

Perancangan Sistem Pengereman Pada Kendaraan Bermotor Roda Tiga Sebagai Alat Bantu Transportasi Bagi Penyandang Disabilitas

Ratna Ramadani¹, Heroe Poernomo², dan Tri Andi S.³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

^{2,3}Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email: ratnaramadani27@gmail.com

Abstrak

Sepeda motor roda tiga sebelumnya sudah ada namun saat ini belum ada analisa mengenai sistem pengereman. Ini sangat berbahaya pada keamanan pengguna saat mengurangi kecepatan maupun berhenti secara mendadak. Sistem pengereman kendaraan bermotor roda tiga tersebut masih menggunakan satu cakram pada dua roda yang dimodifikasi tersebut sehingga dapat mengakibatkan selip untuk pengendara. Dalam menganalisa permasalahan diatas menggunakan beberapa tahap penelitian yaitu perhitungan dan perancangan. Perhitungan meliputi rem cakram, rem tromol hingga jarak aman pengereman. Sedangkan perancangan dibantu software CAD (Computer Aided Design) untuk pembuatan gambar. Berdasarkan hasil perancangan dan perencanaan tugas akhir dengan judul perancangan sistem pengereman pada kendaraan bermotor roda tiga sebagai alat bantu transportasi bagi penyandang disabilitas ini dihasilkan sistem pengereman yang aman dengan penambahan rem pada bagian roda yang ada dua, sehingga pengeremannya menjadi seimbang karena percabangan selang aliran hidroliknya menggunakan percabangan T. Didapatkan tekanan hidrolik lebih besar daripada produk sebelumnya yaitu 2.107.149,69 Pa. Dengan kecepatan maksimum 100km/jam sepeda motor tersebut memiliki gaya pengereman 1.182,2031 N. Penggunaan rem ketika kecepatan rata-rata 40 km/jam dengan asumsi 15xrem/jam, kampas rem mampu bertahan selama ± 12 bulan.

Kata kunci: *sepeda motor, sistem pengereman, CAD (Computer Aided Design)*

1. PENDAHULUAN

Di era transportasi modern ini banyak sekali kita jumpai kecelakaan transportasi yang sebagian besar korbannya adalah pengguna kendaraan bermotor yang kurang hati-hati ketika berkendara, melanggar peraturan dan standart prosedur penggunaan. Tak jarang dari korban kecelakaan tersebut hanya mengalami luka hingga kehilangan kakinya. Hal tersebut tidak memungkirkan untuk seseorang tidak mengendarai sepeda motor lagi terlebih penyandang disabilitas cacat kaki tersebut. Untuk membantu para korban cacat akibat kecelakaan sepeda motor tersebut dalam aktifitasnya sehari hari, telah diciptakannya kendaraan bermotor khusus penyandang disabilitas tersebut. Kendaraan bermotor yang dimaksud adalah sepeda motor roda tiga. Sekilas nampak seperti aman dan membantu para penyandang disabilitas tersebut. Namun tidak menutup kemungkinan kecelakaan masih bisa terjadi. Pasalnya, rakitan sepeda motor roda tiga untuk penyandang disabilitas tersebut dibuat sesuai dengan kebutuhan namun dibuat dengan bahan seadanya. Salah satu faktor terjadinya kecelakaan selain kurangnya kehati-hatian individu ialah sistem pengereman yang ada di sepeda motor roda tiga tersebut.

Sistem pengereman ini sangat berpengaruh pada keamanan pengguna saat mengurangi kecepatan maupun berhenti secara mendadak. Sistem pengereman kendaraan bermotor roda tiga tersebut masih menggunakan satu cakram pada dua roda yang dimodifikasi tersebut. Terkadang, saat pengguna melakukan pengereman terjadi ketidakstabilan terhadap roda ban yang terpasang menjadi dua sehingga dapat membuat pengguna oleng atau bisa saja jatuh dan itu sangat membahayakan pengguna sepeda motor roda tiga tersebut. Maka dari itu, diperlukan perancangan sistem pengereman pada kendaraan bermotor roda tiga sebagai alat bantu transportasi jarak jauh bagi penyandang disabilitas (cacat kaki).

