



Analisis Kapasitas Pengereman dan Kecepatan Mobil Honda Brio Tipe DD1 MT 1.2 E

M. Daniel Guntara, Muhammad Khairul Alim

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: danielguntara08@gmail.com

alim93muhammad93@gmail.com

ABSTRAK

Hampir sebagian penduduk Indonesia kurang menyadari pentingnya sistem pengereman yang baik terutama pada kendaraan roda 4 (empat). Sistem pengereman yang kurang baik berdampak pada jarak pengereman yang dilakukan melebihi batas aman sehingga mengakibatkan terjadinya kecelakaan atau benturan di jalan raya. Rem adalah komponen mutlak yang wajib ada di sebuah kendaraan dan menjadi hal yang paling penting dalam berkendara. Kondisi rem yang baik memberikan keuntungan tersendiri untuk pengendara, salah satunya yaitu menghindarkan kita dari sebuah kecelakaan fatal yang dapat berujung kematian. Rem adalah alat untuk memperlambat atau menghentikan gerakan atau putaran baik dalam perjalanan yang lurus maupun menikung. Metode pengereman dibagi menjadi dua yaitu rem dengan gesekan dan rem dengan metode engine brake.

Kata kunci : Jarak Aman Pengereman, Variasi kecepatan, Variasi beban pedal rem, Jalan kering, Jalan basah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peningkatan kuantitas dan kualitas dari sebuah produk teknologi menjadi salah satu faktor dari adanya kemajuan taraf hidup manusia. Mobil merupakan salah satu bentuk dari adanya kemajuan teknologi yang banyak digunakan oleh masyarakat. Namun seiring dengan banyaknya pengendara yang menggunakan mobil sebagai alat transportasi, semakin banyak juga kurangnya kesadaran pengendara (konsumen) akan komponen penting dalam sebuah kendaraan tersebut salah satunya yaitu rem. Kemampuan sistem pengereman pada kendaraan bermotor menjadi hal yang sangat penting karena rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan

kendaraan. Kinerja pengereman dari suatu kendaraan (mobil) terdiri dari waktu pengereman, jarak pengereman, perlambatan, dan efisiensi pengereman. Beban pengereman memiliki hubungan berbanding lurus dengan kecepatan pengereman. Hal ini berarti, apabila beban pengereman yang diberikan terlalu besar dengan kecepatan yang tinggi maka akan memungkinkan terjadinya slip pada kendaraan.

Sistem pengereman yang terjadi pada motor atau mobil dibedakan menjadi dua macam yaitu pengereman dengan mesin dan pengereman dengan menginjak pedal rem. Pengereman dengan mesin dilakukan dengan cara mengurangi kecepatan (tidak

bisa menghentikan kendaraan atau putaran mesin). Sementara itu, pengereman dengan cara menginjak pedal rem (rem kaki) dilakukan dengan menarik tuas rem (rem tangan) sebagai rem parkir yang bertujuan untuk mengurangi sekaligus menahan laju kendaraan dan menahan mobil supaya tidak mundur atau maju pada jalanan yang berelevasi (Ressang,1992).

Kendaraan roda empat (mobil) pada umumnya menggunakan 2 jenis sistem rem yaitu jenis caliper rem cakram dan rem drum. Jenis sistem rem tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda. Caliper rem cakram (*caliper disk brake*) dapat digunakan untuk roda depan. Rem cakram terdiri dari piringan yang terbuat dari logam yang akan dijepit kampas rem (*brakepad*) yang di dorong oleh sebuah torak yang ada dalam silinder roda. Cara kerja rem cakram berupa gesekan antara piringan (cakram) dengan balok rem (pad) yang melekat pada caliper. Rem drum (*drum brake*) digunakan untuk roda bagian belakang yang dioperasikan secara hidrolis (Qomarudin, Hidayat,2016).

Berdasarkan uraian diatas terdapat beberapa jenis kendaraan roda empat yang menggunakan jenis rem tersebut, salah satunya yaitu mobil Honda Brio dengan tipe DD1 MT 1.2 E. Sesuai dengan penjelasan diatas, maka penulis tertarik untuk mengetahui sistem pengereman pada mobil tersebut untuk digunakan dalam penelitian dengan judul “*Analisis Kapasitas Pengereman dan Kecepatan Mobil Honda Brio Tipe DD1 MT 1.2 E*”

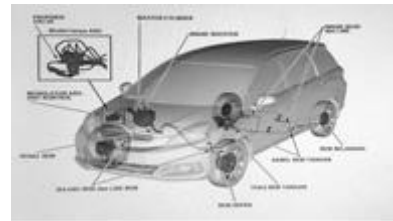
RUMUSAN MASALAH

- Bagaimana pengaruh beban pengereman yang dihitung melalui kapasitas pengereman pada berbagai kecepatan kendaraan terhadap jarak serta efisiensi pengereman pada kondisi jalan kering dan jalan basah ?

