

Analisa Sistem Pengereman pada Mobil Multiguna Pedesaan

Deajeng Prameswari, dan Yohanes
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail: yunus@me.its.ac.id

Abstrak—Merespon pesatnya pasar otomotif di Indonesia, pada tahun 2012 Universitas Negeri Semarang (UNNES) bekerja sama dengan Kementerian Perindustrian (Kemperin) merancang kendaraan multiguna untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan mobilitas serta produktifitas masyarakat pedesaan. Kendaraan harus memenuhi standar layak jalan yang ditetapkan oleh Dinas Perhubungan agar dapat dipasarkan, salah satunya pada sistem pengereman kendaraan. Oleh karena itu, tugas akhir ini menganalisa kinerja sistem pengereman dan pengaruhnya terhadap kestabilan arah mobil multiguna pedesaan. Analisa kinerja dilakukan dengan melakukan perhitungan jarak minimum pengereman dan membandingkannya dengan standar layak jalan, serta menghitung proporsi gaya pengereman (K_{bf} dan K_{br}) untuk mengetahui kestabilan arah kendaraan (understeer, oversteer). Kinerja pengereman dianalisa dengan variasi kecepatan (20, 40 dan 80 km/jam) dan beban muatan (600, 800, dan 1000 kg). Dari hasil penelitian diketahui bahwa distribusi pengereman menurut kemampuan sistem adalah $K_{bf} = 0,82$ dan $K_{br} = 0,18$. Nilai dari besar gaya rem depan adalah 5.181,34 N sedangkan untuk gaya rem belakang sebesar 1.100,58 N. Pada kendaraan kosong dengan nilai gaya pengereman yang dihasilkan oleh sistem, maka kendaraan cenderung bersifat understeer. Namun dengan penambahan muatan kecenderungan kendaraan berubah menjadi understeer. Untuk sistem pengereman pada mobil pedesaan ini dari kecepatan 20 km/jam ke 40 km/jam jarak pengereman bertambah 300 persen. Oleh karena itu gaya pengereman oleh sistem belum memenuhi. Agar gaya pengereman dapat memenuhi keinginan (variasi) maka penulis menyarankan untuk mengatur tekanan pada master silinder, dinaikkan sebesar 19717228,91 Pa, diharapkan dapat memenuhi kriteria standar dari Dinas Perhubungan.

Kata Kunci—Jarak Minimum Pengereman, K_{bf} , K_{br} , Skid, Understeer, Oversteer.

I. PENDAHULUAN

MERESPON pesatnya pasar otomotif di Indonesia, pada tahun 2012 universitas negeri Semarang (unnes) bekerja sama dengan kementerian perindustrian (kemperin) merancang mobil pedesaan dengan mesin yang disuplai PT. Viar. Mobil pedesaan ini dinilai perlu untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan mobilitas serta produktifitas masyarakat pedesaan. Mobil pedesaan ini direncanakan untuk diproduksi massal, sehingga perlu dilakukan peningkatan mutu dan kualitas kendaraan agar dapat bersaing di pasar otomotif. Peningkatan mutu kendaraan dilakukan dalam hal keamanan, kenyamanan, kemudahan dalam pemakaian dan keindahan desain kendaraan. Kinerja sistem pengereman menjadi salah satu faktor penting yang harus diperhitungkan karena

berdampak pada segi keamanan dan stabilitas arah dari kendaraan itu sendiri.