Adapun beberapa permasalahan yang perlu dikaji, yaitu: (1) Berapa gaya yang dibutuhkan pada saat mengerem pada kecepatan maksimal 100 km/jam. (2) Bagaimana merancang sistem pengeraman agar aman dan tidak mudah aus saat digunakan. (3) Bagaimana merancang sistem pengeraman hidrolik yang sesuai dengan kendaraan bermotor roda tiga untuk penyandang disabilitas. Sehingga di dapatkan tujuan penelitian, yaitu: (1) Dapat mengetahui gaya pengeraman pada saat mengerem dengan kecepatan maksimal 100 km/jam. (2) Dapat merancang sistem pengeraman yang aman dan tidak mudah aus saat digunakan. (3) Dapat merancang sistem pengeraman hidrolik yang sesuai dengan kendaraan bermotor roda tiga untuk penyandang disabilitas. Adapun ruang lingkup kajian adalah sepeda motor untuk penyandang disabilitas kaki yang masih memiliki fungsi pada kedua tangannya dan orang-orang yang memiliki antusiasme dengan penyempurnaan alat transportasi mereka. Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah rancangan sistem pengeraman pada sepeda motor roda tiga untuk penyandang disabilitas yang aman dan bisa dijadikan standar guna meningkatkan mutu serta mendapatkan solusi alternatif dalam pembuatan kendaraan bermotor roda tiga untuk penyandang disabilitas.

2. METODOLOGI

Rem adalah suatu peranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda. Rem mempunyai fungsi yaitu menghentikan putaran poros, mengatur putaran poros, dan juga mencegah putaran yang tidak dikehendaki. Rem harus membuang empat kali lebih banyak energi untuk menghentikannya dan konsekuensinya, jarak yang dibutuhkan pengeraman juga empat kali lebih jauh (Yanuar, Satyadarma & Noerdin 2010). Secara umum sepeda motor menggunakan kampas rem yang berbahan asbestos dimana mempunyai koefisien gesek 0,35-0,6.

Sistem rem sepeda motor dirancang untuk mengontrol kecepatan atau laju (mengurangi atau memperlambat kecepatan dan menghentikan laju) sepeda motor, dengan tujuan meningkatkan keselamatan dan untuk memperoleh pengendalian yang aman. Jarak pengeraman juga menentukan keamanan pengendara untuk memprediksi pada saat kecepatan yang digunakan agar tidak terjadi tabrakan dengan kendaraan didepannya. Hal tersebut dapat diprediksi dengan persamaan:

$$D_x = \frac{v^2}{2a} \quad (1)$$

Prinsip kerja rem adalah dengan mengubah energi gerak atau kinetik menjadi energi panas dalam bentuk gesekan. Pembagian tipe rem pada sepeda motor menurut konstruksinya, yaitu rem tromol (*drum brake*), dan rem cakram (*disc brake*). Rem tromol biasa digunakan untuk pengeraman roda bagian belakang. Rem tromol yang digunakan merupakan tromol manual. Untuk mendapatkan data-data hubungan yang diinginkan, maka dilakukan langkah-langkah pengolahan data untuk rem tromol sebagai berikut:

1. Perlambatan radial

$$\alpha = \frac{a}{r_{\text{roda}}} \quad (2)$$

2. Kapasitas pengeraman

Untuk mencari kapasitas pengeraman harus mencari momen inersia tromol terlebih dahulu dengan rumus yaitu sebagai berikut :

$$I = \frac{1}{2} \cdot m_t \cdot r_d^2 \quad (3)$$

Maka dengan itu bisa di cari kapasitas pengeraman dengan rumus :

$$\sum_T = I \cdot \alpha \quad (4)$$

Dengan asumsi distribusi pengeraman rem tromol 40 % maka didapat:

Kapasitas pengeraman pada rem tromol : $T_t = 0,4 \cdot \sum_T$

$$T_t = 0,4 \cdot \sum_T \quad (5)$$

3. Gaya gesek pada rem tromol

$$F_{gt} = \frac{T_t}{r_{gt}} \quad (6)$$

4. Gaya cekam pada tromol

$$F_{Nt} = \frac{F_{gt}}{\mu} \quad (7)$$

5. Torsi pada rem

$$T = W \times \left(\frac{D}{2}\right) + W \times \left(\frac{D}{2}\right) \quad (8)$$