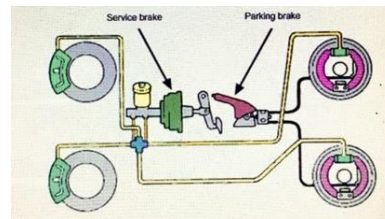
TINJAUAN PUSTAKA

Rem memiliki peran penting sebagai salah satu alat keselamatan pada kendaraan. Sistem rem harus dapat bekerja dengan baik dan aman dalam berbagai keadaan apapun. Sistem rem memiliki tugas untuk menjaga arah

kendaraan dan jarak yang sependek mungkin untuk berhenti sewaktu melakukan pengereman. Prinsip sistem rem yaitu mengubah energi kinetik kembali menjadi energi panas untuk menghentikan kendaraan. Pada umumnya sistem rem bekerja disebabkan oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar. Gesekan yang ditimbulkan antara dua objek maka akan menghasilkan efek pengereman (*braking effect*).



Gambar 1.1 Sistem rem kendaraan mobil



Gambar 1.2 Skema sistem rem kendaraan mobil

Sistem pengereman yang berkembang untuk kendaraan saat ini terdapat 2 jenis yaitu sistem pengereman lock dan anti-lock. Sistem pengereman jenis lock digunakan untuk menghentikan kendaraan dan dapat dilakukan dengan cara membuat roda berhenti berputar (lock). Sistem pengereman Anti-lock digunakan untuk mengontrol roda-roda depan agar tidak berputar (selip) dan menjaga pengendalian kemudi dengan baik.

Komponen rem terbagi menjadi beberapa macam diantaranya pedal rem, booster rem, master silinder, katup pengimbang, pipa rem dan selang fleksibel rem, kaliper rem, kampas rem, cakram, backing plate, silinder roda, kampas rem dan sepatu rem, tromol, dan minyak rem. Prinsip kerja sistem rem menggunakan prinsip kerja Hukum Pascal apabila gaya yang bekerja suatu penampang dari fluida maka gaya tersebut akan diteruskan ke segala arah dengan gaya yang sama.

Daya pengereman dimulai dari injakan pedal rem di dalam ruang kemudi yang kemudian akan diteruskan ke master silinder untuk diubah dari gerakan mekanis menjadi gerakan hidrolis. Booster rem digunakan untuk memperbesar gaya injakan pedal rem apabila daya injakan yang dihasilkan terlalu kecil untuk melakukan pengereman. Tekanan minyak rem yang keluar dari master silinder akan disalurkan ke katup proposional atau ke modulator ABS (tipe rem ABS) melalui pipa rem dan selang rem. Selang rem fleksibel akan diteruskan ke piston rem untuk menekan kampas rem sehingga bergesekan dengan cakram yang berdampak pada berkurangnya kecepatan pada suatu kendaraan atau sampai kendaraan tersebut berhenti.

PROSEDUR PENELITIAN

Langkah-langkah yang akan dilakukan untuk memperoleh data di atas sebagai berikut :

1. Mempersiapkan dan memastikan kendaraan dalam kondisi layak jalan.
2. Posisikan body kendaraan bagian depan di belakang garis start.
3. Ukur jarak dari posisi start sepanjang 100 meter untuk dijadikan garis finish.
4. Hidupkan mesin lalu masukkan gigi transmisi dan gas sampai kecepatan yang diinginkan yaitu 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam pada jarak 100 meter.
5. Pada saat di garis finish, pengemudi menginjak pedal rem sesuai dengan beban pengujian yaitu 2,6, dan 10 kg.
6. Ukur jarak pengereman dengan menggunakan meteran.
7. Jarak pengereman diukur dari garis finish sampai mobil berhenti dengan sempurna.
8. Waktu pengereman dihitung saat mobil melintas di garis finish sampai mobil berhenti dengan sempurna.
9. Ulangi langkah-langkah tersebut

dengan beban kecepatan dan kecepatan yang sudah ditentukan.

HASIL PEMBAHASAN

• Perhitungan kapasitas pengereman untuk beban 2 kg

1. Menghitung perbandingan gaya pedal rem menggunakan persamaan :

$$K = \frac{a}{b}$$

$$K = \frac{0.034}{0.12} = 2.83$$

Keterangan :

K = Perbandingan pedal rem

a = Jarak dari pedal rem ke tumpuan (m)

b = Jarak dari pushroad ke tumpuan (m)

2. Mengitung gaya yang keluar dari pedal rem :

$$FK = F.K$$

$$FK = 2.2,83 = 5.66 \text{ Kg}$$

Keterangan :

FK = Gaya yang keluar dari pedal rem (kg)

F = Gaya yang menekan pedal rem (kg)

