

Desain dan Analisa Perhitungan Rem Cakram Pada Mobil Sport Utility Vehicle (SUV)

Eko Ari Wibowo¹, Widyastuti², Muhammad Nur Wahyu Hidayah³, Ida Betanursanti⁴

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Humaniora

Universitas Muhammadiyah Gombong

Email: 1ekoariwibowo@unimug.ac.id, 2widyastuti@unimugo.ac.id, 3nurwahyuhidayah@unimugo.ac.id,
4idabetanursanti@unimugo.ac.id

ABSTRAK

Rem merupakan komponen yang penting pada suatu unit kendaraan, sehingga perlu adanya perencanaan yang tepat pada proses desain maupun pembuatannya. Tujuan penelitian ini yaitu mendesain rem cakram pada mobil *Sport Utility Vehicle* (SUV) dengan pertimbangan hasil analisa perhitungan berdasarkan spesifikasi mobil yang menjadi referensi. Desain yang dihasilkan yaitu berupa komponen utama yang meliputi kaliper, piston, piringan, pad, keling, pin dan baut. Berdasarkan desain tersebut, hasil perhitungan menunjukkan proses pengereman saat mobil melaju dengan kecepatan 245 km/jam dapat berhenti pada jarak pengereman (s) 42 m dengan waktu pengereman (t_e) 4 detik. Penelitian selanjutnya yaitu membuat model matematis untuk optimasi dimensi komponen rem yang dibutuhkan pada jarak pengereman yang ideal.

Kata kunci: Rem Cakram, SUV, Kaliper, Piston, Pad

ABSTRACT

Brakes are an important component in a vehicle unit, so it is necessary to have proper planning in the design and manufacture process. The purpose of this study is to design disc brakes on a Sport Utility Vehicle (SUV) car with consideration of the results of the calculation analysis based on the specifications of the reference car. The resulting design is in the form of main components which include calipers, pistons, discs, pads, rivets, pins and bolts. Based on this design, the calculation results show the braking process when a car traveling at a speed of 245 km/h can stop at a braking distance (s) of 42 m with a braking time (t_e) 4 seconds. The next research is to make a mathematical model to optimize the dimensions of the brake components needed at the ideal braking distance.

Keywords: Disc Brakes, SUV, Calipers, Pistons, Pads

1. Pendahuluan

Mobil merupakan salah satu alat transportasi yang paling banyak digunakan saat ini, dikarenakan fungsi penggunaannya yang mudah dan nyaman saat digunakan untuk mobilitas, tercatat pada tahun 2022 sedikitnya terdapat 17,2 juta unit mobil penumpang di Indonesia [1]. Seiring berkembangnya zaman, semakin banyak pula mobil yang diciptakan dengan berbagai macam jenisnya [2]. Beberapa jenis mobil yang dikembangkan didunia saat ini mulai dari yang memiliki kapasitas cc kecil, sedang hingga kapasitas cc besar.

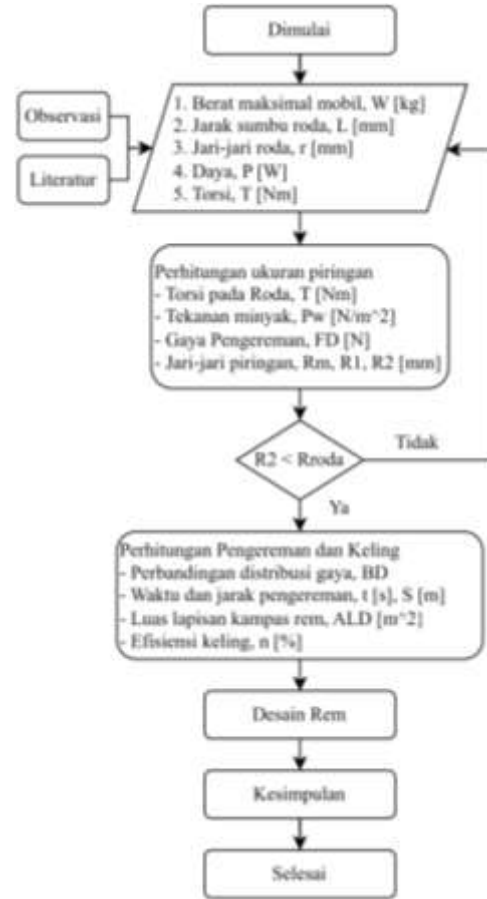
Faktor keselamatan saat berkendara menjadi prioritas dalam pengembangan teknologi yang kian pesat, salah satu yang utama yaitu sistem pengereman [3], [4]. Rem merupakan komponen pada kendaraan yang berfungsi untuk memperlambat laju kendaraan, mengatur kecepatan putaran poros, menghentikan putaran poros roda dan mencegah putaran yang tidak dikehendaki saat berkendara dengan menggunakan gesekan antara pad dengan piringan [2], [5], [6]. Selama terjadi proses pengereman, kerja gesek rem diubah menjadi energi panas [7], [8]. Dalam hal ini kalkulasi pelepasan panas atau kalor dan umur pakai kanvas pada pad ditentukan oleh jenis material kanvas, dimensi bagian yang bergesekan dan kualitas pemakaian dari rem itu sendiri.