Sistem rem kendaraan harus mampu mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan secara aman pada kondisi jalan lurus maupun belok dan pada berbagai kecepatan. Sistem rem yang baik adalah sistem rem yang dapat membuat *lock* (menghentikan putaran) semua roda secara bersama-sama. Meskipun sistem abs (*anti-lock braking system*) lebih stabil, selisih harga yang tinggi membuat sistem rem abs jarang digunakan untuk jenis kendaraan menengah ke bawah. Sebagai contoh komisi eropa mengeluarkan aturan pada 2012 lalu. Aturan ini mewajibkan motor di atas 125 cc yang dijual sejak januari 2016 harus dilengkapi sistem rem ini. Maka alasan utama mengapa tidak semua kendaraan dilengkapi dengan sistem abs karena ukuran dan kapasitas mesin. Sistem rem *lock* justru lebih banyak dipilih karena teknologi yang sederhana, harga yang murah serta tidak membutuhkan energi dari luar.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisa sistem pengereman pada mobil multiguna pedesaan produksi PT. Viar dan universitas negeri Semarang. Penelitian terdahulu yang membahas tentang analisa sistem pengereman diantaranya, analisa dilakukan terhadap kestabilan arah kendaraan saat pengereman mobil GEA, jarak pengereman minimum kendaraan dengan variasi kecepatan (20, 30, 40 dan 50 km/jam) penambahan beban muatan (600, 800, 1000 kg) dan jenis jalan (jalan aspal dan jalan tanah)[1]. Selanjutnya ada penelitian oleh Lungit Zarista tentang analisa sistem rem pada mobil multiguna pedesaan (GEA) pada beberapa variasi muatan dan kecepatan. Hasil yang didapat berupa grafik jarak minimum pengereman dibanding dengan variasi kecepatan. Dari dua penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, kinerja pengereman kendaraan belum ada yang diukur atau dibandingkan dengan standar tertentu. Dengan demikian, belum diketahui kelayakan dan keamanan sistem pengereman kendaraan untuk tujuan komersial.

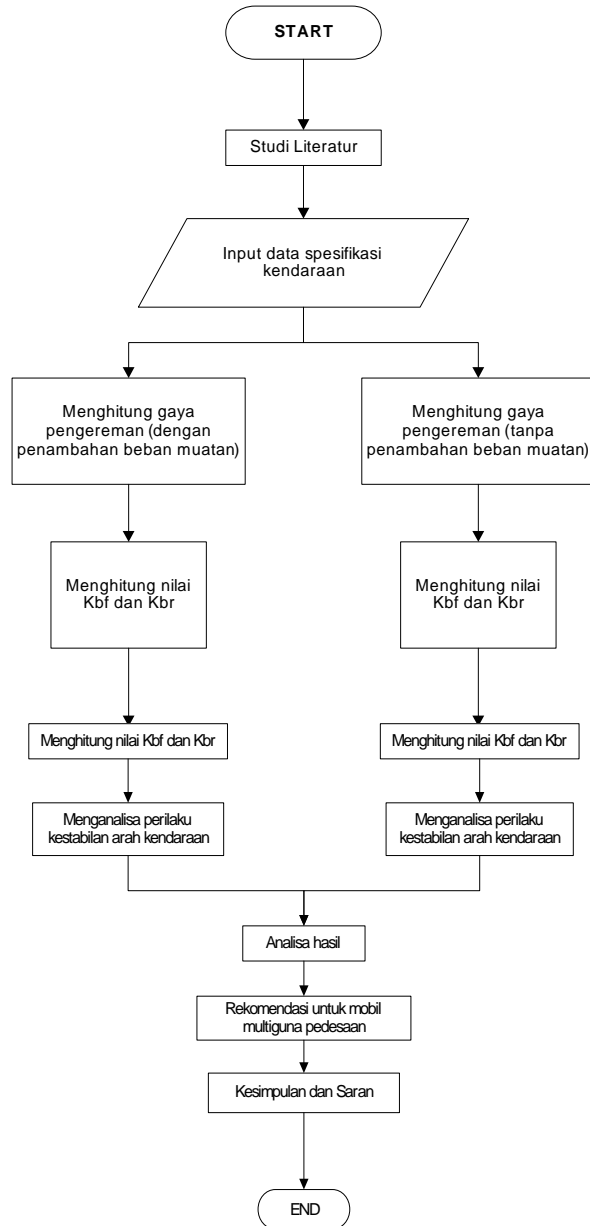
Pada tugas akhir ini analisa kinerja sistem pengereman tersebut didasarkan standar dari dinas perhubungan. Dari hasil analisa ini diharapkan dapat diketahui kelayakan dari sistem pengereman mobil multiguna pedesaan, memberikan rekomendasi kepada produsen untuk nantinya dikembangkan lebih lanjut.