K = Perbandingan pedal rem

3. Mengitung gaya tekan rem pada booster rem

Dapat diketahui gaya yang dihasilkan pedal rem sebesar 5,66kg maka gaya akan diteruskan dan dilipat gandakan oleh booster rem.

$$FK_b = 25.3 \text{ Kg}$$

Keterangan :

FK_b = Gaya yang dihasilkan booster rem

4. Menghitung gaya tekanan hidrolik pada master silinder (P_e)

$$P_e = \frac{FK_b}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{ms}^2\right)}$$

$$P_e = \frac{25.3}{\left(\frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 0.018^2\right)}$$

$$= 99473.146 \text{ kg/m}^2$$

Keterangan :

P_e = Tekanan hidrolik pada master silinder (kg/m^2)

FK_b = Gaya yang keluar dari booster rem (kg)

d_{ms} = Diameter piston master silinder (m)

5. Menghitung gaya tekanan hidrolik yang

menekan kampas rem depan dengan persamaan :

$$FP_d = P_e \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_k)^2$$

$$FP_d = 99473.146 \text{ kg/m}^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot (0.051 \text{ m})^2$$

$$= 203.103 \text{ kg}$$

Keterangan :

F_{pd} = Gaya tekanan hidrolik yang menekan kampas rem depan (kg/m^2)

P_e = Tekanan hidrolik pada master silinder (kg/m^2)

d_k = Diameter piston caliper rem depan (m)

6. Menghitung gaya pengereman total pada kampas rem :

$$F_{bf} = \mu_k \cdot 2FP_d \cdot r_e$$

$$F_{bf} = 0.4 \cdot 203.103 \cdot 0.095 \text{ m} = 15.436 \text{ kgm}$$

Keterangan :

F_{bf} = Gaya pengereman total pada kampas rem depan (kgm)

FP_d = Gaya tekanan hidrolik yang menekan kampas rem depan (kg/m^2)

μ_k = Koefisien gesek bahan kampas rem

r_e = Radius efektif piringan rem (m)

7. Menghitung tekanan hidrolik yang keluar dari silinder roda tromol

$$FP_{sr} = P_e \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{sr})^2$$

$$FP_{sr} = 99473.146 \text{ kg/m}^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot (0.0158)^2$$

$$= 19.493 \text{ kg}$$

Keterangan :

FP_{sr} = Gaya tekanan hidrolik yang keluar dari silinder roda belakang (kg)

P_e = Tekanan hidrolik pada master silinder (kg/m^2)

d_{sr} = Diameter piston silinder roda belakang (m)

7.1 Menghitung tekanan hidrolik yang menekan kampas rem belakang bagian depan

$$-FP_{sr} \cdot a_t + f_t \cdot b + \mu_k \cdot f_t \cdot e = 0$$

$$-19.493 \text{ kg} \cdot 0.14 \text{ m} + f_t \cdot 0.075 \text{ m} + 0.4 \cdot f_t \cdot 0.06 \text{ m} = 0$$

$$f_t \cdot 0.075 \text{ m} + 0.4 \cdot f_t \cdot 0.06 \text{ m} = 19.493 \text{ kg}$$

0.14 m

$$f_t = \frac{2.729 \text{ kgm}}{0.099 \text{ m}} = 196.904 \text{ kg}$$

Keterangan :

FP_{sr} = Tekanan yang keluar dari silinder roda tromol (kg)

f_t = Gaya penekanan permukaan tromol (kg)

a_t = Jarak antara pusat silinder roda dengan pusat engsel sepatu rem (m)

b = Jarak antara pen sepatu rem dengan pusat engsel sepatu rem (m)

e = Jarak pusat engsel sepatu rem dengan lebar sepatu rem (m)

μ_k = Koefisien gesek bahan tromol

7.2 Menghitung tekanan hidrolik yang menekan kampas rem belakang dengan persamaan :

$$FP_{sr} \cdot a_t - f_t \cdot b + \mu_k \cdot f_t \cdot e = 0$$

$$19.493 \text{ kg} \cdot 0.14 \text{ m} - f_t \cdot 0.075 \text{ m} + 0.4 \cdot f_t \cdot 0.06 \text{ m} = 0$$

$$f_{tk} \cdot 0.06 \text{ m} - f_t \cdot 0.075 \text{ m} = -19.493 \text{ kg} \cdot 0.14 \text{ m}$$

$$f_t = \frac{-2.729 \text{ kgm}}{0.051 \text{ m}} = -382.225 \text{ kg}$$

7.3 Menghitung tekanan hidrolik total penekanan rem tromol dengan persamaan :

$$F_{br} = f_{td} + f_{tb}$$

$$F_{br} = 196.904 + (-382.225) = -185.321 \text{ kg}$$

Keterangan :