Secara umum prinsip kerja rem cakram yaitu dengan memanfaatkan gaya gesekan mekanik untuk memperlambat laju suatu putaran atau mengatur kecepatan suatu roda yang berputar [9], [10]. Bila seorang pengendara mobil menginjak tuas rem, maka pada saat yang bersamaan tuas rem tersebut mendorong minyak untuk menekan kaliper rem, pada saat kampas rem tersebut terdorong maka terjadi pergesekan antara kampas rem dengan piringan cakram [11], [12]. Gesekan ini akan menahan putaran roda yang pada akhirnya akan menghentikan gerak rotasi atau putaran roda [13], [14]

Tujuan dari penelitian ini yaitu mendesain ulang dan menganalisa perhitungan rem cakram pada mobil *Sport Utility Vehicle* (SUV) yang sesuai dengan spesifikasinya. Hal tersebut digunakan mengetahui dimensi utama dari komponen rem cakram mobil tersebut. Sehingga dapat digunakan sebagai referensi untuk merancang rem sesuai dengan kebutuhan medan yang dilalui.

2. Metodologi Penelitian

Prosedur perhitungan dan desain rem cakram mobil berdasarkan pertimbangan beberapa literatur dan hasil observasi yang telah dilakukan [7], [15], [16]. Prosedur disajikan dalam bentuk diagram alir, tampak pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Perancangan dimulai dengan pengumpulan data melalui observasi dan studi literatur sebagai data awal. Selanjutnya analisa perhitungan dilakukan untuk menentukan dimensi dari setiap komponen. Berdasarkan hasil tersebut digunakan sebagai dasar untuk mendesain komponen rem cakram. Kebutuhan torsi pada kendaraan ini yaitu dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$T = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n} \times \text{drive ratio} \quad (1)$$

Dimana :

T = Torsi [Nm]

P = Daya [Watt]

n = Kecepatan putaran roda $\left[\frac{\text{putaran}}{\text{menit}} \right]$

3. Hasil dan Pembahasan

Spesifikasi mobil yang digunakan untuk dasar perancangan dan analisa perhitungan yaitu menggunakan Mobil BMW X3 4WD 30d, sebagai berikut [20]:

Tabel 1. Data Teknis Mobil *BMW X3 4WD 30d*

| No | Keterangan Data | Nilai | Satuan |
|----|---------------------------|----------|--------|
| 1 | Berat total (W) | 23544 | N |
| 2 | Berat depan (WD) | 14126,4 | N |
| 3 | Berat belakang (WB) | 9417,6 | N |
| 4 | Jarak sumbu roda (L) | 2.81 | m |
| 5 | Tinggi titik berat (h) | 0.839 | m |
| 6 | Jari-jari roda (rroda) | 351.1 | mm |
| 7 | Daya (P) | 190000 | W |
| 8 | Torsi mesin (T) | 560 | Nm |
| 9 | Drive ratio | 1 : 2,81 | - |
| 10 | Kecepatan putar mesin (n) | 4000 | rpm |
| 11 | Kecepatan (V) | 245 | km/h |
| 12 | Gaya pedal (Q) | 16 | kg |
| 13 | Koefisien gesek (μ) | 0.32 | - |

3.1 Hasil perhitungan

Berdasarkan data tersebut selanjutnya dihitung berdasarkan literatur, sehingga didapat nilai hasil perhitungan mulai dari torsi pada roda sampai dengan efisiensi sambungan keling [18], [19]. Perhitungan torsi pada roda dihitung dengan cara menghitung keliling dari roda dan kecepatan putaran roda terlebih dahulu. Hasil tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai torsi.

