

Variasi beban terhadap performansi mesin otto menggunakan rem cakram: Skala Laboratorium

Zufri Hasrudy Siregar*¹, Andri Ramadhan², Donni Silaban³, Refiza⁴

^{1,2,3} Prodi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Jl. Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala, Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

⁴ Prodi Teknik Industri, Universitas Al-Azhar Medan, Jl. Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala, Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

e-mail: *rudysiregar7@gmail.com, andriramadhan2@gmail.com, donnisilaban12@gmail.com, refiza61@gmail.com

Abstrak

Mesin oto juga dikenal sebagai mesin bensin yang paling umum digunakan, Rem cakram merupakan komponen penting dari sistem pengereman mesin Otto yang dapat mempengaruhi keamanan dan efisiensi kendaraan. Penelitian ini bertujuan menganalisis variasi beban terhadap performansi mesin Otto menggunakan rem cakram dalam skala laboratorium dimana sebagian besar penelitian tersebut dilakukan di lingkungan yang kurang representatif, seperti simulasi komputer atau pengujian lapangan yang kompleks. Kurangnya penelitian dalam skala laboratorium yang memperhitungkan variasi beban dengan cermat meninggalkan celah pengetahuan yang signifikan. Parameter pengujian yaitu perhitungan torsi, daya dan Break Mean Efektive Pressure (bmeep). Dari penelitian ini didapat bahwa pada beban 0,125 kg menghasilkan torsi terendah adalah 0.24525 N.m dan torsi tertinggi adalah 0,82404 N.m pada beban 0,420 kg. Kemudian dengan beban 0,125 kg dengan menghasilkan daya terendah adalah 0,64173 N.m dan daya tertinggi pada beban 0,420 kg adalah 2,15623 KW. Bmeep akan mengalami kenaikan saat beban yang diberikan semakin besar pada beban 0,125 kg menghasilkan bmeep terendah adalah 2,78287 N.m dan bmeep tertinggi pada beban 0,420 kg adalah 9,35052 N.m

Kata kunci mesin oto, variasi beban, rem cakram, performansi mesin otto

Abstract

Also known as the most commonly used gasoline engine, disc brakes are an important component of the Otto engine's braking system that can affect the safety and efficiency of the vehicle. This study aims to analyze the variation of load on the performance of Otto machines using disc brakes on a laboratory scale where most of the research was carried out in less representative environments, such as computer simulations or complex field testing. The lack of studies on a laboratory scale that carefully account for load variations leaves a significant knowledge gap. The test parameters are the calculation of torque, power and Break Mean Effective Pressure (BMEP). From this study, it was found that at a load of 0.125 kg the lowest torque was 0.24525 N.m and the highest torque was 0.82404 N.m at a load of 0.420 kg. Then with a load of 0.125 kg the lowest power output is 0.64173 N.m and the highest power at a load of 0.420 kg is 2.15623 KW. Bmeep will increase when the load applied is greater at 0.125 kg resulting in the lowest bmeep being 2.78287 N.m and the highest bmeep at 0.420 kg load is 9.35052 N.m

Keywords Auto Engine, Load Variation, Disc Brake, Otto Engine Performance

1. PENDAHULUAN

Mesin Otto, yang merupakan salah satu jenis mesin yang paling umum digunakan, terutama dalam aplikasi kendaraan, menjadi subjek utama penelitian teknik mesin di era globalisasi dan peningkatan kebutuhan energi [1][2]. Mesin Otto, juga disebut sebagai mesin bensin, menghasilkan tenaga kerja melalui pembakaran bahan bakar dalam udara yang dikemas di dalam silinder [3][4]. Rem cakram adalah bagian penting dari sistem pengereman mesin Otto karena berfungsi untuk mengantisipasi energi gerak kendaraan sehingga mengalami perlambatan [5]. Ketika kedua komponen rem berkontak, piringan pergesekan dengan kampas rem. Ini menghasilkan panas dan bunyi dari energi kinetik kendaraan [6]. Motor bakar biasanya terdiri dari dua bagian: motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dan motor pembakaran luar (*external combustion engine*) [7][8][9]. Mesin pembakaran dalam menghasilkan panas dari dalam mesin, seperti mesin empat tak dan dua tak [10][11]. Motor pembakaran luar menghasilkan panas dari mesin uap dan turbin uap. “*Penggunaan bahan bakar konvensional yaitu bahan bakar fosil adalah yang utama digunakan pada umumnya kendaraan bermotor*” [12]. Mesin Otto, atau mesin bensin, menghasilkan tenaga kerja melalui pembakaran bahan bakar dalam udara yang dikemas di dalam silinder [13].