F_{br} = Gaya total penekanan rem tromol (kg)

f_{td} = Gaya penekanan sepatu rem bagian depan (kg)

f_{tb} = Gaya penekanan sepatu rem bagian belakang (kg)

8. Mencari beban normal pada poros roda bagian depan dan belakang kendaraan dengan substitusikan persamaan :

8.1 Mencari beban normal pada poros roda bagian depan kendaraan

$$W_f = \frac{1}{L \cos \theta_d} \{ W \cdot b \cdot \cos \theta_d + h (F_{bf} + f_r \cdot W)$$

$$W_f = \frac{1}{2.40 \text{ m} \cos 90^\circ} \{ 1180 \cdot 1.35 \cdot \cos 90^\circ + 0.78 (15.436 + 0.08 \cdot 1180)$$

$$W_f = 6817.375 \text{ kg}$$

8.2 Mencari beban normal pada poros roda bagian belakang kendaraan

$$W_r = \frac{1}{L \cos \theta_d} \{ W \cdot a \cdot \cos \theta_d - h (F_{br} + f_r \cdot W) \}$$

$$W_r = \frac{1}{2.40 \text{ m} \cos 90^\circ} \{ 1180.1,05 \cdot \cos 90^\circ - 0.78(-185.321 + 0,08.1180) \}$$

$$W_r = 4823.671 \text{ kg}$$

Keterangan :

W = Berat total kendaraan (kg)
 W_f = Beban normal poros depan (kg)
 W_r = Beban normal poros belakang (kg)
 a = Jarak sumbu depan dengan titik berat (m)
 b = Jarak sumbu belakang dengan titik berat (m)
 h = Tinggi titik berat dengan permukaan jalan (m)
 L = Panjang keseluruhan sumbu roda (m)
 f_r = Koefisien hambat rooling
 μ_b = Koefisien adhesi dari ban dan jalan
 Cos θ_d = Sudut tanjakan
 M = Massa

9. Menghitung kapasitas pengereman pada roda depan dan belakang

9.1 Menghitung kapasitas pengereman pada roda depan

$$F_{b \text{ fmax}} = \mu_b \cdot W_f$$

$$F_{b \text{ fmax}} = 0,75 \cdot 6817,375 = 5113.031 \text{ kg}$$

9.2 Menghitung kapasitas pengereman pada roda belakang

$$F_{b \text{ rmax}} = \mu_b \cdot W_r$$

$$F_{b \text{ rmax}} = 0,75 \cdot 4823,671 = 3617,753 \text{ kg}$$

9.3 Menghitung kapasitas pengereman total roda depan dan belakang

$$F_{b \text{ total}} = F_{b \text{ fmax}} + F_{b \text{ rmax}}$$

$$F_{b \text{ total}} = 5113,031 + 3617,753 \text{ kg}$$

$$= 8730,785 \text{ kg}$$

Keterangan :

W_f = Beban normal poros depan (kg)
 μ_b = Koefisien adhesi dari ban dan jalan
 F_{b total} = Kapasitas total pengereman (kg)
 F_{b fmax} = Kapasitas pengereman pada roda depan (kg)
 F_{b rmax} = Kapasitas pengereman pada roda belakang (kg)

• Perhitungan torsi pengereman beban 2 kg

1. Menghitung torsi pengereman roda depan dengan persamaan :

$$T_{bf} = F_{b \text{ fmax}} \cdot r_r$$

$$T_{bf} = 5113,031 \cdot 0,35 = 1789.561 \text{ kgm}$$

2. Menghitung torsi pengereman roda belakang dengan persamaan :

$$T_{br} = F_{b \text{ rmax}} \cdot r_r$$

$$T_{br} = 3617,753 \cdot 0,35 = 1266,214 \text{ kgm}$$

3. Total torsi pengereman pada roda depan dan belakang

$$T_{b \text{ total}} = T_{b \text{ fmax}} + T_{b \text{ rmax}}$$

$$T_{b \text{ total}} = 1789.561 \text{ kgm} + 1266.214 \text{ kgm}$$

$$T_{b \text{ total}} = 3055.775 \text{ kgm}$$

Keterangan :

T_{br} = Torsi pengereman roda belakang (kgm)
 F_{b rmax} = Kapasitas pengereman pada roda belakang (kg)
 r_r = Radius luar roda (m)
 T_{b total} = Torsi pengereman total (kgm)
 T_{b fmax} = Torsi pengereman roda depan (kgm)
 T_{b rmax} = Torsi pengereman roda belakang (kgm)

