

Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengereman Pada Mobil Minimalis Roda Tiga

Farihatul Jannah^{1*}, Sudiyono², dan Tri Andi Setiawan³.

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia.^{1,3}

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia.²

E-mail: farihatul.jannah36@gmail.com^{1*}

Abstract – In the modern era, automotive industry is developing rapidly, from motorcycle until car. There is new innovation in automotive industry, it is a minimalist three wheels car. A car has many parts that very complex. One of them that also very important is brake system because it is deal with safety. So it takes the analyze and design of the brake system that according to minimalist three wheels car. In this final project, the author will design a brake system that suitable to minimalist three wheel car. And then have calculating the force that is required by the driver to stop a car. The author designed the brake system using AutoCAD software. Based on data analysis that has been done, the brake system that suitable to minimalist three wheel car are disc brake with hydraulic system for front wheel and drum brake with mechanic system for rear wheel. Based on the design of brake system that have made, the force that the driver needed to stop a car is 559,87 N. Brake's specification that used to minimalist three wheels car are disc brake with diameter about 220 mm, master silinder's diameter is 12,7 mm, piston caliper's diameter is 34 mm and tromol brake's diameter is 130 mm.

Keywords: car, disc brake, force of pressing foot, tromol brake

1. PENDAHULUAN

Pada era teknologi modern saat ini, industri otomotif berkembang sangat pesat. Minat masyarakat kepada industri otomotif semakin tinggi baik dalam kendaraan bermotor maupun mobil, khususnya mobil. Semakin tinggi pengguna mobil maka kemacetan semakin meningkat dan dapat bertambah parah jika tidak ditemukan solusi. Salah satu cara

Dari permasalahan tersebut, muncul suatu gagasan untuk membuat mobil minimalis roda tiga. Karena bentuknya minimalis tentu hal ini dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi kemacetan. Mobil sendiri memiliki beberapa bagian pembangun yang banyak dan kompleks diantaranya mesin, *chasis*, *body*, sistem rem, sistem *handling*, dll. Salah satu yang sangat penting dan harus ada adalah sistem pengereman, dikarenakan sistem pengereman berhubungan langsung dengan keamanan dan keselamatan pengguna. Sehingga dibutuhkan perancangan dan perencanaan yang matang untuk membuat sistem pengereman pada mobil roda tiga.

2. METODOLOGI

Adapun langkah-langkah yang digunakan pada pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengumpulan data
2. Melakukan analisa variabel-variabel penentuan jenis pengereman

3. Pembuatan konsep pengereman untuk mobil minimalis roda tiga
4. Pemilihan konsep pengereman
5. Perhitungan pada konsep pengereman terpilih
6. Pembuatan dan perakitan sistem pengereman

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kajian Produk Sebelumnya

Peneliti sebelumnya (Prayoga, 2017) telah merancang sistem pengereman depan pada mobil minimalis roda tiga. Namun hasil rancangan tersebut belum direalisasikan menjadi produk nyata. Dari hasil analisa yang dilakukan dihasilkan parameter-parameter sebagai berikut :

Tabel 1: Hasil Penelitian Sebelumnya (Prayoga, 2017)

Parameter	Hasil
Maksimum berat penumpang	210 kg
Maksimum berat barang	20 kg
Dimensi mobil (panjang, lebar, tinggi)	3000mm x 1400mm x 1500mm
Ukuran roda depan	80/90 – 17 M/C 40P
Rem depan	Cakram hidrolis
Jari-jari rotor/piringan	110 mm
Diameter caliper	50 mm
Diameter master silinder	30 mm
Tekanan Master Silinder	681,4117 kN/m ²

3.2 Spesifikasi Rem yang Direncanakan

Berikut ini adalah data spesifikasi mobil roda tiga yang direncanakan dalam perhitungan :

1. Panjang kendaraan (p) : 3000 mm
2. Lebar kendaraan (l) : 1400 mm
3. Tinggi kendaraan (t) : 1500 mm
4. Wheelbase (L) : 2010 mm
5. Berat kendaraan (W) : 350 kg
6. Jarak pedal ke poros (a) : 140 mm
7. Jarak push rod ke poros (b) : 115 mm
8. Diameter piston master silinder : 12,7 mm
9. Diameter piston kaliper : 34 mm
10. Diameter cakram : 220 mm
11. Diameter tromol : 130 mm
12. Koef. Gesek kampas rem (μ_k) : 0.38
13. Massa jenis angin (ρ) : 1,2 kg/m³