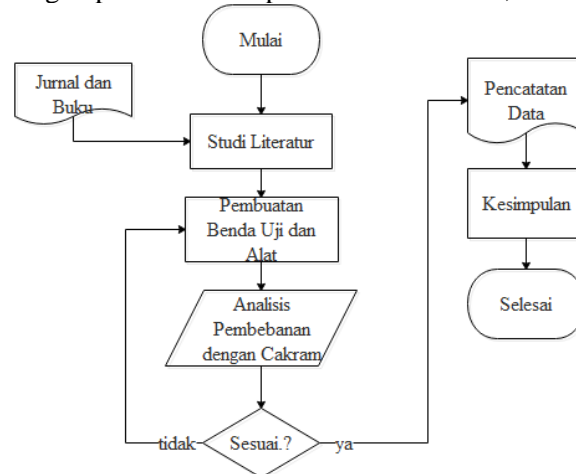
Mesin Otto, yang merupakan salah satu jenis mesin yang paling umum digunakan, terutama dalam aplikasi kendaraan, menjadi subjek utama penelitian teknik mesin di era globalisasi dan peningkatan kebutuhan energi [14][15]. Mesin Otto, juga disebut sebagai mesin bensin, menghasilkan tenaga kerja melalui pembakaran bahan bakar dalam udara yang dikemas di dalam silinder [16][15]. Rem cakram adalah bagian penting dari sistem pengereman mesin Otto, namun, penggunaan rem dengan beban yang tinggi, kondisi jalanan yang tidak layak, minimnya kesadaran akan berkendara yang baik serta perawatan kendaraan merupakan beberapa faktor yang dapat mengakibatkan rem cakram tidak berfungsi secara optimal [17]. Keausan dini rem tersebut karena *brake pad* yang modern lebih *abrasif* karena *compound* yang keras, juga kualitas buruk rem cakram yang diimpor dari beberapa negara Asia Timur. Selain itu, variasi beban yang signifikan dapat mempengaruhi performa rem cakram, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi keamanan dan efisiensi kendaraan [18].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi beban terhadap performansi mesin Otto menggunakan rem cakram dalam skala laboratorium. Melalui pengujian dan analisis ini, diharapkan dapat diperoleh wawasan baru tentang bagaimana variasi beban mempengaruhi performa rem cakram dan bagaimana hal tersebut dapat dioptimalkan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi kendaraan. Meskipun banyak penelitian telah dilakukan untuk memahami karakteristik pengereman rem cakram pada mesin otto, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan di lingkungan yang kurang *representatif*, seperti simulasi komputer atau pengujian lapangan yang kompleks. Kurangnya penelitian dalam skala laboratorium yang memperhitungkan variasi beban dengan cermat meninggalkan celah pengetahuan yang signifikan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan ini dengan melakukan eksperimen dalam skala laboratorium yang cermat untuk memahami dampak variasi beban terhadap performansi mesin otto yang menggunakan rem cakram. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang cara meningkatkan efisiensi dan keselamatan pengereman pada kendaraan bermotor, yang pada gilirannya akan membawa manfaat bagi industri otomotif secara keseluruhan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan eksperimental analitik yaitu melakukan analisis pembebanan torsi, daya dan Bmeep dengan putaran 2500 rpm dan beban 0.125, 0.220, 0.320, 0.420 Kg