• Perhitungan kapasitas pengereman untuk beban 6 kg

1. Menghitung perbandingan gaya pedal rem

$$K = \frac{a}{b}$$

$$K = \frac{0.034}{0.12} = 2.83$$

2. Menghitung gaya yang keluar dari pedal rem

$$FK = F \cdot K$$

$$FK = 6 \cdot 2,83 = 17,00 \text{ Kg}$$

3. Menghitung gaya tekan rem pada booster rem

Gaya yang dihasilkan oleh pedal rem sebesar 17 kg, maka gaya akan diteruskan dan dilipat

gandakan oleh booster rem. Berdasarkan kurva tekanan booster rem maka gaya yang dilipatgandakan menjadi 86,4 kg.

$$FK_b = 86.4K_g$$

4. Menghitung gaya tekanan hidrolik pada master silinder (Pe)

$$P_e = \frac{FK_b}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{ms}^2\right)}$$

$$P_e = \frac{86.4}{\left(\frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 0.018 \text{ m}^2\right)} = 339702,760 \text{ kg/m}^2$$

5. Menghitung gaya tekanan hidrolik yang menekan kampas rem depan

$$FP_d = P_e \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_k)^2$$

$$FP_d = 339702,760 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,051)^2$$

$$= 693.600 \text{ kg}$$

6. Menghitung gaya pengereman total pada kampas rem depan

$$F_{bf} = \mu_k \cdot 2FP_d \cdot r_e$$

$$F_{bf} = 0,4 \cdot 693.600 \cdot 0,095 = 52.714 \text{ kgm}$$

7. Menghitung tekanan hidrolik yang keluar dari silinder roda tromol

$$FP_{sr} = P_e \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{sr})^2$$

$$FP_{sr} = 339702,760 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,0158)^2$$

$$= 66.571 \text{ kg}$$

7.1 Menghitung tekanan hidrolik yang menekan kampas rem belakang bagian depan

$$-FP_{sr} \cdot a_t + f_t \cdot b + \mu_k \cdot f_t \cdot e = 0$$

$$-66.571 \cdot 0,14 + f_t \cdot 0,075 + 0,4 \cdot f_t \cdot 0,06 = 0$$

$$f_t \cdot 0,075 + 0,4 \cdot f_t \cdot 0,06 = 66.571 \cdot 0,14$$

$$f_t = \frac{9.320 \text{ kgm}}{0.099 \text{ m}} = 672.431 \text{ kg}$$

7.2 Menghitung tekanan hidrolik yang menekan kampas rem belakang

$$FP_{sr} \cdot a_t - f_t \cdot b + \mu_k \cdot f_t \cdot e = 0$$

$$66.571 \cdot 0,14 - f_t \cdot 0,075 + 0,4 \cdot f_t \cdot 0,06 = 0$$

$$f_t \cdot 0,06 - f_t \cdot 0,075 = -66.571 \cdot 0,14$$

$$f_t = \frac{-9.320 \text{ kgm}}{0.051 \text{ m}} = -1305.307 \text{ kg}$$

7.3 Menghitung tekanan hidrolik total penekanan rem tromol

$$F_{br} = f_{td} + f_{tb}$$

$$F_{br} = 672,431 + (-1305,307) = - 632.876 \text{ kg}$$

8. Mencari beban normal pada poros roda bagian depan dan belakang

8.1 Mencari beban normal pada poros roda bagian depan kendaraan

$$W_f = \frac{1}{L \cos \theta_d} \{W \cdot b \cdot \cos \theta_d + h (F_{bf} + f_r \cdot W)\}$$

$$W_f = \frac{1}{2.40 \text{ m} \cos 90^0} \{1180 \cdot 1,35 \cdot \cos 90^0 + 0.78 (52.714 + 0,08 \cdot 1180)\}$$

$$W_f = 6829.490 \text{ kg}$$

8.2 Untuk mencari beban normal pada poros roda bagian belakang kendaraan

$$W_r = \frac{1}{L \cos \theta_d} \{W \cdot a \cdot \cos \theta_d - h (F_{br} + f_r \cdot W)\}$$

$$W_r = \frac{1}{2.40 \text{ m} \cos 90^0} \{1180 \cdot 1,05 \cdot \cos 90^0 - 0.78 (- 632.876 + 0,08 \cdot 1180)\}$$

$$W_r = 4969.126 \text{ kg}$$

9. Menghitung kapasitas pengereman pada roda bagian depan dan belakang

9.1 Menghitung kapasitas pengereman pada roda depan

$$F_{b \text{ fmax}} = \mu_b \cdot W_f$$

$$F_{b \text{ fmax}} = 0,75 \cdot 6829,490 \text{ kg} = 5122.118 \text{ kg}$$

9.2 Menghitung kapasitas pengereman pada roda belakang

$$F_{b \text{ rmax}} = \mu_b \cdot W_r$$

$$F_{b \text{ rmax}} = 0,75 \cdot 4969,126 \text{ kg} = 3726.845 \text{ kg}$$

9.3 Menghitung kapasitas pengereman total pada roda depan dan belakang

$$F_{b \text{ total}} = F_{b \text{ fmax}} + F_{b \text{ rmax}}$$

$$F_{b \text{ total}} = 5122,118 + 3726,845 = 8848.963 \text{ kg}$$

$$P_e = \frac{FK_b}{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{ms}^2\right)}$$

$$P_e = \frac{193,33}{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,018 \text{ m}^2\right)} = 760124,243 \text{ kg/m}^2$$

