blok ganda dapat dilihat pada gambar 2. Rem dengan blok yang menekan dari luar dipergunakan untuk mesin-mesin industri dan kereta rel yang pada umumnya digerakkan secara numatik,

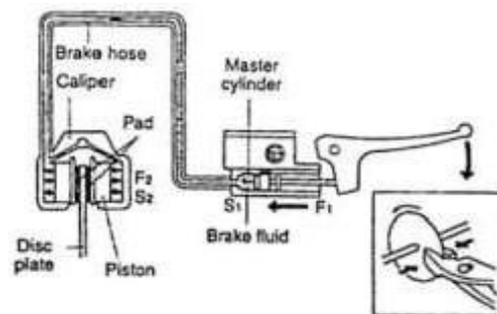
sedangkan yang menekan dari dalam dipakai pada kendaraan jalan raya yang digerakkan secara hidrolik.



Gambar 2. Rem blok ganda

Rem Cakram

Rem cakram terdiri atas sebuah cakram dari baja yang dijepit oleh lapisan rem dari kedua sisinya pada waktu pengereman (lihat gambar 3.). Rem ini mempunyai sifat-sifat yang 57 baik seperti mudah dikendalikan, pengereman yang stabil, radiasi panas yang baik, dll, sehingga sangat banyak dipakai untuk roda depan. Adapun kelemahannya adalah umur lapisan yang pendek, serta ukuran silinder rem yang besar pada roda namun memiliki faktor efektifitas rem (FER) terendah dibanding rem lainnya karena pemancaran panas yang sangat baik sehingga banyak dipakai.



Gambar 3. Rem Cakram Sepeda Motor.

Kampas Rem

Kampas rem merupakan sebuah kepingan yang dipasang pada piringan cakram motor atau mobil untuk memperkecil laju kendaraan tersebut ketika sedang berjalan. Dalam pembuatan kampas rem terbagi atas dua komposisi, ada kampas rem anorganik ada pula kampas rem organik. Kampas rem dari bahan asbestos hanya memiliki satu jenis fiber yaitu asbes yang merupakan komponen yang menimbulkan karsinogenik. rem asbestos dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Kampas Rem Asbestos.

Kampas rem non Asbestos biasanya terbuat dari serat kevlar/aramid, rockwool, fiberglass, steel fiber, carbon, potasium titanate, graphite, cellulose, vemiculate, BaSO₄, resin, dan nitrile butadine rubber. Material jenis ini masih digunakan oleh semua produk original baik dari jepang maupun dari eropa. Kampas rem jenis ini memiliki kelebihan yaitu tidak menimbulkan licin dan stabil (tidak blong/fading) pada saat kampas dan rotor mengalami kontak dan dapat bertahan pada suhu sampai 360⁰C. Kampas rem non asbestos dapat dilihat pada gambar 5. berikut.



Gambar 5. Kampas rem komposit

Cangkang Kemiri

Tanaman kemiri minyak (*reutialis trisperma* (blanco) ayri shaw) saat ini mulai ramai diperbincangkan. Pada awalnya nama ilmiah untuk kemiri minyak adalah *auleurites trisperma* sebagaimana yang dipromosikan oleh Blanco dalam buku flora of philippines tahun 1837 halaman 75 dengan tipe spesimen yang dikoleksi oleh Dr. E.D Merrill, spesies *Blancoanae* no. 145 (iso-tipe berada di Herbarium Bogoriense). saat ini nama ilmiah yang paling tepat untuk kemiri minyak adalah *reutialis trisperma* (Blanco) Airy shaw Kew (Bull, 1967), sinonim *auleurites trisperma* Blanco. Dengan demikian secara taksonomi tanaman kemiri minyak berada dalam marga sendiri yaitu *reutealis airy shaw*.