Diketahui : Keliling roda = 2,205 [m]

Putaran roda (n) = $604,712 \left[\frac{\text{putaran}}{\text{menit}} \right]$

Daya = 190000 [W]

Drive ratio = 1 : 2,81

Jawab : $T = \frac{60 \cdot 190000}{2 \cdot \pi \cdot 604,712} \times \frac{1}{2,81} = 1068,29$ [Nm]

Nilai hasil perhitungan pada komponen yang lain disederhanakan dan ditampilkan dalam tabel 2, sebagai berikut:

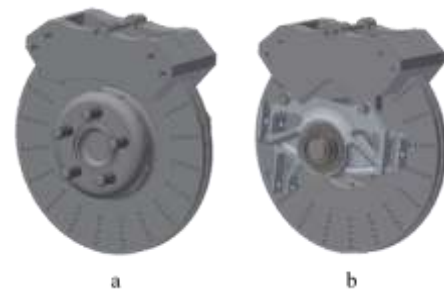
Tabel 2. Hasil Perhitungan Desain

| No | Keterangan Data | Nilai | Satuan |
|----|---------------------------|------------|------------------|
| 1 | Torsi pada roda (T) | 1068,29 | Nm |
| 2 | Tekanan minyak (Pw) | 3,28 x 106 | N/m ² |
| 3 | Luas area piston (AWD) | 3925 | mm ² |
| 4 | Gaya tekan rem (FD) | 12871,971 | N |
| 5 | Jari – jari piringan (Rm) | 131 | mm |
| 6 | Jari – jari terkecil (R1) | 105 | mm |
| 7 | Jari – jari terbesar (R2) | 160 | mm |
| 8 | Gaya dia. luar roda (Bd) | 1927,046 | mm |
| 9 | Beban dinamis depan (WdD) | 1869,950 | kg |

| | | | |
|----|---------------------------------------|-----------|----------------|
| 10 | Gaya rem yang diperlukan (BiD) | 11006,527 | N |
| 11 | Energi kinetik kendaraan (Ek) | 592592,6 | Nm |
| 12 | Waktu pengereman (te) | 4 | s |
| 13 | Jarak pengereman (S) | 42 | m |
| 14 | Luas kampas rem (ALD) | 1133,03 | m ² |
| 15 | Gaya geser paku keling (FS) | 30520,8 | N |
| 16 | Ketahanan paku keling (FC) | 136080 | N |
| 17 | Ketahanan robekan plat (Ft) | 5428458 | N |
| 18 | Gaya maksimal plat (Fmax) | 45993,15 | N |
| 19 | Efisiensi sambungan keling (η) | 63,3 | % |

3.2 Hasil desain

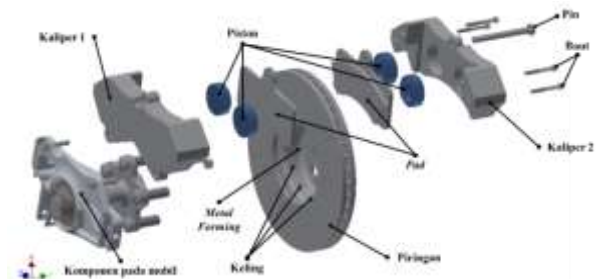
Data hasil perhitungan dijadikan sebagai dasar dalam mendesain komponen rem pada mobil tersebut, Gambar 2 menunjukkan desain rem cakram sebagai berikut :



Gambar 2. Desain Rem Cakram

a. Pandangan Depan dan b. Pandangan Belakang

Gambar 2a menunjukkan proyeksi pandangan bagian depan, sedangkan Gambar 2b menunjukkan proyeksi pandangan bagian belakang. Secara terperinci Gambar 3 menunjukkan setiap komponen dari desain rem cakram sebagai berikut :



Gambar 3. Desain Komponen Rem Cakram

Komponen pada desain rem cakram terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: kaliper, piston, piringan, pad, keling, pin dan baut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa perhitungan yang dilakukan perancangan sistem rem mobil BMW X3 4WD 30D, dengan kapasitas beban total ($W_{\text{total}} = 23544$ N dan kecepatan ($v = 22,222$ m/s maka