- **Perhitungan torsi pengereman beban 6 kg**

1. Menghitung torsi pengereman roda depan

$$T_{bf} = F_{b \text{ fmax}} \cdot r_r$$

$$T_{bf} = 5122,118 \cdot 0,35 = 1792,741 \text{ kgm}$$

2. Menghitung torsi pengereman roda belakang

$$T_{br} = F_{b \text{ rmax}} \cdot r_r$$

$$T_{br} = 3726,845 \cdot 0,35 = 1304,396 \text{ kgm}$$

3. Total torsi pengereman pada roda depan dan belakang

$$T_{b \text{ total}} = T_{b \text{ fmax}} + T_{b \text{ rmax}}$$

$$T_{b \text{ total}} = 1792,741 \text{ kgm} + 1304,396 \text{ kgm}$$

$$T_{b \text{ total}} = 3097,137 \text{ kgm}$$

- **Perhitungan kapasitas pengereman untuk beban 10 kg**

1. Menghitung perbandingan gaya pedal rem

$$K = \frac{a}{b}$$

$$K = \frac{0,034}{0,12} = 2,83$$

2. Menghitung gaya yang keluar dari pedal rem

$$FK = F \cdot K$$

$$FK = 10 \cdot 2,83 = 28,33 \text{ Kg}$$

3. Menghitung gaya tekan rem pada booster rem

Gaya yang dihasilkan oleh pedal rem sebesar 28,33 kg, maka gaya diteruskan dan dilipat gandakan oleh booster rem. Berdasarkan kurva tekanan booster rem maka gaya yang dilipatgandakan menjadi 193,33 kg.

$$FK_b = 86,4 \text{ Kg}$$

4. Menghitung gaya tekanan hidrolik pada master silinder (Pe)

5. Menghitung gaya tekanan hidrolik yang menekan kampas rem depan

$$FP_d = P_e \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_k)^2$$

$$FP_d = 760124,243 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,051)^2$$

$$= 1552,010 \text{ kg}$$

6. Menghitung gaya pengereman total pada kampas rem depan

$$F_{bf} = \mu_k \cdot 2FP_d \cdot r_e$$

$$F_{bf} = 0,4 \cdot 1552,010 \cdot 0,095 = 117,953 \text{ kgm}$$

7. Menghitung tekanan hidrolik yang keluar dari silinder roda tromol

$$FP_{sr} = P_e \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{sr})^2$$

$$FP_{sr} = 760124,243 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,0158)^2$$

$$= 148,960 \text{ kg}$$

7.1 Menghitung tekanan hidrolik yang menekan kampas rem belakang bagian depan

$$-FP_{sr} \cdot a_t + f_t \cdot b + \mu_k \cdot f_t \cdot e = 0$$

$$-148,960 \cdot 0,14 + f_t \cdot 0,075 + 0,4 \cdot f_t \cdot 0,06 = 0$$

$$f_t \cdot 0,075 + 0,4 \cdot f_t \cdot 0,06 = 148,960 \cdot 0,14$$

$$f_t = \frac{20,854 \text{ kgm}}{0,099 \text{ m}} = 1504,642 \text{ kg}$$

7.2 Menghitung tekanan hidrolik yang menekan kampas rem belakang

$$FP_{sr} \cdot a_t - f_t \cdot b + \mu_k \cdot f_t \cdot e = 0$$

$$66,571 \cdot 0,14 - f_t \cdot 0,075 + 0,4 \cdot f_t \cdot 0,06 = 0$$

$$f_{tk} \cdot 0,06 - f_t \cdot 0,075 = -66,571 \cdot 0,14$$

$$f_t = \frac{-20,854 \text{ kgm}}{0,051 \text{ m}} = -2920,776 \text{ kg}$$

7.3 Menghitung tekanan hidrolik total penekanan rem tromol

$$F_{br} = f_{td} + f_{tb}$$

$$F_{br} = 1504,642 + (-2920,776) = -1416,134 \text{ kg}$$

8. Mencari beban normal pada poros roda bagian depan dan belakang

8.1 Mencari beban normal pada poros roda bagian depan kendaraan

$$W_f = \frac{1}{L \cos \theta_d} \{W.b.\cos \theta_d + h (F_{bf} + f_r \cdot W)\}$$

$$W_f = \frac{1}{2.40 \text{ m} \cos 90^0} \{1180.1,35.\cos 90^0 + 0.78 (117.953 + 0,08.1180)\}$$