Serbuk Aluminium (Al)

Serbuk aluminium memiliki banyak manfaat diantaranya adalah dapat digunakan sebagai komponen otomotif karena tahan terhadap korosi dan mudah dibentuk, bahan konstruksi

karena awet dan ringan, pembungkus makanan karena tidak terkontaminasi racun, transmisi listrik dan produk peralatan makanan karena sifatnya yang tahan panas serta dapat dengan mudah didaur ulang (Anonim, 2017). Berat jenis yang rendah ($\rho = 2.7 \text{ } 2,85 \text{ kg/dm}^3$) dan kekuatan yang relatif tinggi dari paduan aluminium adalah faktor-faktor yang menyebabkan penggunaannya untuk motor yang bergerak (mobil) dan alat-alat rumah tangga serta untuk bagian yang bergerak cepat, piston dan batang engkol. Juga digunakan untuk rumah (housing) dan pembalutan (clodding), yakni bagian yang tidak memerlukan kekuatan yang penuh. Faktor positif lainnya adalah sifat penghantar listrik dan panas yang baik. Al jika dipijarkan sampai plastik akan lunak (tarik dalam), tetapi kekuatannya sangat bertambah bila dikerjakan dingin. Pada suhu 100⁰C kekuatan ini menurun drastis, tetapi pada suhu rendah akan naik lagi.

Serat Sabut Kelapa

Serabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (exocarpium) dan lapisan dalam (endocarpium). Endocarpium mengandung serat-serat halus. Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg serabut yang mengandung 30% serat. Komposisi kimia serabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potassium (Reka dan Pramuko I.P, 2010).

Serat Bambu

Bambu memiliki komponen lignoselulosa berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Selulosa merupakan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan serat bambu, sehingga perlu adanya proses pemisahan lignin dan hemiselulosa untuk mendapatkan selulosa. Delignifikasi merupakan proses penghilangan lignin pada bahan lignoselulosa. Serat bambu dapat diperoleh dengan cara biologis, mekanis, maupun kimiawi. Proses pemisahan serat bambu secara biologis adalah dengan cara menghancurkan bambu lalu dilanjutkan dengan penambahan enzim alami. Proses mekanis dilakukan dengan cara menghancurkan bambu dan penambahan enzim. Sedangkan proses kimia salah satunya dilakukan dengan penambahan bahan kimia NaOH (*Natrium Hidroksida*) dan CS₂ (*Carbon disulfide*) (Suparno, 2017).

Berbeda dengan material beton dan baja, bambu sebagai material alami memiliki komposisi penyusun yang terdiri dari sekitar 40% serat, 50% parenkim, dan 10% sel penghubung. Kondisi ini menjadikan bambu berperilaku sebagai material komposit ketika menerima beban luar sehingga memiliki kekuatan yang relatif tinggi. Kekuatan tarik bambu relatif tinggi dan dapat mencapai 370 Mpa (Wonlele,2013).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik sejajar serat bambu petung adalah 230,90 Mpa atau 2309,00 kg/cm². Nilai ini jauh melebihi tegangan ijin tarik sejajar serat kayu kelas kuat I dan kayu jati yang masing-masingnya adalah 130 kg/cm² dan 110 kg/cm² (PKKI,1961). Pengujian kuat tarik bambu petung menggunakan sampel bagian dalam dan bagian luar memperlihatkan nilai tegangan berturut-turut adalah 970 kg/cm² dan 2850 kg/cm². Perbedaan nilai ini jelas menerangkan bahwa kulit bambu memberikan kontribusi yang besar terhadap kekuatan tarik.

Polyuretan

Polimer Polyuretan pertama kali dirintis oleh Otot Bayer tahun 1973 laboratorium I.G. Farben Dileverkusen, Jerman, dengan menggunakan reaksi polimerisasi adisi menghasilkan poliuretan dari diisosiyanat cair dan polieter cair. Awalnya difokuskan pada produksi serat dan busa yang fleksibel, yang sebelumnya pada skala terbatas digunakan sebagai pelapis pesawat. Serat linear yang diproduksi dari heksametilena diisosiyanat (HDI) dan 1:4 butanadiol (BDO).

Isosianat

Isosianat adalah golongan fungsional atom-atom N=C=O (1 nitrogen,1 karbon,1 oksigen) untuk golongan fungsional sianat diatur sebagai -O-C=N, senyawa organik yang berisi satu kelompok isosianat boleh juga disebut sebagai satu isosianat. Satu isosianat yang menjadi dua isosianat dikel sebagai diisosiyanat. diiscocyanates dihasilkan untuk reaksi dengan polioliol-polioliol didalam produksi polyuretan-polyuretan.