II. METODOLOGI PENELITIAN

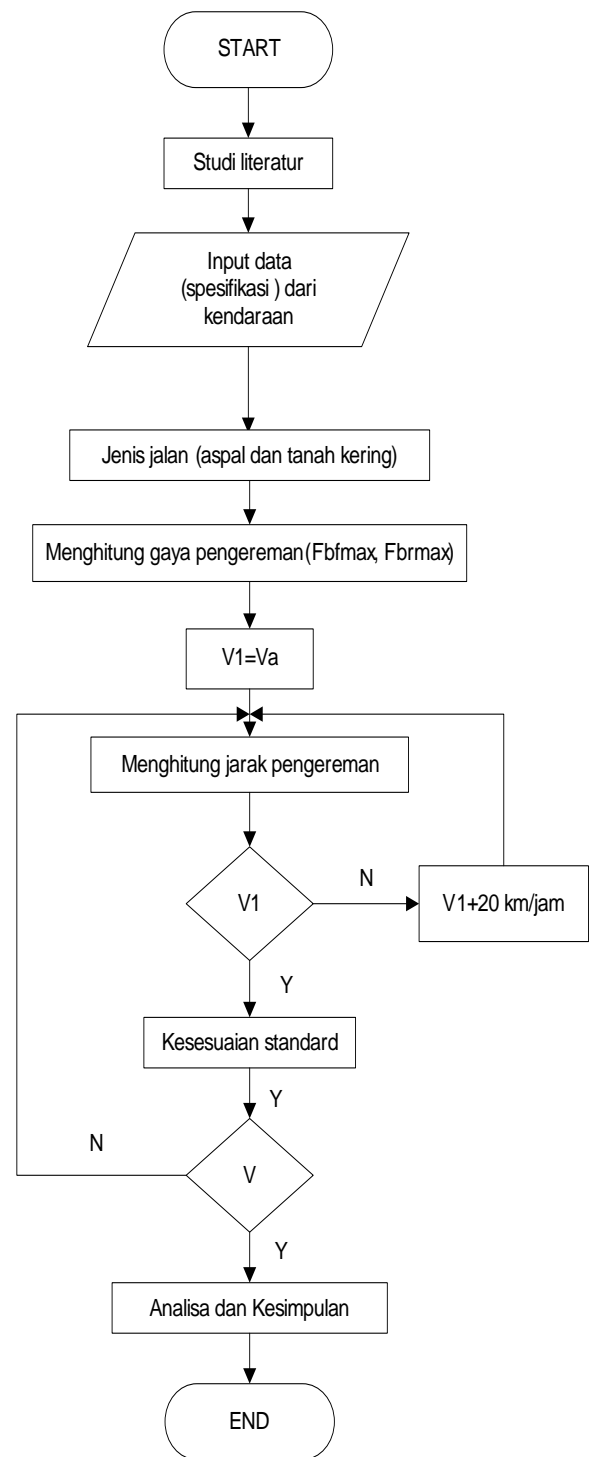
Penelitian pada tugas akhir ini dimulai dengan studi literatur untuk mendapatkan spesifikasi dari kendaraan. Langkah selanjutnya melakukan perhitungan untuk mencari jarak minimum pengereman berdasarkan kemampuan sistem serta

berdasarkan variasi beban muatan, sesuai dengan perumusan matematis. Kemudian dilakukan perhitungan proporsi gaya pengereman serta perilaku arah kendaraan (*understeer, oversteer, skid*).

Metodologi penelitian untuk perhitungan proporsi pengereman kendaraan dan perhitungan jarak minimum pengereman kendaraan kemudian diilustrasikan dalam flowchart pada Gambar 1 dan Gambar 2 sebagai berikut:



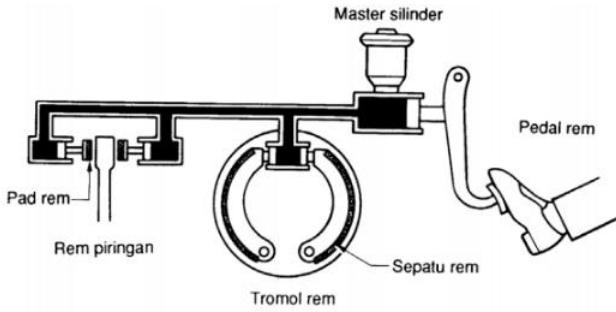
Gambar 1. Flowchart Analisa Perhitungan Proporsi Pengereman.



Gambar 2. Flowchart Analisa Perhitungan Jarak Minimum Pengereman Kendaraan.