$$W_f = 6858,560 \text{ kg}$$

8.2 Untuk mencari beban normal pada poros roda bagian belakang kendaraan

$$W_r = \frac{1}{L \cos \theta_d} \{W.a.\cos \theta_d - h (F_{br} + f_r \cdot W)\}$$

$$W_r = \frac{1}{2.40 \text{ m} \cos 90^0} \{1180.1,05.\cos 90^0 - 0.78 (-1416,134 + 0,08.1180)\}$$

$$W_r = 5223,685 \text{ kg}$$

9. Menghitung kapasitas pengereman pada roda bagian depan dan belakang

9.1 Menghitung kapasitas pengereman pada roda depan

$$F_{b \text{ fmax}} = \mu_b \cdot W_f$$

$$F_{b \text{ fmax}} = 0,75 \cdot 6858,560 = 5143,920 \text{ kg}$$

9.2 Menghitung kapasitas pengereman pada roda belakang

$$F_{b \text{ rmax}} = \mu_b \cdot W_r$$

$$F_{b \text{ rmax}} = 0,75 \cdot 5223,685 = 3917,764 \text{ kg}$$

9.3 Menghitung kapasitas pengereman total pada roda depan dan belakang

$$F_{b \text{ total}} = F_{b \text{ fmax}} + F_{b \text{ rmax}}$$

$$F_{b \text{ total}} = 5143,920 + 3917,764 = 9061,684 \text{ kg}$$

- **Perhitungan torsi pengereman beban 10 kg**

1. Menghitung torsi pengereman roda depan

$$T_{bf} = F_{b \text{ fmax}} \cdot r_r$$

$$T_{bf} = 5143,920 \cdot 0,35 = 1800,372 \text{ kgm}$$

2. Menghitung torsi pengereman roda belakang

$$T_{br} = F_{b \text{ rmax}} \cdot r_r$$

$$T_{br} = 3917,64 \cdot 0,35 = 1371,217 \text{ kgm}$$

3. Total torsi pengereman pada roda depan dan belakang

$$T_{b \text{ total}} = T_{b \text{ fmax}} + T_{b \text{ rmax}}$$

$$T_{b \text{ total}} = 1800,372 \text{ kgm} + 1371,217 \text{ kgm}$$

$$T_{b \text{ total}} = 3171,589 \text{ kgm}$$

- **Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 20 km/jam**

1. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 20km/jam (5.56 m/detik) pada beban 2 kg

$$\alpha = \frac{V_0^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{5.56^2}{2 \cdot 24.54} = 0.63 \text{ m/dt}^2$$

Keterangan :

α = Perlambatan kendaraan (m/dt²)

V_0 = Kecepatan awal saat kendaraan di rem (m/dt)

s = Jarak pengereman (m)

2. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 20km/jam (5.56 m/detik) pada beban 6 kg

$$\alpha = \frac{V_0^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{5.56^2}{2 \cdot 5.50} = 2.81 \text{ m/dt}^2$$

3. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 20km/jam (5.56 m/detik) pada beban 10 kg

$$\alpha = \frac{V_0^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{5.56^2}{2 \cdot 2.80} = 5.52 \text{ m/dt}^2$$

- **Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 40 km/jam**

1. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 40km/jam (11.11 m/detik) pada beban 2 kg

$$\alpha = \frac{V_0^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{11.11^2}{2 \cdot 93.98} = 0.66 \text{ m/dt}^2$$

2. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 40km/jam (11.11 m/detik) pada beban 6 kg

$$\alpha = \frac{Vo^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{11.11^2}{2 \cdot 14.12} = 4.37 \text{ m/dt}^2$$

3. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 40km/jam (11.11 m/detik) pada beban 10 kg

$$\alpha = \frac{Vo^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{11.11^2}{2 \cdot 8.66} = 7.13 \text{ m/dt}^2$$

- **Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 60 km/jam**

1. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 60km/jam (16.67 m/detik) pada beban 2 kg

$$\alpha = \frac{Vo^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{16.67^2}{2 \cdot 116.78} = 1.19 \text{ m/dt}^2$$

2. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 60km/jam (16.67 m/detik) pada beban 6 kg

$$\alpha = \frac{Vo^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{16.67^2}{2 \cdot 35.78} = 3.88 \text{ m/dt}^2$$

3. Menghitung perlambatan pengereman pada kecepatan 60km/jam (16.67 m/detik) pada beban 10 kg

$$\alpha = \frac{Vo^2}{2 \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{16.67^2}{2 \cdot 27.48} = 5.06 \text{ m/dt}^2$$