Pengujian Keausan

Keausan terjadi apabila dua buah benda yang saling menekan dan saling bergesek. Keausan yang lebih besar terjadi pada bahan yang lebih lunak. Faktor- faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, tekanan, kekerasan

permukaan dan kekerasan material. Untuk mengetahui nilai laju keausan kanvas rem dalam pengujian maka dapat dihitung dengan rumus :

$$W = \frac{W_0 - W_1}{A \cdot t}$$

Dimana :

W = Laju keausan (gram/mm² detik)

W₀ = Berat awal sebelum pengausan (g)

W₁ = Berat akhir setelah pengausan (g)

A = Luas bidang kontak kanvas rem (mm²)

t = Waktu /lama pengausan (detik)

Pengujian Koefisien Gesek

Koefisien gesekan merupakan besaran yang menunjukkan tingkat kekasaran permukaan suatu benda ketika kedua benda sedang bergesekan. Secara matematis koefisien gesekan dirumuskan sebagai bilangan hasil perbandingan antara besarnya gaya gesekan dengan besarnya gaya normal suatu benda. Jadi nilai koefisien gesekan ditentukan oleh dua faktor yaitu tingkat kekasaran kedua bidang sentuhnya dan gaya normal yang bekerja pada benda tersebut. Besarnya gaya normal yang bekerja pada suatu benda sebanding dengan berat bendanya, sebab pada benda hanya bekerja gaya berat yang terdapat di permukaannya. Sehingga secara matematis besarnya gaya normal sama dengan gaya beratnya,

$$N = w = m \cdot g$$

Koefisien gesek (μ) dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya gesek (F) dengan gaya normal (N), dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu = \frac{F}{N}$$

Dimana;

μ = Koefisien Gesek kanvas rem

F = Gaya gesek (kg)

N = Gaya Normal (kg)

Metode yang dilakukan dalam pengujian Koefisien gesek ini berdasarkan pada ASTM C1028. Tujuan dari pengujian koefisien gesek ini untuk mencari nilai koefisien gesek dari kanvas rem dengan piringan cakram.

METODE

Alat dan Bahan

dalam proses pembuatan kanvas rem komposit dibutuhkan peralatan sebagai berikut;

- Alat Potong
- Alat Penghalus
- Cawan Tuang dan Pengaduk

- d. Ayakan (Screening Machine)
- e. Timbangan Digital
- f. Aalat Penekan (kompaksi)
- g. Alat Cetak Kampas Rem
- h. Tachometer Digital
- i. Handle rem
- j. Inverter
- k. Pemberat
- l. Pelumas Khusus (Wax)
- m. Neraca Digital
- n. Stopwatch.
- o. Alat Uji keausan
- p. Alat Uji Koefisien gesek.
- q. Blender
- r. Oven

Adapau bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan kampas rem cakram komposit dapat dilihat seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Bahan pembuat kampas rem komposit.

No	Nama Material	Jenis Material	Keterangan
1.	Serbuk Cangkang Kemiri		Diproses dalam bentuk serbuk
2.	Aluminium	Logam Al 99%	Dibeli dalam bentuk serbuk.
3.	Serat Sabut kelapa		Diproses dalam bentuk serat menyerupai benang.
4.	Serat Bambu		
5.	Matrik/Pengikat	Poliuretan	Dibeli dalam bentuk jadi
6.	Wax/Anti lengket	-	Dibeli dalam bentuk pasta

Prosedur Kerja

a. Persiapan Cangkang Kemiri
Agar dapat digunakan sebagai bahan penggosok maka cangkang kemiri perlu dilakukan proses dengan tahapan berikut;

1. Cangkang kemiri yang sudah terkumpul dibersihkan dari kotoran tanah dan daging kemiri yang melekat dan di panaskan dengan oven listrik dengan suhu 150°C selama 30 menit yang bertujuan untuk mengeringkan cangkang tersebut dari minyak dan zat yang terkandung didalam cangkang tersebut.
2. Memecah cangkang kemiri dengan menggunakan alat tumbuk dari batu.
3. Menghaluskan cangkang kemiri dengan mesin Blender .
4. Menyaring serbuk cangkang kemiri dengan saringan sieve 100 mesh.
5. hasil serbuk cangkang kemiri yang akan digunakan sebagai bahan dasar kampas rem cakram komposit.