Gambar 1 Flowchart Penelitian

2.1 Langkah pengambilan data

1. Setelah melakukan pemanasan pada mesin kurang lebih selama 2-5 menit, maka atur putaran r.p.m. sampai 2500 r.p.m.. Dan tunggu beberapa saat sampai mesin stabil pada putaran tersebut
2. Kemudian nyalakan MCB ke posisi on
3. Selanjutnya mengambil data-data. Memberi beban pada cakram dengan beban 0,125 kg, 0,220 kg, 0,320 kg dan 0,420 kg pada putaran mesin 2500 r.p.m.. Selanjutnya siap mengambil data
4. Setelah selesai, maka turunkan putaran mesin pada posisi idle, selanjutnya matikan mesin



Gambar 2 Alat uji

2.2 Parameter pengujian

1. Perhitungan torsi

Besar torsi adalah besaran yang dapat menghitung tenaga yang dihasilkan oleh mesin atau benda yang berputar [19]. Ini dikenal sebagai besaran turunan yang digunakan untuk menghitung tenaga yang dihasilkan oleh benda yang berputar.

$$T = F \times g \times L \text{ (N.m)} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : T = Torsi (N.m)

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/s²)

L= Panjang tuas (m)

F= Gaya atau beban yang berikan (kg)

2. Daya (Power)

Daya merupakan kerja atau energi mesin yang dihasilkan mesin per satuan ketika mesin itu beroperasi. di motor mesin *break horsepower* (BPH) merupakan besaran buat mengidentifikasi *horsepower* aktual yang didapatkan oleh mesin [20]

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{6000} \text{ (KW)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

P= Daya untuk mengetahui hasil kerja mesin per satuan waktu (KW)

T= Torsi (Nm)

n = putaran mesin (r.p.m.)

3. Break Mean Efektive Preasure (bmep)

Bmep artinya tekanan homogen-homogen yang berkaitan menggunakan pengoperasian mesin yang merupakan berukuran kapasitas mesin buat melakukan pekerjaan mesin independen berasal perpindahan mesin.

$$Bmep = \frac{P \cdot n \cdot 10^3}{V \cdot N} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

Bmep = Tekanan efektif rata-rata (kPa)

P = Daya (KW)

n= Jumlah putaran rata-rata

V= volume langkah (cm³)

N= Putaran (rpm)

mencari volume langkah adalah:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot L \cdot N \dots\dots\dots(4)$$

Dimana: $\pi = 3,14$

r = jari-jari silinder

L= panjang langkah piston dari TMA KE TMB

N=Jumlah silinder pada mesin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Pembebanan Torsi, daya dan Bmep dengan putaran 2500 rpm dan pembebanan 0.125 kg

1. Torsi

$$T = F \times g \times L$$

Dimana:

T= Torsi (N.m)

g= Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

L= Panjang tuas (m)

F= Gaya atau beban yang berikan (kg)

Maka:

$$= 0,125 \times 9,81 \times 0,2$$

$$= 0,24525 \text{ N.m}$$

2. Daya

Untuk mensghitung daya digunakan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$P = \frac{2\pi \times n \times T}{6000} = \text{kw}$$

Dimana:

P = Daya untuk mengetahui hasil kerja mesin per satuan waktu (kw)

T = Torsi (Nm)

n = putaran mesin (rpm)

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 2500 \times 0,24525}{6000}$$

$$= 0,64173 \text{ kw}$$

3. Bmeep (*break mean efektifive preasure*)

Untuk menghitung Bmeep digunakan persamaan 2.3 sebagai berikut

$$\text{Bmeep} = \frac{P \times n \times 10}{V \times n}$$

Dimana:

Bmeep = Tekanan efektifive rata-rata (kPa)

P = Daya (kw)

n idle = Jumlah putaran rata-rata/konstan

V = volume langkah (cm^3)

N = Putaran (rpm)

Mencari Volume Langkah Adalah:

$$V = \pi \times r^2 \times L \times N$$

Dimana:

$$\pi = 3,14$$

r^2 = jari-jari lingkaran silinder (mm)

L= Panjang langkah piston dari TMA ke TMB (mm)