3.3 Variabel Penentuan Jenis Pengereman

1. Perhitungan perlambatan

Kecepatan awal yang ditentukan (V_0) adalah 100 km/jam dan braking distance available 67 m, maka jarak pengereman yang diinginkan adalah 62 m, 5 meter sisanya dapat digunakan sebagai safety distance apabila ada hal yang tidak diinginkan.

$$\begin{aligned} V_t^2 &= V_0^2 + 2 a s \\ 0 &= 27,78^2 + 2 x a x 62 \\ -124a &= 771,73 \\ a &= -\frac{771,73}{124} \\ a &= -6,22 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

2. Perhitungan titik berat

Untuk mencari center of gravity (CG) digunakan perbandingan berat depan dan belakang :

$$\begin{aligned} L &= 2010 \text{ mm} \\ W_b &= 200 \text{ kg} \quad (\text{meliputi} \\ &\quad \text{berat rangka depan dan driver)} \\ W_d &= 150 \text{ kg} \quad (\text{meliputi} \\ &\quad \text{berat rangka belakang dan 2 penumpang)} \\ W_{total} &= 350 \text{ kg} \\ a &= \frac{L \cdot W_b}{W_{total}} \\ b &= \frac{W_{total} \cdot L}{W_d} \\ &= \frac{2010 \cdot 200}{350} \\ &= \frac{2010 \cdot 150}{350} \\ &= 1148,5 \text{ mm} \\ &= 861,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai h dalam penentuan CG kendaraan, diperlukan penimbangan kendaraan pada kondisi jalan yang memiliki sudut tanjakan 8°-15° (Aulia, 2015). Dalam hal ini penulis mengambil nilai $\theta = 15^\circ$

$$\begin{aligned} h &= r + hr \\ &= r + \left[b - L \left(\frac{W_b}{W} \right) \right] \cot \theta \\ &= 318,6 + \left[861,4 - \right. \\ &\quad \left. 2010 \left(\frac{200}{350} \right) \right] \cot 15 \\ &= 743,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Beban dinamis roda

$$\begin{aligned} W_{dD} &= W_D + W_e (h/L) \\ &= 150 + 350 \cdot 0,63 \left(\frac{743,67}{2010} \right) \\ &= 231,58 \text{ kg} \end{aligned}$$

(Nilai e didapatkan dari nilai perlambatan dibagi dengan percepatan gravitasi)

$$\begin{aligned} W_{dB} &= W_B + W_e (h/L) \\ &= 200 + 350 \cdot 0,63 \left(\frac{743,67}{2010} \right) \\ &= 118,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Gaya rem yang diperlukan roda

$$\begin{aligned} B_{ID} &= e \cdot W_{dD} \\ &= 0,63 x 231,58 \\ &= 145,9 \text{ kg} \\ B_{IB} &= e \cdot W_{dB} \\ &= 0,63 x 118,42 \\ &= 74,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya rem total} &= 145,9 + 74,6 \\ \text{yang dibutuhkan} &= 220,5 \text{ kg} \\ &= 2160,9 \text{ N} \end{aligned}$$

3.4 Perhitungan Konsep Pengereman

3.4.1 Pengereman dengan cakram

Berikut ini adalah analisa data yang dibutuhkan untuk pengereman dengan jenis rem cakram :

1. Gaya pengereman pada disc brake

$$\begin{aligned} F_R \times r_r &= F_p \times r_p \\ 72,95 \times 287,9 &= F_p \times 110 \\ F_p &= \frac{72,95 \times 287,9}{110} \\ &= 190,93 \text{ kg} \\ &= 1871,114 \text{ N} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} F_R &= \text{Gaya pada roda} \\ r_r &= \text{jari-jari roda} \\ r_p &= \text{jari-jari piringan} \end{aligned}$$