Alur proses pembuatan serbuk cangkang kemiri seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Proses Persiapan Cangkang Kemiri

b. Persiapan Serat Sabut Kelapa

Pengolahan serat sabut kelapa dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pilih sabut kelapa yang sudah kering dan bersih.
2. Bersihkan serat sabut kelapa dari daging sabut dengan menggunakan kerokan.
3. Keringkan serat sabut kelapa selama 7 jam pada suhu 35-40°C
4. Porong serat sabut kelapa dengan ukuran lebih kurang 10 mm.

Proses pengolahan searat sabut kelapa seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Proses Persiapan Serat Sabut Kelapa

c. Persiapan Serat Bambu

Serat bambu yang digunakan pada penelitian ini dari jenis bambu apus, sedangkan tahapan pembuatan serat bambu sebagai berikut;

1. Menebang bambu yang sudah cukup tua dengan menggunakan golok dan dipotong sepanjang 50 cm.
2. Mengerus bambu tersebut dengan menggunakan pisau.
3. Memotong serat bambu dengan ukuran ± 1 cm.

Proses diagram alur pembuatan serat bambu dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Proses Persiapan Serat Bambu

d. Alumunium Serbuk
alumunium yang digukan dineli dalam bentuk serbuk dengan ukuran mesh 280.

e. Polyurethane

Polyuretan yang digunakan adalah *Rigid Polyurethane* produk *Millionate MR-20 (A)* dan *JKR-7631L (B)*, yang terdiri dari *Polyisocyanate* dan *Polyol Compound* diproduksi oleh *Nippon polyurethan Industry CO.LTD- Japan*.

f. Plat Kampas Rem

Plat kampas rem yang digunakan memanfaatkan plat kampas rem yang sudah diproduksi.

g. komposisi bahan kampas rem
adapan komposisi kampas rem komposit yang akan dibuat seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kampas rem Komposit

No	Bahan Filler (70%)			Matriks (30%)	
	Nama Bahan	Persenta se (%)	Massa (g)	Poliol (A)	Isosian at (B)
1	Cangkang Kemiri	89	476	66,67%	33,33%
2	Alumunium	10	840	2,4 gr	1,2 gr

3	Serat kelapa	1	0,084
---	--------------	---	-------

dengan komposisi yang sama dilakukan untuk kampas rem dengan serat bambu.

Mempersiapkan Alat Cetak Kanvas Rem

Alat pencetakan kampas ren yang akan digunakan dibuat dari bahan plat baja dengan ketenalam 10 mm yang selanjutnya akan dilakukan proses permesian sehingga membentuk cetakan yang sesuai dengan dimensi kampas rem yang akan dibuat dilengkapi dengan penekan dan baut untuk mencegah cetakan terlepas pada saat proses penekanan.

Mempersiapkan Alat Penekan

Alat penekan digunakan untuk menekan spesimen benda uji menyatu dengan baik. alat penekan dibuat dalam skala laboratoriuin dengan kapasitas penekanan maksimum 5 ton.

Mempersiapkan Aalat Uji

Alat uji yang kan digunakan untuk melakukan uji keausan dan koefisien gesek dibuat dalam sekala laboratorium seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Alat Uji

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan spesimen kampas rem komposit yang terbuat dari serbuk cangkang kemiri, serbuk alumunium, serat sabut kelapa yang diikat dengan poliuretan dengan komposisi 70:30%, dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Timbang semua bahan sesuai dengan komposisi yang sudah ditentukan.
2. Campurkan terlebih dahulu cangkang kemiri, alumunium dengan serat sabut kelapa kemudian aduk hingga merata.
3. Campurkan isosianat sebesar 70% dari poliuretan dan aduk sampai rata.
4. Campurkan polioliol sebesar 30% dari poliuretan dan aduk dengan cepat.

5. Tuangkan campuran tersebut ke dalam cetakan lalu tekan dengan beban 3 ton menggunakan alat uji tekan selama 10 menit.
6. Keluarkan specimen kampas rem dari cetakan.
7. Letakkan spesimen dalam wadah yang bersih dengan suhu kamar dan biarkan selama tiga hari.
8. dengan langkah yang sama buatlah kampas rem dengan menggunakan serat bambu.