6. Daya Pengereman

$$P_b = \frac{T_n \cdot \omega}{9,74 \cdot 10^{10}} \quad (9)$$

7. Kerja rem tromol

$$E_t = F_{Nt} \times S_{Dt} \quad (10)$$

8. Jumlah Kontak pengereman

$$N_k = \frac{L_t^3}{E_t \cdot \omega} \quad (11)$$

9. Umur pakai kampas rem

$$\frac{N_k}{1800} \quad (12)$$

Rem cakram (*disc brake*) pada umumnya terdiri atas cakram (disc rotor) yang terbuat dari besi tuang yang berputar dengan roda, bahan gesek (disc pad) yang menjepit dan mencengkeram cakram, serta kaliper rem yang berfungsi untuk menekan dan mendorong bahan gesek sehingga diperoleh daya pengereman. Daya pengereman dihasilkan oleh adanya gesekan antara kanvas rem dan cakram. Rem cakram digunakan untuk pengereman roda bagian depan. Untuk mendapatkan data-data hubungan yang diinginkan, maka dilakukan langkah-langkah pengolahan data sebagai berikut:

1. Besar koefisien gesek kampas rem

$$\mu = \frac{v^2}{2 \times s \times g} \quad (13)$$

2. Perlambatan

$$\alpha = \mu \times g \quad (14)$$

3. Gaya pengereman

$$F = m \times a \quad (15)$$

4. Torsi pengereman

$$T = 1,1 \times F \times \frac{D_{ban}}{2} \quad (16)$$

5. Tekanan kampas rem yang diperlukan

$$P = \frac{T}{0,5 \times \theta \times \pi \times \mu \times R_1 (R_0^2 - R_1^2)} \quad (17)$$

6. Gaya tekan piston pada kampas

$$F_p = \theta \times R_1 \times (R_0 - R_1) \times P \quad (18)$$

7. Tekanan hidrolis

$$P_w = \frac{F_p}{\frac{\pi}{4} \times D_{pm}^2} \quad (19)$$

8. Gaya piston master rem

$$F_{piston} = P_w \times \frac{\pi}{4} \times D_{saluran}^2 \quad (20)$$

9. Gaya dari tangan pada tuas

$$\Sigma M_a = 0$$

$$(F_{piston} \times y) - (F_{tangan} \times x) = 0$$

$$F_{tangan} = \frac{F_{piston} \times y}{x} \quad (21)$$

10. Gaya gesek pengereman

$$F_{\mu} = \mu \times F_{piston} \quad (22)$$

11. Daya gesek pengereman

$$N_r = \frac{E_k \times z}{27 \times 10^4} \quad (23)$$

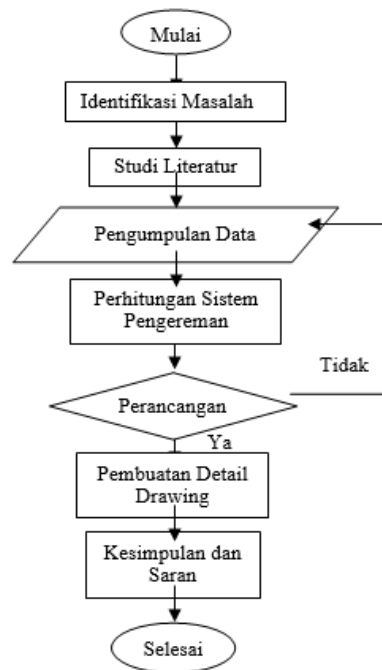
12. Volume keausan

$$V_v = \left(\pi \times 2(R_0^2 - R_1^2) \times \frac{\theta}{360^\circ} \right) \times S_v \quad (24)$$

13. Umur kampas rem

$$L_b = \frac{V_v}{q_v \times N_r} \quad (25)$$

Dalam penelitian ini, tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada *flow chart* sebagai berikut:



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan dari pendekatan perhitungan untuk mengetahui berapa besar kebutuhan yang dibutuhkan oleh sepeda motor roda tiga tersebut, khususnya dua roda didepannya. Telah ditetapkan menurut standart otomotif bahwa umur kampas rem harus diganti ≥ 12 bulan. Jarak aman pada saat pengereman pun perlu diperhatikan agar dapat memprediksi jarak aman untuk berhenti dari kejauhan. Sehingga pada pembahasan ini akan diketahui waktu kampas rem yang harus diganti sesuai dengan penggunaan yang dihitung secara manual dan jarak aman pengereman. Berikut hasil dari perhitungan manual:

1. Sistem Pengereman Depan (Cakram)

Parameter	Hasil
Perlambatan	7,65 m/s ²
Gaya Pengereman	787,95 N
Torsi Pengereman	154,28 Nm
Tekanan Kampas Rem	286.575,28 Pa

Gaya Tekan Piston pada Kampas	661,65 N
Tekanan Hidrolik	2.107.149,69 Pa
Gaya Gesek Pengereman	129,02 N
Umur Kampas Rem	12 bulan

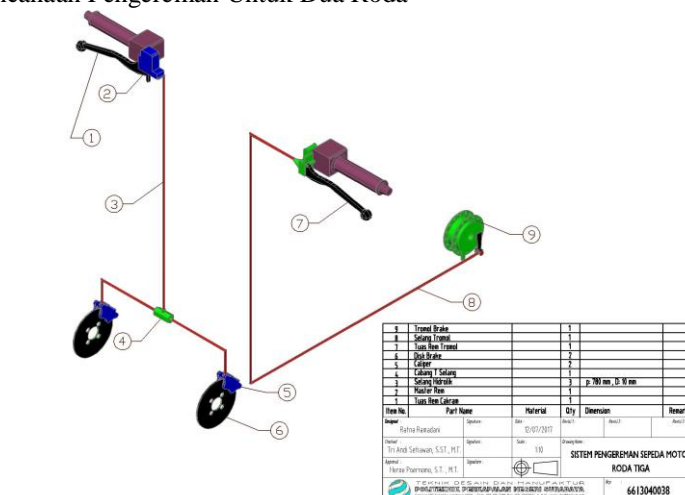
2. Sistem Pengereman Belakang (Tromol)

Parameter	Hasil
Perlambatan Radial	21,25 rad/s ²
Gaya Gesek	4,91 N
Gaya Cekam pada Tromol	12,61 N
Torsi Pengereman	363,75 Nm
Daya Pengereman	0,0000056 Kw
Umur Kampas Rem	11 bulan

3. Jarak Aman Pengereman

Parameter	Hasil
Kecepatan 100 km/jam	67,17 m
Kecepatan 60 km/jam	24,19 m
Kecepatan 30 km/jam	6,04 m

4. Gambar Perencanaan Pengereman Untuk Dua Roda



4. KESIMPULAN

- Gaya pengereman yang dihasilkan oleh sepeda motor roda tiga ketika kecepatan maksimum 100 km/jam adalah 1.182,2031 N.
- Merancang sistem pengereman agar aman dan tidak mudah aus saat digunakan yaitu dengan tidak memposisikan kampas rem dengan cakram terlalu berdekatan dan pemakaian rem yang jarang, hal itu dapat memperlambat waktu aus kampas rem dari yang sudah di prediksi melalui perhitungan dengan porsi untuk rem cakram dapat bertahan selama ± 12 bulan dan untuk rem tromol dapat bertahan selama ± 11 bulan dengan kecepatan rata-rata yaitu 40 km/jam.
- Merancang sistem pengereman hidrolik yang sesuai dengan kendaraan bermotor roda tiga untuk penyanggah disabilitas tidak hanya pembagian selang hidrolik ke rem cakram secara merata menggunakan selang percabangan T dimana percabangan tersebut paling sesuai dengan kebutuhan tetapi juga perhitungan gaya, torsi, dll yang berubah mempengaruhi tekanan hidrolik pengereman tersebut. Berikut tabel dan gambar perencanaan selang hidrolik percabangan T:

Tabel 5.1 Perbandingan Pengereman Cakram 1 Roda Dengan 2 Roda

Parameter	Pengereman 1 Roda	Pengereman 2 Roda
Perlambatan (m/s ²)	3,83	7,65

Gaya Pengereman (N)	355,81	787,95
Torsi Pengereman (Nm)	69,67	154,28
Tekanan Kampas Rem (Pa)	129.406,53	286.575,28
Gaya Tekan piston pada Kampas (N)	298,77	661,65
Tekanan Hidrolik (Pa)	951.508,92	2.107.149,69

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Heroe Poernomo dan Bapak Tri Andi S. yang telah membimbing, membantu, serta meluangkan waktunya untuk keberhasilan penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terimakasih juga penulis ucapkan kepada Bapak Purnomo yang telah membantu dalam pembuatan konsep, penyebaran kuisioner, hingga assembly. KEKET *Family* yang terdiri dari Andi, Rizal, Agus dan Naufal yang telah sama-sama berjuang dari awal hingga akhir masa perjuangan kita, semoga pertemanan dan cerita kita kemarin terkenang sepanjang masa.