2. Gaya tekan pada kampas rem

Gaya gesek pada kampas rem dan piringan cakram yang terjadi tergantung pada koefisien gesek dan gaya tekan pada kampas rem (Arifin, 2017).

$$\begin{aligned} F_p &= F_k \times \mu_k \\ F_k &= \frac{190,93}{0,38} \\ &= 502,45 \text{ kg} \\ &= 4924,01 \text{ N} \end{aligned}$$

3. Perhitungan tekanan hidraulik pada brake line
 Gaya tekan yang dihasilkan oleh kampas berasal tekanan cairan pada brake line yang menekan piston caliper, maka tekanan pada brake line diperoleh dengan persamaan berikut :

$$F_{\text{kampas}} = P_{\text{brake line}} \times A_{\text{piston caliper}}$$

$$P_{\text{brake line}} = \frac{F_{\text{kampas}}}{0,25 \times \pi \times D_{\text{kaliper}}^2}$$

$$= \frac{502,45}{0,25 \times 3,14 \times 34^2}$$

$$= 0,55 \text{ kg/mm}^2$$

4. Gaya yang dibutuhkan pada master silinder
 Tekanan pada cairan master silinder berasal dari gaya kaki yang diaplikasikan pada master silinder, maka gaya tekan kaki yang dibutuhkan diperoleh dengan rumus berikut.

$$F_{\text{master}} = P_{\text{brake line}} \times A_{\text{piston master silinder}}^2$$

$$= 0,55 \times 0,25 \times \pi \times D_{\text{master silinder}}^2$$

$$= 0,55 \times 0,25 \times 3,14 \times 12,7^2$$

$$= 69,6 \text{ kg}$$

$$= 682,08 \text{ N}$$

5. Gaya pengereman dengan menggunakan cakram

$$F = FER \times P_w \times A_{wd} \times \frac{r}{R}$$

$$= 2 \times 0,38 \times 0,55 \times 907,46 \times \frac{110}{287,9}$$

$$= 158,11 \text{ kg}$$

$$= 1549,478 \text{ N}$$

3.4.1 Pengereman dengan Tromol

Berat seluruh mobil = 350 kg
 Diameter ban efektif (D) = 637,8 mm
 Diameter drum (d) = 130 mm
 Jarak pengereman (S) = 62 m (direncanakan)
 Kecepatan mobil (V) = 27,78 m/s
 Atas dasar hal diatas, jika energi kecepatan yang harus dihabiskan sampai mobil berhenti adalah sama dengan kerja rem 3 roda, maka gaya F adalah :

$$\frac{W \times v^2}{2 \times g} = F \times \frac{d}{D} \times S \times 3$$

$$\frac{350 \times 27,78^2}{2 \times 9,81} = F \times \frac{0,13}{0,6378} \times 62 \times 3$$

$$13766,817 = F \times 37,91$$

$$F = 363,144 \text{ N}$$

$$F = 37 \text{ kg}$$

3.5 Pemilihan Konsep Pengereman

Tabel 2: Parameter Pemanding Konsep Rem Depan

Kriteria Seleksi	Rem Cakram	Rem Tromol
Kebutuhan gaya pengereman	+	-
Ekonomis	-	+
Manufaktur dan perakitan	-	+
Perawatan	+	-
Jumlah +	2	2
Jumlah -	2	2

Tabel 3: Parameter Pemanding Konsep Rem Belakang

Kriteria Seleksi	Rem Cakram	Rem Tromol
Kebutuhan gaya pengereman	-	+
Ekonomis	-	+
Manufaktur dan perakitan	-	+
Perawatan	+	-
Jumlah +	1	3
Jumlah -	3	1

Dari hasil perbandingan konsep yang dilakukan, dihasilkan pengereman jenis cakram dengan sistem hidrolik untuk rem depan dan rem jenis tromol dengan sistem mekanik untuk rem belakang.