Lakukan pembuatan spesimen uji dengan variasi beban tekan 3,4 dan 5 ton. untuk kampas rem komposit yang diperkuat serat sabut kelapa dan serat bambu.

Pengujian Keausan Kampas Rem.

1. Timbang kampas rem bagian yang didorong oleh piston diberi notasi "A" dan bagian yang tetap diberi notasi "B".
2. Overhaul rem cakram pada alat uji dan pasang kampas rem dengan baik.
3. Hidupkan motor dan atur dengan putaran motor 200 rpm.
4. Berikan beban sebesar 2 kg pada pedal rem.
5. Catat output putaran roda yang dibaca pada tachometer.
6. Catat perubahan putaran setiap 30 detik hitung waktu dengan stopwatch.
7. Matikan motor.
8. Overhaul kampas rem dan didinginkan, selanjutnya timbang kembali kampas rem bagian A dan B catat hasil yang diperoleh.
9. Ulangi langkah tersebut sampai tiga kali pengujian
10. Analisa kinerja kampas rem komposit

Lakukan Pengujian terhadap kampas rem yang memiliki variasi beban tekan 3,4 dan 5 ton. untuk kampas rem komposit yang diperkuat serat sabut kelapa dan serat bambu.

Pengujian Koefisien gesek Kampas Rem.

Untuk melakukan pengujian nilai koefisien gesek maka akan dilakukan dengan mengacu pada standar pada ASTM C1028 seperti pada gambar 10. pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dan pada posisi empat titik untuk memperoleh data yang lebih akurat. Adapun langkah-langkah pengujian dapat dilakukan dengan cara berikut:

1. Pasangkan kampas rem komposit pada system rem cakram

2. Beri beban pada pedal pedal rem dengan beban 2kg, 2,5kg, 3kg dan 3,5 kg
3. Tarik roda menggunakan timbangan digital sampai roda mulai bergerak dan catat hasilnya.
4. Lakukan pada empat titik roda
5. Catat hasilnya dan analisa data.



Gambar 10. Prosedur pengujian Koefisien Gesek

HASIL

Pengujian Keausan

Kampas rem cakram komposit terdiri dari dua bagian yaitu sisi kampas rem yang tetap dinotasikan dengan "A" dan sisi kampas rem yang menerima tekanan langsung dari piston silinder bawah dinotasikan dengan "B".

Keausan Kampas Rem Sisi "A".

dari hasil pengujian keausan kampas rem sisi "A" untuk kampas rem yang diperkuat dengan serat bambu dan serat sabut kelapa diperoleh hasil sebagai berikut.

Keausan kampas rem dengan beban pencetakan 3 ton dapat dilihat dari gambar grafik 11 berikut;



Gambar 11. Grafik perbandingan keausan kampas rem sisi A dengan beban komposisi 3 Ton.

Dari gambar grafik 11 dapat kita lihat bahwa nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat bambu terdapat pada pengujian ke-2 dengan nilai keausan sebesar $6,183 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $2,427 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $4,319 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$. Selanjutnya nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat sabut kelapa terdapat pada pengujian ke-2 dengan nilai keausan sebesar $7,415 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $2,382 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $3,498 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$. Keausan kampas rem dengan beban pencetakan 3 ton dapat dilihat dari gambar grafik 12 berikut;



Gambar 12. Grafik perbandingan keausan kampas rem sisi A dengan beban kompaksi 4 Ton.

Dari gambar grafik 12 dapat kita lihat bahwa nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat bambu terdapat pada pengujian ke-2 dengan nilai keausan sebesar $2,296 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $2,097 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $1,051 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$. Selanjutnya nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat sabut kelapa terdapat pada pengujian ke-2 dengan nilai keausan sebesar $6,182 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $2,374 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $1,228 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$. Keausan kampas rem dengan beban pencetakan 5 ton dapat dilihat dari gambar grafik 13 berikut;



Gambar 13. Grafik perbandingan keausan kampas rem sisi A dengan beban kompaksi 5 ton

Dari gambar grafik 13 dapat kita lihat bahwa nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat bambu terdapat pada pengujian ke-3 dengan nilai keausan sebesar $2,9036 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $4,766 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $3,871 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2$. Selanjutnya nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat sabut kelapa terdapat pada pengujian ke-3 dengan nilai keausan sebesar $6,933 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $2,235 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $1,238 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$.