6. DAFTAR NOTASI

D_x	= jarak aman saat mengerem (m)
v	= kecepatan maksimal (m/s)
α	= perlambatan (m/s^2)
a	= perlambatan saat pengereman (m/s^2)
r_{roda}	= jari-jari roda (m)
I	= inersia tromol (kg.m)
m_t	= jumlah masa tromol dan roda belakang (kg)
T_t	= kapasitas pengereman rem tromol (J)
F_{gt}	= gaya cekam pada rem tromol (N)
R_{gt}	= jari – jari pengereman pada tromol (m)
F_{gc}	= gaya gesek pada rem tromol (N)
μ	= koefisien gesek kampas rem
T	= torsi pada rem (N.m)
W	= berat total motor (N)
D	= diameter pengereman pada roda belakang (m)
P_b	= daya pengereman (Watt)
T_n	= torsi pengereman (N.m)
n_i	= rotasi permenit (rpm)
E_t	= kerja rem tromol (N.m)
S_{Dt}	= jarak pengereman (m)
N_k	= jumlah kontak tromol
L_t^3	= jumlah masa tromol
ω	= laju keausan
g	= percepatan gravitasi (m/s^2)
m	= berat sepeda motor (kg)
P	= tekanan kanvas rem (Pa)
θ	= sudut cakram (rad)
R_0	= jari-jari cakram luar (m)
R_1	= jari-jari cakram dalam (m)
F_p	= gaya tekan piston pada kanvas (N)
P_w	= tekanan hidrolik (Pa)
D_{pm}	= diameter piston silinder (m)
F_{piston}	= gaya piston (N)
$D_{saluran}$	= diameter saluran (m)
F_{tangan}	= gaya pada tangan (N)
M_a	= momen titik a
F_μ	= gaya gesek pengereman (N)
N_r	= daya gesek (HP)
E_k	= energi kinetik (J)

z	= banyaknya pengereman per jam (rem/jam)
V_v	= volume keausan (cm^3)
S_v	= batas keausan
L_b	= umur kampas rem
q_v	= keausan spesifik

7. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. 2011. Modul Kuliah Manajemen Industri “Desain Produk dan Proses Industri”. Skripsi. Yogyakarta: FTE Universitas Negeri Yogyakarta.
- Apriyani, N. 2012. Aksesibilitas Penyandang Disabilitas Pengguna Alat Bantu Gerak Pada Bangunan Institusi Pendidikan, Skripsi, Depok: FT Universitas Indonesia.
- Batan, L. (2012). *Desain Produk*. Surabaya: Inti Karya Guna.
- Hermanto, 2008. Analisa Loss Power Pada Disc Brake Seri 5K, Skripsi, Jakarta: FTI Universitas Mercu Buana.
- Hugraha, SWS. 2011. Pengaruh Sistem Rem Cakram Ganda Hasil Modifikasi dan Variasi Kecepatan terhadap Efisiensi Pengereman pada Sepeda Motor, Skripsi, Suarakarta: FKIP Universitas Sebelas Maret.
- Intang, A. 2016. Studi Pengaruh Tekanan Pengereman dan Kecepatan Putar Roda Terhadap Parameter Pengereman Pada Rem Cakram dengan Berbasis Variasi Kanvas. Skripsi. Palembang: FTM Universitas Tamansiswa Palembang.
- Neimann, G. 1978. *Machine Elements*. Volume II. English: Springer-Verlag.
- Suganda H, Kageyama K, 1996. Pedoman Perawatan Sepeda Motor, Edisi kelima, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sukanto, 2012. Analisis Keausan Kampas Rem Pada Sepeda Motor, Skripsi, Mataram: FTM Universitas Janabadra.
- Sularso. Kiyokatsu Suga. 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sutranta I.N, 2001. *Teknologi Otomotif*. Buana Widya. Surabaya.
- Surdia T, Shinroku, 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi keempat. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Yanuar., Satyadarma, D. & Noerdin, B. 2010. Analisis Gaya Pada Rem Cakram (Disk Brake) Untuk Kendaraan Roda Empat. Jakrata: Teknik Mesin Universitas Gunadarma.