III. PEMODELAN MATEMATIS

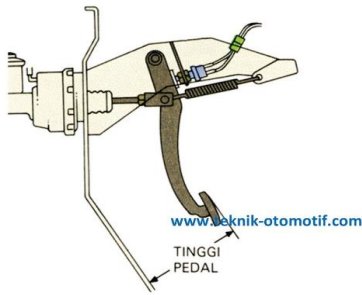
Sebelum masuk ke perhitungan distribusi pengereman, terlebih dahulu kita pahami tentang sistem pengereman. Berikut merupakan skema dari sistem pengereman kendaraan:



Gambar 3. Skema Sistem Pengereman Kendaraan.

Persamaan matematika dari distribusi pada sistem pengereman dituliskan sebagai berikut:

A. Gaya Pedal:



Gambar 4. Tipe Pedal Rem.

Gaya pada pedal rem dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_k = F \cdot \frac{a}{b} \tag{1}$$

Dengan keterangan

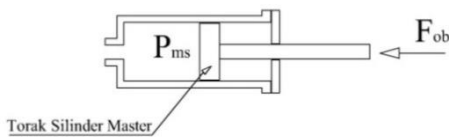
F_k = gaya pedal

F = gaya oleh pengemudi ke pedal

a = jarak dari pedal rem ke tumpuan

b = jarak dari pushrod ke tumpuan

B. Tekanan Master Silinder



Gambar 5. Gaya-gaya pada master silinder.

Tekanan yang diberikan oleh master silinder dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{ms} = \frac{F_k}{0,25 \pi d^2} \tag{2}$$

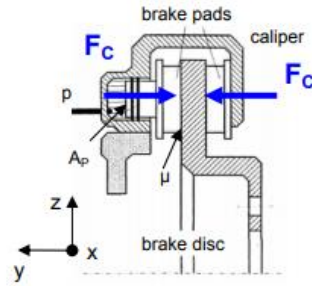
dengan keterangan:

P_{ms} = tekanan output master silinder

F_k = gaya pedal

d = diameter dalam master silinder

C. Gaya Rem Cakram (Disc Brake)



Gambar 6. Free body diagram gaya cengkram brake pad [2].

Gaya yang menekan setiap kampas rem terhadap disc dirumuskan sebagai berikut:

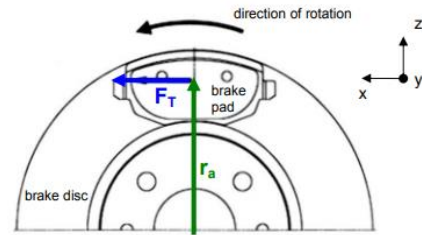
$$F_c = P_{ms} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \tag{3}$$

dengan keterangan:

F_c = Gaya rem cakram

P_{ms} = tekanan output master silinder

d = diameter piston caliper



Gambar 7. Free body diagram gaya gesek tangensial antara bantalan rem dan disk[2].

Gaya tangensial pada kedua area gesekan dirumuskan sebagai berikut:

$$F_T = F_c \cdot 2 \cdot \mu \tag{4}$$

dengan keterangan:

F_T = gaya tangensial

μ = koefisien gesek pada rem cakram

Untuk mendapatkan nilai dari gaya pengereman depan yang diberikan oleh sistem pengereman, maka perlu dihitung besar dari gaya torsi pada pengereman depan, dalam hal ini maka dihitung torsi dari rem cakram sebagai berikut:

$$Trd = F_T r_a \tag{5}$$

Gaya pada pengereman depan:

$$F_{bf} = \frac{2 \cdot Trd}{R_{roda}} \tag{6}$$

D. Gaya Rem Tromol (Drum Brake)



Gambar 8. Rem Tromol.

Gaya yang menekan pad rem dirumuskan sebagai berikut:

$$F_c = P_{ms} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \quad (7)$$

dengan keterangan:

F_c = Gaya rem tromol

P_{ms} = tekanan output master silinder

d = diameter *wheel* silinder tromol

Gaya pegas pada rem tromol:

$$F_{pegas} = k \Delta x \quad (8)$$

dengan keterangan:

F_{pegas} = Gaya pegas (N)

k = konstanta kekakuan pegas, dimana $k = \text{kN/m}$

Δx = perubahan panjang pegas maksimum (m)