Keausan Kampas Rem Sisi "B".

dari hasil pengujian keausan kampas rem sisi "B" untuk kampas rem yang diperkuat dengan serat bambu dan serat sabuk kelapa diperoleh hasil sebagai berikut.

Keausan kampas rem dengan beban pencetakan 3 ton dapat dilihat dari gambar grafik 14 berikut;



Gambar 14. Grafik perbandingan keausan kampas rem sisi B dengan beban kompaksi 3 Ton.

Dari gambar grafik 14. dapat kita lihat bahwa nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat bambu terdapat pada

pengujian ke-2 dengan nilai keausan sebesar $6,582 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $2,374 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $4,780 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$. Selanjutnya nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat sabut kelapa terdapat pada pengujian ke-2 dengan nilai keausan sebesar $4,272 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-3 dengan nilai keausan sebesar $3,264 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $5,738 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$. Keausan kampas rem dengan beban pencetakan 4 ton dapat dilihat dari gambar grafik 15 berikut;



Gambar 15. Grafik perbandingan keausan kampas rem sisi B dengan beban kompaksi 4 Ton

Dari gambar grafik 15. dapat kita lihat bahwa nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat bambu terdapat pada pengujian ke-3 dengan nilai keausan sebesar $6,066 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $2,223 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $1,218 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$. Selanjutnya nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat sabut kelapa terdapat pada pengujian ke-2 dengan nilai keausan sebesar $6,278 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $2,317 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $1,192 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$. Keausan kampas rem dengan beban pencetakan 5 ton dapat dilihat dari gambar grafik 16 berikut;

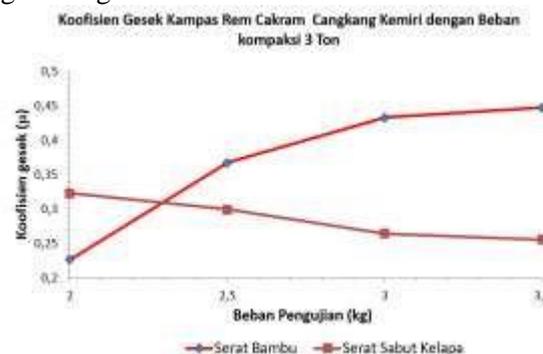


Gambar 16. Grafik perbandingan keausan kampas rem sisi B dengan beban kompaksi 5 Ton

Dari gambar grafik 16. dapat kita lihat bahwa nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat bambu terdapat pada pengujian ke-2 dengan nilai keausan sebesar $3,163 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $5,070 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $4,087 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2$. Selanjutnya nilai keausan terendah pada kampas rem yang diberi penguat serat sabut kelapa terdapat pada pengujian ke-3 dengan nilai keausan sebesar $6,581 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, sedangkan nilai keausan terbesar terjadi pada pengujian ke-1 dengan nilai keausan sebesar $1,750 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{det}$, dan keausan rata-rata sebesar $1,127 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^2$

Pengujian Koefisien Gesek.

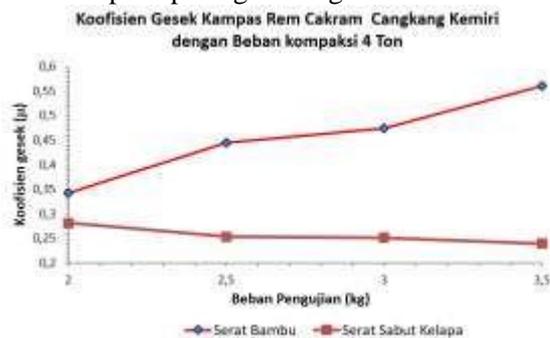
Pengujian koefisien gesek dilakukan pada empat titik untuk masing-masing kampas rem komposit dengan beban penekanan pada saat pencetakan sebesar 3,4 dan 5 ton. dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut. hasil koefisien gesek kampas rem dengan beban pencetakan 3 ton dapat dilihat seperti pada gambar grafik 17.