N= Jumlah silinder

$$V = 3,14 \times 34 \times 54 \times 1$$

$$= 230,6$$

Maka

$$= \frac{0,64173 \times 2500 \times 10^3 \times 1}{230,6 \times 2500}$$

$$= 2,78287 \text{ N.m}$$

3.2 Perhitungan Pembebanan Torsi, daya dan Bmeep dengan putaran 2500 rpm dan pembebanan 0.220 kg

1. Torsi

$$T = F \times g \times L$$

$$= 0,220 \times 9,81 \times 0,2$$

$$= 0,43164 \text{ N.m}$$

2. Daya

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{6000} \text{ kw}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 2500 \times 0,43164}{6000}$$
$$= 1.12945 \text{ kw}$$

3. Bmeep (*break mean efektifive preasure*)

$$Bmeep = \frac{p \times n \times 10^3}{V \times N}$$

mencari volume langkah adalah:

$$V = \pi \times r^2 \times L \times N$$

Dimana:

$$\pi = 3,14$$

r^2 = jari-jari lingkaran silinder (34 mm)

L = Panjang langkah piston dari TMA ke TMB (54 mm)

N = Jumlah silinder (1)

$$V = 3,14 \times 34 \times 54 \times 1$$

$$= 230,6 \text{ maka,}$$

$$= \frac{1.12945 \times 2500 \times 10^3 \times 1}{230,6 \times 2500}$$

$$= 4,89787 \text{ N.m}$$

3.3 Perhitungan Pembebanan Torsi, daya dan Bmeep dengan putaran 2500 rpm dan pembebanan 0.320 kg

1. Torsi

$$T = F \times g \times L$$

$$= 0,320 \times 9,81 \times 0,2$$

$$= 0.62784 \text{ N.m}$$

2. Daya

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{6000} \text{ kw}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 2500 \times 0,62784}{6000}$$

$$= 1.64284 \text{ kw}$$

3. Bmeep (*break mean efektifive preasure*)

$$Bmeep = \frac{p \times n \times 10^3}{V \times N}$$

mencari volume langkah adalah:

$$V = \pi \times r^2 \times L \times N$$

Dimana: $\pi = 3,14$

r^2 = jari-jari lingkaran silinder (34 mm)

L = Panjang langkah piston dari TMA ke TMB (54 mm)

N = Jumlah silinder (1)

$$V = 3,14 \times 34 \times 54 \times 1$$

$$= 230,6 \text{ maka:}$$

$$= \frac{1.64284 \times 2500 \times 10^3 \times 1}{230,6 \times 2500}$$

$$= 7,12419 \text{ N.m}$$

3.4 Perhitungan Pembebanan Torsi, daya dan Bmeep dengan putaran 2500 rpm dan pembebanan 0.420 kg

1. Torsi

$$\begin{aligned} T &= F \times g \times L \\ &= 0,420 \times 9.81 \times 0,2 \\ &= 0.82404 \text{ N.m} \end{aligned}$$

2. Daya

$$\begin{aligned} P &= \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{6000} \text{ kw} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 2500 \times 0.82404}{6000} \\ &= 2,15623 \text{ kw} \end{aligned}$$

3. Bmeep (*break mean efektif preasure*)

$$Bmeep = \frac{p \times n \times 10^3}{V \times N}$$

mencari volume langkah adalah:

$$V = \pi \times r^2 \times L \times N$$

Dimana:

$$\pi = 3,14$$

r^2 = jari-jari lingkaran silinder (34 mm)

L = Panjang langkah piston dari TMA ke TMB (54 mm)

N = Jumlah silinder (1)