Gaya gesek pada rem tromol:

$$F_T = F_c - (F_{pegas} \cdot \mu) \quad (9)$$

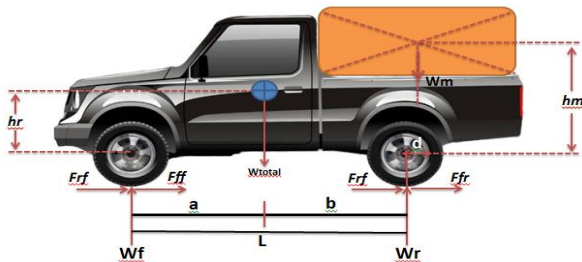
Untuk mendapatkan nilai dari gaya pengereman belakang yang diberikan oleh sistem pengereman, maka perlu dihitung besar dari gaya torsi pada pengereman belakang, dalam hal ini maka dihitung torsi dari rem tromol sebagai berikut:

$$T_{rb} = F_T \times r \quad (10)$$

Gaya pada pengereman belakang:

$$F_{br} = \frac{2 \cdot T_{br}}{R_{roda}} \quad (11)$$

Analisa dsitribusi pengereman dilakukan dengan menganalisa gaya-gaya yang bekerja pada roda kendaraan pada saat pengereman dengan muatan, dapat dilihat pada *free body* diagram berikut:



Gambar 9. *Freebody* diagram distribusi gaya pengereman pada kendaraan bermuatan.

dengan:

W_{total} = Berat total kendaraan (N)

W_f = Gaya normal pada roda depan (N)

W_r = Gaya normal pada roda belakang (N)

hr = Tinggi *Center of Gravity* terhadap poros roda (m)

L = *Wheelbase* kendaraan (m)

a = Jarak *Center of Gravity* terhadap poros roda depan (m)

b = Jarak *Center of Gravity* terhadap poros roda belakang (m)

W_m = Berat muatan (N)

hm = Tinggi titik pusat muatan terhadap poros roda (m)

d = Jarak titik pusat muatan dengan poros roda (m)

F_{rf} = Gaya rolling resistance roda depan (N)

F_{ff} = Gaya gesek roda depan dengan jalan (N)

F_{rr} = Gaya rolling resistance roda belakang (N)

F_{fr} = Gaya gesek roda belakang dengan jalan (N)

Proporsi gaya pengereman pada kendaraan antara roda depan dan roda belakang dituliskan dalam persamaan berikut:

Proporsi gaya rem depan:

$$K_{bf} = \frac{W_f}{W_f + W_r} \quad (12)$$

Proporsi gaya rem belakang:

$$K_{br} = \frac{W_r}{W_f + W_r} \quad (13)$$

dimana:

K_{bf} = proporsi gaya rem depan

K_{br} = proporsi gaya rem belakang

1) *Perhitungan Jarak Pengereman (Kemampuan Kendaraan)*

Jarak pengereman minimum ini didapat dengan menggunakan F_b yang sesuai dengan kemampuan sistem pengereman yang telah dilakukan pengukuran dan perhitungan. Persamaan untuk menghitung *Perhitungan Jarak Pengereman (Kemampuan Kendaraan)* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S = \frac{\gamma_m \cdot W}{2g \cdot C_{ae}} \ln \left[1 + \frac{C_{ae} \cdot V_1^2}{F_b} \right] \quad (14)$$

dimana:

S = jarak pengereman (m)

γ_m = faktor ekuivalen massa ($\gamma_m = 1,04$)

F_{bmax} = gaya pengereman maksimum (N)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

C_{ae} = $\rho/2 \cdot C_d \cdot A_f$

V_1 = kecepatan awal kendaraan

F_b = gaya pengereman dari sistem

2) *Perhitungan Jarak Pengereman (Variasi Muatan)*

Jarak pengereman minimum pada kondisi kendaraan bermuatan didapat dengan menggunakan gaya pengereman dari perkalian antara koefisien jalan dengan dengan berat kendaraan. Persamaan untuk menghitung *Perhitungan Jarak Pengereman (Menurut Variasi Muatan)* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S = \frac{\gamma_m \cdot W}{2g \cdot C_{ae}} \ln \left[1 + \frac{C_{ae} \cdot V_1^2}{\mu \cdot m \cdot g} \right] \quad (15)$$

dimana:

S = jarak pengereman (m)

γ_m = faktor ekuivalen massa ($\gamma_m = 1,04$)

F_{bmax} = gaya pengereman maksimum (N)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