Gambar 17. Grafik perbandingan koefisien gesek kampas rem dengan penggunaan penguat dari serat bambu dan sabut kelapa pada kompaksi 3 Ton

Dari gambar grafik 17. dapat kita lihat bahwa nilai koefisien gesek terendah untuk penggunaan serat bambu didapat pada beban pengujian 2kg yaitu sebesar 0,26678, sedangkan nilai koefisien gesek tertinggi diperoleh pada beban pengujian 3kg yaitu sebesar 0,44779 dan koefisien gesek rata-rata untuk kampas rem komposit yang diperkuat dengan serat bambu adalah 0,36885, sedangkan untuk kampas rem komposit yang diperkuat dengan serat sabut kelapa nilai koefisien gesek terendah terjadi pada beban pengujian 3,5 kg yaitu 0,2551 dan nilai koefisien gesek terbesar terdapat pada beban pengujian 2 kg yaitu sebesar 0,32286 sedangkan nilai koefisien gesek rata-rata adalah 0,25551.

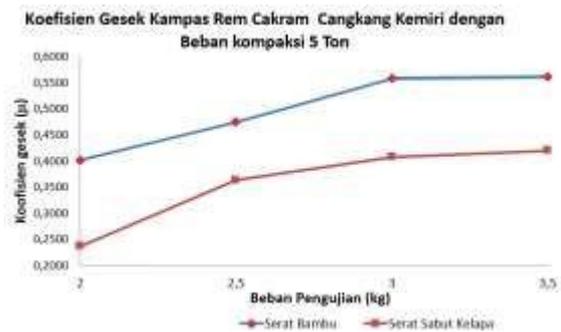
Untuk hasil pengujian koefisien gesek kampas rem dengan beban pencetakan 4 ton dapat dilihat seperti pada gambar grafik 18.



Gambar 18. Grafik perbandingan koefisien gesek kampas rem dengan penggunaan penguat dari serat bambu dan sabut kelapa pada kompaksi 4 Ton

Dari gambar grafik 18. dapat kita lihat bahwa nilai koefisien gesek terendah untuk penggunaan serat bambu didapat pada beban pengujian 2kg yaitu sebesar 0,3426 sedangkan nilai koefisien gesek tertinggi diperoleh pada beban pengujian 3,5kg yaitu sebesar 0,5602 dan koefisien gesek rata-rata untuk kampas rem komposit yang diperkuat dengan serat bambu adalah 0,45545, sedangkan untuk kampas rem komposit yang diperkuat dengan serat sabut kelapa nilai koefisien gesek terendah terjadi pada beban pengujian 3,5 kg yaitu 0,2399 dan nilai koefisien gesek terbesar terdapat pada beban pengujian 2 kg yaitu sebesar 0,2819 sedangkan nilai koefisien gesek rata-rata adalah 0,2567.

Untuk hasil pengujian koefisien gesek kampas rem dengan beban pencetakan 5 ton dapat dilihat seperti pada gambar grafik 19.



Gambar 19. Grafik perbandingan koefisien gesek kampas rem dengan penggunaan penguat dari serat bambu dan sabut kelapa pada kompaksi 5 Ton

Dari gambar grafik 19. dapat kita lihat bahwa nilai koefisien gesek terendah untuk penggunaan serat bambu didapat pada beban pengujian 2kg yaitu sebesar 0,4010 sedangkan nilai koefisien gesek tertinggi diperoleh pada beban pengujian 3,5kg yaitu sebesar 0,5607 dan koefisien gesek rata-rata untuk kampas rem komposit yang diperkuat dengan serat bambu adalah 0,4983, sedangkan untuk kampas rem komposit yang diperkuat dengan serat sabut kelapa nilai koefisien gesek terendah terjadi pada beban pengujian 2kg yaitu 0,2371 dan nilai koefisien gesek terbesar terdapat pada beban pengujian 3,5kg yaitu sebesar 0,4197 sedangkan nilai koefisien gesek rata-rata adalah 0,3567.