diperlukan gaya pengereman sebesar $(F) = 11006,53 \text{ N}$ sedangkan waktu pengereman pada kecepatan tersebut sampai berhenti $(v_0) = 0 \text{ m/s}$ yaitu memerlukan waktu selama $(t) = 4 \text{ s}$ pada jarak $(S) = 42 \text{ m}$. Luas brake pad yaitu sebesar $(ALD) = 1133,030 \text{ m}^2$, diameter piringan bagian dalam dan luar sebesar $(R_1) = 210 \text{ mm}$ dan $(R_2) = 320 \text{ mm}$ dan ukuran piston yang digunakan $(DWD) = 50 \text{ mm}$. Sambungan keling yang digunakan yaitu double riveted dan lap join karena hasil dari perhitungan menunjukkan efisiensi $(\eta) = 63,33\%$ dengan diameter 6 mm dan jarak gang (*pitch*) 38 mm untuk ketebalan total plat $10,5 \text{ mm}$ efektif digunakan. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk perancangan rem cakram yang disesuaikan dengan kebutuhan pada kondisi medan tertentu.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik 2022, "Statistik Indonesia 2023," 2022. <https://www.bps.go.id/>.
- [2] S. R. Abhang and D. P. Bhaskar, "Design and Analysis of Disc Brake," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 165–167, 2014, doi: 10.14445/22315381/ijett-v8p231.
- [3] D. M. Fauzi, V. Naubmone, and N. Fauji, "Analisis Perhitungan Rem Tromol Roda Belakang Mobil Suzuki Mega Carry," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. 14, pp. 32–39, 2022.
- [4] I. Rizianiza and A. Djafar, "Perancangan Sistem Pengereman Mobil Menggunakan Mamdani Fuzzy Logic Control," vol. 1, no. 3, pp. 39–46, 2017.
- [5] A. Sahoo, G. Dixit, A. Kar, and V. V. Nayak, "Design Analysis and Calculations of an Optimized Braking System," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 14–19, 2020, [Online]. Available: www.irjet.net.
- [6] P. G. K. Chetan Kale, "Design and Analysis of Disc Brake," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 10468–10470, 2019, doi: 10.35940/ijrte.d9233.118419.
- [7] A. B. Seelam, N. A. Z. Hussain, and S. Hassan Krishanmurthy, "Design and analysis of disc brake system in high speed vehicles," *Int. J. Simul. Multidiscip. Des. Optim.*, vol. 12, 2021, doi: 10.1051/smdo/2021019.
- [8] Waza Muluken Tadesse and Zhang Lei, "Design and Analysis of Heavy Duty Truck Brake Drum and Shoe," *Int. J. Eng. Res.*, vol. V9, no. 02, pp. 123–135, 2020, doi: 10.17577/ijertv9is020085.
- [9] R. F. Elpriza, A. R. Al Tahtawi, and S. Yahya, "Perancangan dan Implementasi Pengereman Regeneratif pada Simulator Mobil Listrik Berbasis Motor Arus Searah," *IRWNS Pros. 13th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 13–14, 2022.
- [10] S. B. Porlekar, P. S. G. Bhatwadekar, and P. G. R. Kulkarni, "Design, analysis and optimization of brake disc made of composite material for a motor cycle," *Int. J. Res. Publ. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 63–69, 2017.
- [11] F. I. Maulana, N. Wahyudi, and I. Puspitasari, "RANCANG BANGUN SISTEM REM MOBIL LISTRIK FUSENA perlombaan Kompetisi Mobil Listrik Mobil Listrik Fusena menggunakan tipe aliran fluida sirkuit gandadepan-," vol. 18, no. 3, pp. 243–248, 2019.
- [12] K. Soni, G. Vara, I. Sheth, and H. Patel, "Design and Analysis of Braking System for ISIE ESVC," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 13, no. 10, pp. 8572–8576, 2018, [Online]. Available: <http://www.ripublication.com>.
- [13] R. Jaiswal *et al.*, "Ankit Basnet and Rabindra Nath Barman. Structural and Thermal Analysis of Disc Brake Using Solidworks and Ansys," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 67–77, 2016, [Online]. Available: <http://www.iaeme.com/ijmet/index.asp67http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=7&IType=1JournalImpactFactor%0Awww.jifactor.comhttp://www.iaeme.com/currentissue.asp?JType=IJMET&VType=7&IType=1>.
- [14] P. Nur Cahyo and I. Muliatna, "Perancangan Sistem Pengereman Hidrolis Pada Mobil Listrik Garnesa," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 1, no. 01, pp. 54–56, 2013.
- [15] J. K. G. R.S. Khurmi, *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT), 2005.
- [16] Sularso and K. Suga, *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin I*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2005.