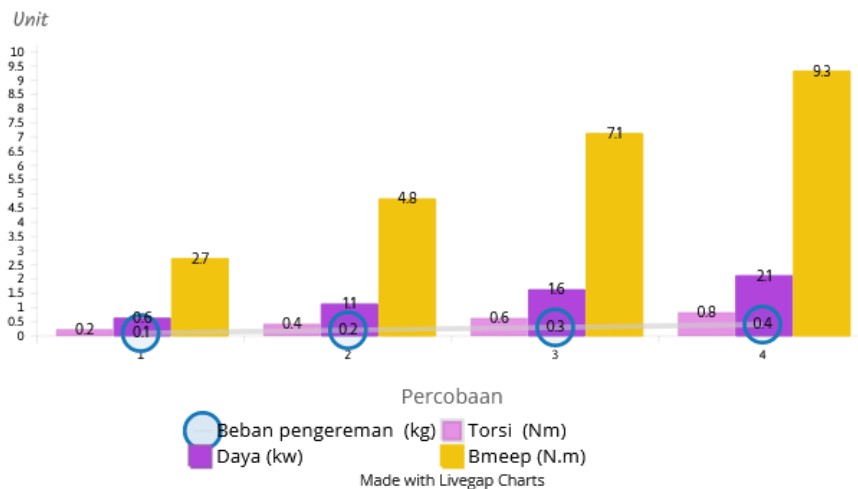
$$\begin{aligned} V &= 3,14 \times 34 \times 54 \times 1 \\ &= 230,6 \quad \text{maka,} \\ &= \frac{2,15623 \times 2500 \times 10^3 \times 1}{230,6 \times 2500} \\ &= 9,35052 \text{ N.m} \end{aligned}$$

3.4 Pengaruh pembebanan terhadap Torsi

Dari hasil analisa perhitungan data maka pengaruh beban pengereman terhadap hasil torsi didapat seperti tabel dibawah ini:

Tabel 1 Hasil Perhitungan Pengaruh beban pengereman Terhadap Torsi, daya dan Bmeep

No	Beban pengereman (kg)	Torsi (Nm)	Daya (kw)	Bmeep (N.m)
1	0,125	0,24525	0,64173	2,78287
2	0,220	0,43164	1,12945	4,89787
3	0,320	0,62784	1,64284	7,12419
4	0,420	0,82404	2,15623	9,35052



Gambar 3 Grafik perhitungan

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat di simpulkan antara lain:

1. Torsi akan mengalami kenaikan ketika beban yang diberikan semakin besar, pada beban 0,125 kg menghasilkan torsi terendah adalah 0.24525 N.m dan torsi tertinggi adalah 0,82404 N.m pada beban 0,420 kg.
2. Daya akan semakin meningkat ketika pembebanan yang diberikan semakin besar, dengan beban 0,125 kg dengan menghasilkan daya terendah adalah 0,64173 N.m dan daya tertinggi pada beban 0,420 kg adalah 2,15623 KW
3. Bmeep akan mengalami kenaikan saat beban yang diberikan semakin besar pada beban 0,125 kg menghasilkan bmeep terendah adalah 2,78287 N.m dan bmeep tertinggi pada beban 0,420 kg adalah 9,35052 N.m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Prodi Teknik mesin Universitas Al-Azhar medan yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian serta Mahasiswa yang mendukung, kemudian terima kasih kepada Universitas Asahan yang memberikan izin kepada peneliti untuk melaksanakan penelitiannya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. K. Demirci, A. Uyumaz, S. Saridemir, and C. Cinar, "Performance and emission characteristics of a miller cycle engine," *Int. J. Automot. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 107–116, 2018, doi: <https://doi.org/10.18245/ijaet.486408>.
- [2] R. Y. Dahham, H. Wei, and J. Pan, "Improving Thermal Efficiency of Internal Combustion Engines: Recent Progress and Remaining Challenges," *Energies*, vol. 15, no. 17, pp. 1–60, 2022, doi: 10.3390/en15176222.
- [3] G. Piccitto, M. Campisi, and D. Rossini, "The Ising critical quantum Otto engine," *New J. Phys.*, vol. 24, no. 10, pp. 1–15, 2022, doi: 10.1088/1367-2630/ac963b.