- **Menghitung efisiensi pengereman pada kecepatan 20 km/jam**

1. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 20 km/jam pada beban 2 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{Vo^2}{s} \%$$

$$\eta_b = 0.4 \frac{20^2}{24.54} = 6.52 \%$$

2. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 20 km/jam pada beban 6 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{Vo^2}{s} \%$$

$$\eta_b = 0.4 \frac{20^2}{5.50} = 29.09 \%$$

3. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 20 km/jam pada beban 10 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{Vo^2}{s} \%$$

$$\eta_b = 0.4 \frac{20^2}{2.80} = 57.14 \%$$

- **Menghitung efisiensi pengereman pada kecepatan 40 km/jam**

1. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 40 km/jam pada beban 2 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{Vo^2}{s} \%$$

$$\eta_b = 0.4 \frac{40^2}{93.98} = 6.81 \%$$

2. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 40 km/jam pada beban 6 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{Vo^2}{s} \%$$

$$\eta_b = 0.4 \frac{40^2}{14.12} = 45.33 \%$$

3. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 40 km/jam pada beban 10 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{Vo^2}{s} \%$$

$$\eta_b = 0.4 \frac{40^2}{8.66} = 73.90 \%$$

- **Menghitung efisiensi pengereman pada kecepatan 60 km/jam**

1. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 60 km/jam pada beban 2 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{Vo^2}{s} \%$$

$$\eta_b = 0.4 \frac{60^2}{116.78} = 12.33 \%$$

2. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 60 km/jam pada beban 6 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{V_0^2}{s} \%$$
$$\eta_b = 0.4 \frac{60^2}{35.78} = 40.25 \%$$

3. Menghitung Efisiensi pengereman pada kecepatan 60 km/jam pada beban 10 kg

$$\eta_b = 0.4 \frac{V_0^2}{s} \%$$
$$\eta_b = 0.4 \frac{60^2}{27.48} = 52.40 \%$$

Keterangan :

η_b = Efisiensi pengereman (%)

V_0 = Kecepatan awal saat kendaraan direm (km/jam)

s = Jarak pengereman (m)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data pengujian dan analisa mengenai hubungan beban pengereman dengan jarak pengereman, waktu pengereman, kapasitas pengereman, serta efisiensi pengereman maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil pengujian dan perhitungan untuk kondisi **JALAN KERING** kecepatan 20 km/jam pada efisiensi 57.14% jarak pengeremannya sebesar 2.8 m. Untuk kecepatan 40 km/jam pada efisiensi 73.90% jarak pengeremannya sebesar 8.66 m. Untuk kecepatan 60 km/jam pada efisiensi 52.40% jarak pengeremannya sebesar 27.48 m. Sedangkan untuk hasil pengujian dan perhitungan kondisi **JALAN BASAH** kecepatan 20 km/jam pada efisiensi 53.33% jarak pengeremannya sebesar 3.00 m. Untuk kecepatan 40 km/jam pada efisiensi 70.33% jarak pengeremannya sebesar 9.10 m. Untuk kecepatan 60 km/jam pada efisiensi 50.24% jarak pengeremannya sebesar 28.66 m. Maka diperoleh jarak pengereman yang aman pada kendaraan tersebut.

2. Nilai kapasitas pengereman akan bertambah seiring dengan bertambahnya beban pengereman.

3. Effisiensi pengereman terendah dari hasil pengujian **JALAN KERING** adalah 6.52% terjadi pada kecepatan 20 km/jam dengan beban 2 kg dan efisiensi terbaik yang dihasilkan yaitu 73.90% pada kecepatan 40 km/jam dengan beban 10 kg. Sedangkan untuk **JALAN BASAH** adalah 6.51% terjadi pada kecepatan 20 km/jam dengan beban 2 kg dan efisiensi terbaik yang dihasilkan yaitu 70.33% pada kecepatan 40 km/jam dengan beban 10 kg.

SARAN

Dalam penyusunan penelitian ini, penulis menyadari adanya keterbatasan penelitian yang dilakukan sehingga penulis berharap untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Perlu melakukan pengujian dengan menggunakan alat uji yang lebih terkompetensi agar menghasilkan hasil yang akurat dan maksimal.
2. Menggunakan beban dan kecepatan yang lebih bervariasi.

REFERENSI

- Heisler, Heinz (2002). *Advance Vehicle Technology Second edition*. London:Butterworth Heiemen
- I Nyoman Sutantra & Bambang Sampurno, 2010. *Teknologi Otomotif,Edisi Kedua*. Penerbit Guna Widya.Surabaya
- Oka Arel Anus, 2018. *Analisa Studi Kasus Sistem Rem Mobil Hemat Energi Shell Eco Marathon Asia Emisia Borneo01*.Universitas Muhammadiyah Pontianak.
- Saksana Tri, 2017. *Perancangan Dan Pembuatan Sistem Rem Pada Mobil Barang'13*.Universitas Negeri Yogyakarta,Yogyakarta