SIMPULAN

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan oleh peneliti maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Tingkat keausan rata-rata kampas rem komposit sisi "A" dengan beban pada saat pencetakan 3 ton dan diperkuat dengan serat bambu sebesar $7,415 \times 10^{-6}$ g/mm².det dan untuk kampas rem yang diperkuat dengan serat sabut kelapa sebesar $3,498 \times 10^{-5}$ g/mm².det, untuk kampas rem dengan beban pencetakan 4 ton diperoleh nilai keausan rata-rata kampas rem yang diperkuat dengan serat bambu sebesar $1,051 \times 10^{-5}$ g/mm².det dan untuk kampas rem yang diperkuat dengan serat sabut kelapa sebesar $1,228 \times 10^{-5}$ g/mm².det, sedangkan pada kampas rem komposit dengan beban pada saat pencetakan 5 ton nilai keausan rata-rata untuk penggunaan serat bambu sebesar $3,871 \times 10^{-6}$ g/mm².det dan dengan penguat serat sabut kelapa sebesar $1,192 \times 10^{-5}$ g/mm².det.

2. Tingkat keausan rata-rata kampas rem komposit sisi "B" dengan beban pada saat pencetakan 3 ton dan diperkuat dengan serat bambu sebesar $4,780 \times 10^{-05}$ g/mm².det dan untuk kampas rem yang diperkuat dengan serat sabut kelapa sebesar $5,738 \times 10^{-05}$ g/mm².det, untuk kampas rem dengan beban pencetakan 4 ton diperoleh nilai keausan rata-rata kampas rem yang diperkuat dengan serat bambu sebesar $1,218 \times 10^{-05}$ g/mm².det dan untuk kampas rem yang diperkuat dengan serat sabut kelapa sebesar $1,192 \times 10^{-05}$ g/mm².det, sedangkan pada kampas rem komposit dengan beban pada saat pencetakan 5 ton nilai keausan rata-rata untuk penggunaan serat bambu sebesar $4,087 \times 10^{-06}$ g/mm².det dan dengan penguat serat sabut kelapa sebesar $1,127 \times 10^{-05}$ g/mm².det.
3. Koefisien gesek rata-rata kampas rem komposit dengan beban pada saat pencetakan 3 ton untuk kampas rem yang diperkuat dengan serat bambu sebesar 0,32286 sedangkan untuk penguat menggunakan serat sabut kelapa 0,2551 selanjutnya untuk kampas rem komposit dengan beban pencetakan 4 ton diperoleh nilai koefisien gesek dengan penguat serat bambu sebesar 0,4554 dan penggunaan serat sabut kelapa sebesar 0,2567, selanjutnya untuk kampas rem komposit dengan beban pencetakan sebesar 5 ton dan diperkuat serat bambu sebesar 0,4983 dan penggunaan serat sabut kelapa sebesar 0,3567.
4. Penggunaan serat bambu pada proses pembuatan kampas rem komposit dengan bahan dasar cangkang kemiri dapat menurunkan tingkat keausan dan menaikkan nilai koefisien gesek dibandingkan dengan penggunaan penguat dari serat sabut kelapa.

REFERENSI

Journals:

- Wibowo (2012). Aplikasi kampas rem berlapis dan beralur untuk mendapatkan efek pengereman antilock pada sepeda motor. *Mekanika, Jurnal FT UNS*, volume 10 Nomor 2, Maret 2012
- Reka dan Pramuko I.P.2010. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Serabut Kelapa, Plastik PET, Serbuk Tembaga Pada Sifat Fisik Dan Koefisien Gesek Bahan Kampas Rem Gesek. Laporan Tugas akhir Fakultas Teknik Mesin UMS, 2010, Surakarta.
- Suardi (2021). Analisa kampas rem cakram komposit cangkang kemiri, serbuk aluminium, serat kelapa dan poliuretan dengan tekanan 3 ton. *Roda, Jurnal Pendidikan dan Otomotif Unimed*, Volume 1 Nomor2, Agustus 2021
- Mulia (2022). Performance analysis and microstructure of brake shoe composite material made of pecan, aluminum, and pineapple leaf fiber. *Icosta 2022 Journal of Physics: Conference Series 2193* (2022) 012036. doi:10.1088/1742-6596/2193/1/012036
- Mulia (2020). kajian pemanfaatan serat batang pinang raja (*roystonea regia*) sebagai bahan spesimen peredam suara. *Mekanik Jurnal Ilmiah teknik Mesin*. Volume 6 Nomor 2, November 2020.

Online Newspaper Articles: Website:

- Statistik distribusi sepeda motor indonesia. diakses pada 03 Maret 2022 melalui situs, <https://www.aisi.or.id/statistic/>