- [4] F. Orecchini, A. Santiangeli, F. Zuccari, A. Alessandrini, F. Cignini, and F. Ortenzi, "Real drive truth test of the toyota yaris hybrid 2020 and energy analysis comparison with the 2017 model," *Energies*, vol. 14, no. 23, 2021, doi: 10.3390/en14238032.
 - [5] A. B. Bhane, S. M. Salodkar, and H. B. Ramani, "Braking System Approaching towards the Betterment and It's Consequences," *Int. Res. J. Adv. Sci. Hub*, vol. 2, no. Special Issue ICAET 11S, pp. 64–70, 2020, doi: 10.47392/irjash.2020.236.
 - [6] J. Abutu, S. A. Lawal, M. B. Ndaliman, R. A. Lafia-Araga, O. Adedipe, and I. A. Choudhury, "Production and characterization of brake pad developed from coconut shell reinforcement material using central composite design," *SN Appl. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–16, 2019, doi: 10.1007/s42452-018-0084-x.
 - [7] F. Alanazi, "Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation," *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 10, 2023, doi: 10.3390/app13106016.
 - [8] D. Wahyu, "Uji Kinerja mesin fiat 4-tak dengan Kapasitas 1.100cc menggunakan automotive engine test bed T101D," *J. Tek. Mesin ITP*, vol. 9, no. 2, pp. 2–11, 2019, doi: 10.21063/jtm.2019.v9.i2.74-83.
 - [9] M. Taufiqurrahman, A. Raharjo, A. Faizdaffa Hakim, D. Prasetyo, and T. Jaya Saputra, "Analisis Mekanik Dan Termal Piston Mesin Pembakaran Dalam Menggunakan Software Ansys 2023," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Inform.*, vol. 2, no. 3, pp. 143–154, 2023, doi: <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i3> ANALISIS.
 - [10] I. Indriyani, Z. H. Siregar, A. Apollo, and M. Andika, "Uji kinerja mesin bensin genset dengan campuran bahan bakar RON 90 dan 92 dengan mempergunakan Rem Cakram," *J. Mekanova*, vol. 9, no. 1, pp. 242–250, 2023, doi: <https://doi.org/10.35308/jmkn.v9i1.7588>.
 - [11] W. Wei and H. M. Skye, "Residential net-zero energy buildings: Review and perspective," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 142, no. March, p. 110859, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110859.
 - [12] Z. H. Siregar, I. Indriyani, P. Da Silva, A. Maulana, and D. Sarwedi, "Variasi campuran ethanol pada bahan bakar RON 95 dan RON 90 di mesin motor 4 langkah," *Instrumentasi*, vol. 46, no. 1, p. 73, 2022, doi: 10.31153/instrumentasi.v46i1.296.
 - [13] D. Barman and B. R. Majhi, "Constructing an entangled Unruh Otto engine and its efficiency," *J. High Energy Phys.*, vol. 2022, no. 5, pp. 1–43, 2022, doi: 10.1007/JHEP05(2022)046.
 - [14] F. J. Peña, O. Negrete, N. Cortés, and P. Vargas, "Otto engine: Classical and quantum approach," *Entropy*, vol. 22, no. 7, pp. 1–11, 2020, doi: 10.3390/e22070755.
 - [15] Z. Smith, P. S. Pal, and S. Deffner, "Endoreversible Otto Engines at Maximal Power," *J. Non-Equilibrium Thermodyn.*, vol. 45, no. 3, pp. 305–310, 2020, doi: 10.1515/jnet-2020-0039.
 - [16] R. Jeniston, S. S. Prasath, D. Jasmine, B. S. Vinisha, and R. Pathmas, "Characterization of Biodiesel for Use as a Fuel in Compression Ignition Engine R. Jeniston," *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 1749–1764, 2024, doi: 10.15680/IJIRSET.2024.1303067.
 - [17] A. Saputra and R. Munandar, "Analisis Dinamik Rem Cakram (Disc Brake) atau Rem Piringan pada Sepeda Motor Supra X 125," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 83–90, 2022, doi: 10.35814/teknobiz.v12i2.3612.
 - [18] A. Saputra, R. D. Anjani, and Aripin, "Perhitungan Rem Cakram Depan Pada Sepeda Mtb
-

- Wimcycle Hotroad Aldo,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. July, pp. 224–229, 2022, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6831406>.
- [19] S. Karupusamy *et al.*, “Torque control-based induction motor speed control using Anticipating Power Impulse Technique,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2023, doi: 10.1007/s00170-023-10893-5.
- [20] J. Tavoosi *et al.*, “A machine learning approach for active/reactive power control of grid-connected doubly-fed induction generators,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 13, no. 2, p. 101564, 2022, doi: 10.1016/j.asej.2021.08.007.
-