Gambar 1. Sistem Pengereman Mobil Minimalis Roda Tiga

Dengan sistem pengereman serta spesifikasi rem yang digunakan tersebut, maka dapat diketahui besarnya gaya pengereman yang dihasilkan oleh sistem rem yang dirancang. Berikut adalah analisa pengereman terpilih untuk mobil minimalis roda tiga :

Gaya rem yang sebenarnya dikenakan pada roda :

$$(FER)_D = 2 \mu_D$$

$$= 2 \times 0,38 = 0,76$$

$$BdD = 2 \times FER \times A_{\text{piston kaliper}} \times P_{\text{brake line}} \times \frac{r_{\text{cakram}}}{r_{\text{roda}}}$$

$$= 2 \times 0,76 \times 907,46 \times 0,55 \times \frac{110}{287,9}$$

$$= 289,85 \text{ kg}$$

$$BdB = 37 \text{ kg}$$

Gaya rem total yang dikenakan pada roda adalah :

$$BdD + BdB = 289,85 + 37$$

$$= 326,85 \text{ kg}$$

$$= 3203,13 \text{ N}$$

Gaya rem total yang dibutuhkan berdasarkan dimensi mobil adalah sebesar 2160,9 N. Sedangkan berdasarkan spesifikasi rem yang digunakan, gaya total yang dikenakan rem pada roda adalah sebesar 3203,13 N. Hasil tersebut memenuhi total gaya pengereman yang dibutuhkan untuk memberhentikan mobil pada kecepatan 100 km/jam. Sehingga rem yang direncanakan memenuhi kebutuhan.

Untuk mengetahui gaya injakan kaki yang dibutuhkan oleh driver didapatkan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{\text{master silinder}} &= F_{\text{kaki}} \times \frac{a}{b} \\
 F_{\text{kaki}} &= F_{\text{master silinder}} \times \frac{b}{a} \\
 &= 69,6 \times \frac{115}{140} \\
 &= 57,13 \text{ kg} \\
 &= 559,87 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pada penelitian yang dilakukan oleh R. G. Mortimer (dalam Arifin, 2017) menyebutkan bahwa pengemudi laki-laki dewasa dapat mengaplikasikan gaya pedal hingga 1200 Newton pada kendaraan umum atau mobil konvensional. Dari kutipan tersebut dapat diketahui bahwa gaya kaki yang digunakan untuk memberhentikan mobil dari kecepatan 100 km/jam pada mobil roda tiga masih memenuhi standar.

3.6 Hasil Pengujian Pengereman

Pengujian pengereman yang dilakukan mengacu pada standar SNI 4404-2008 untuk kendaraan tipe L dengan sistem pengereman kombinasi. Berikut ini adalah tabel standar pengereman untuk sistem rem kombinasi :

Tabel 4: Pengereman Dengan Sistem Rem Kombinasi

Kategori	Jarak berhenti (m)	MFDD (m/s ²)
L1, L2	$S < 0,1 \times V + V^2/115$	4,4 ^{38%}
L3	$S < 0,1 \times V + V^2/132$	5,1 ^{48%}
L4	$S < 0,1 \times V + V^2/140$	5,4 ^{58%}
L5	$S < 0,1 \times V + V^2/130$	5,0 ^{58%}

Mobil minimalis roda tiga ini merupakan kendaraan tipe L5 dengan sistem rem kombinasi. Berikut ini adalah Jarak berhenti untuk kategori L5 dengan beban terbebani ataupun tidak terbebani.

Pada saat kecepatan 20,16 km/jam :

$$\begin{aligned}
 S &< 0,1 \times V + V^2/130 \\
 S &< 0,1 \times 20,16 + 20,16^2/130 \\
 S &< 2,016 + 3,13 \\
 S &< 5,15
 \end{aligned}$$

Pada saat kecepatan 41,22 km/jam :

$$\begin{aligned}
 S &< 0,1 \times V + V^2/130 \\
 S &< 0,1 \times 41,22 + 41,22^2/130 \\
 S &< 4,122 + 13,07 \\
 S &< 17,192
 \end{aligned}$$

Pada saat kecepatan 55,12 km/jam :

$$\begin{aligned}
 S &< 0,1 \times V + V^2/130 \\
 S &< 0,1 \times 55,12 + 55,12^2/130 \\
 S &< 5,512 + 23,37 \\
 S &< 28,9
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah Hasil pengujian jarak berhenti pengereman:

Tabel 5. Hasil Pengujian Jarak Berhenti

Kecepatan	Jarak Berhenti
20,16 km/jam	1,6 s
41,22 km/jam	3,38 s
55,12 km/jam	6,07 s

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali tiap variasi kecepatan dan dilakukan pada jalan aspal kering yang datar. Pengujian dilakukan dengan kendaraan tanpa penumpang. Dari hasil perhitungan jarak berhenti diketahui bahwa jarak berhenti hasil pengujian memenuhi perhitungan standar. Jadi sistem pengereman yang digunakan pada mobil roda tiga masih memenuhi standar dan aman digunakan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Perancangan Sistem pengereman pada mobil roda tiga menggunakan rem cakram hidrolis untuk pengereman depan serta rem tromol mekanik untuk pengereman belakang.
2. Perencanaan pengereman pada mobil roda 3 dilakukan dengan membandingkan antara rem tromol dan rem cakram dengan perbandingan parameter kebutuhan gaya pengereman, segi ekonomis, manufaktur dan perakitan serta perbaikan dan perawatan.
3. Gaya injakan maksimal yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk melakukan pengereman adalah sebesar 57,13 kg atau senilai 559,87 N dan hasil tersebut masih memenuhi standar.
4. Pembuatan sistem pengereman pada mobil minimalis roda tiga meliputi tiga proses yaitu pemotongan, pengeboran serta pengelasan dengan diameter cakram 220 mm, diameter tromol 130 mm, diameter piston kaliper 34 mm, diameter master silinder 12,7 mm.

4.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian terhadap jarak pengereman dalam kondisi kendaraan terbebani dan tidak terbebani. Sehingga dapat dibandingkan apakah kedua kondisi tersebut memenuhi standar atau tidak.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, H. A. (2017). Perhitungan Ulang Sistem Pengereman Mobil Nogogeni 3 Evo Untuk Shell Eco Marathon Asia 2017. **Laporan Penelitian Tugas Akhir**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

- [2] Aulia, F.D.P. (2015). Analisa Sistem Pengereman CBC (*Combined Brake System*) Pada Honda Vario Techno 125 *Idling Stop System* PGM-FI Dengan Kondisi Menurun. **Laporan Penelitian Tugas Akhir**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Ir. Sularso, MSME. Dan Kiyokatsu S. (2008). **Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin**. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4] Martino, D. dan I Nyoman, S. (2012). *Analisa Braking System Pada Kendaraan Hybrid Sapujagad*. **JURNAL TEKNIK POMITS**, Vol. 1, No. 2, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5] Munardi, D. (2016). Desain dan Analisis Perancangan Sistem Pengereman dan Geometri Roda Pada Gokart 150CC DOHC. **Laporan Penelitian Tugas Akhir**, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- [6] Prayoga, B. D., Purnomo, H., & Bisono, F. (2018, January). Perancangan Dan Analisis Sistem Pengereman Hydraulic Pada Mobil Minimalis Roda Tiga. In Conference on Design and Manufacture and Its Application (Vol. 1, No. 1, pp. 094-104).
- [7] Ramadani, R. (2017). Perancangan Sistem Pengereman Pada Kendaraan Bermotor Roda Tiga Sebagai Alat Bantu Transportasi Bagi Penyandang Disabilitas. **Laporan Penelitian Tugas Akhir**, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- [8] Setiyono, R. (2015). Analisis Gaya Pengereman Pada Mobil Nasional Mini Truk. **Laporan Penelitian Tugas Akhir**, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [9] Wawan, D. (2016). **Perbaikan Sistem Rem (Brake System)**. PPPPTK, Malang.
- [10] Yanuar., Satyadarma, D. & Noerdin, B. (2014). *Analisis Gaya Pada Rem Cakram (Disk Brake) Untuk Kendaraan Roda Empat*. **JURNAL TEKNIK MESIN**, Universitas Gunadarma, Jakarta.
- [11] Zahron, A.N. (2017). Analisa Pengujian Sistem Pengereman dan Pengujian Performa Pada Kendaraan Bermotor Roda Tiga Sebagai Alat Bantu Transportasi Bagi Penyandang Disabilitas. **Laporan Penelitian Tugas Akhir**, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.