C_{ae} = $\rho/2 \cdot C_d \cdot A_f$

V_1 = kecepatan awal kendaraan

$m \cdot g$ = berat kendaraan

μ = koefisien adhesi jalan

Skid adalah kondisi hilangnya kontrol pada kendaraan. Kendaraan akan cenderung *understeer* jika saat berbelok roda depan mengalami skid. Jika roda belakang mengalami skid terlebih dahulu, maka kendaraan cenderung *oversteer*.

$$F_c = \frac{W}{g} \times \frac{V^2}{R_n} \quad (16)$$

$$F_g = W \times \mu \quad (17)$$

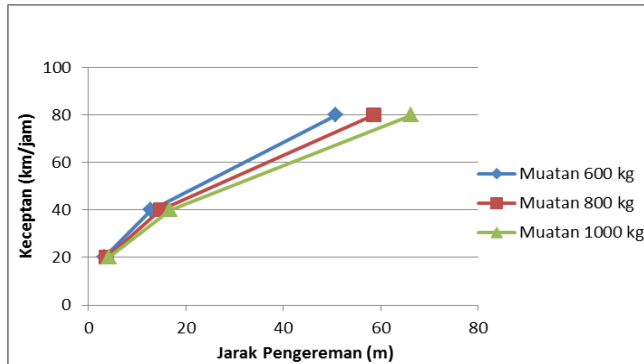
Kendaraan akan mengalami skid jika $F_c > F_g$

Kondisi kritis dimana roda depan atau roda belakang akan mengalami skid jika $F_c = F_g$

IV. HASIL PERHITUNGAN DAN ANALISIS

E. Analisa Perbandingan Jarak Pengereman Minimum Kendaraan

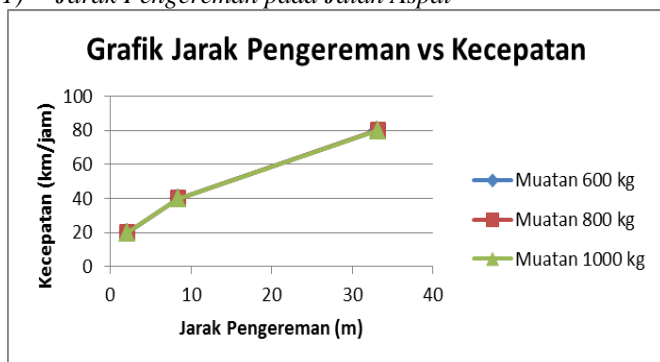
Telah dilakukan perhitungan jarak pengereman (sesuai kemampuan kendaraan) pada mobil multiguna pedesaan dengan hasil seperti pada Gambar 10. Sesuai dengan kemampuan sistem, jarak pengereman (S) meningkat sebanding dengan meningkatnya kecepatan dan beban kendaraan.



Gambar 10. Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (gaya rem sesuai kemampuan sistem).

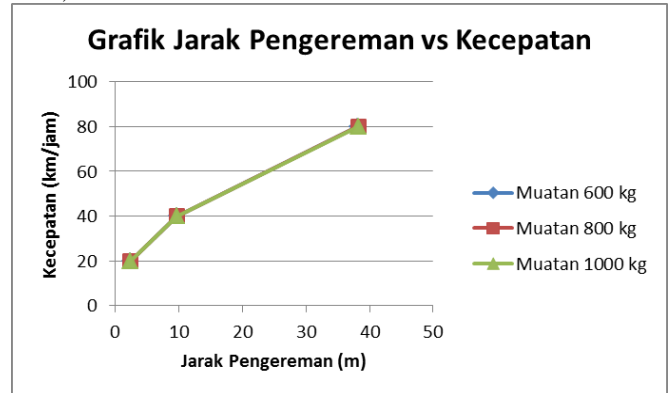
Dari grafik diatas dapat dilihat trend garis menunjukkan semakin bertambahnya kecepatan jarak pengereman kendaraan tersebut semakin jauh. Begitu pula semakin berat beban muatan kendaraan maka akan semakin jauh pula jarak pengereman minimum kendaraan. Perbedaan variasi beban muatan berpengaruh terhadap nilai jarak pengereman. Dikarenakan gaya pengereman maksimum yang digunakan adalah gaya pengereman yang dimiliki kendaraan (penjumlahan gaya rem depan dan rem belakang), sehingga gaya pengereman tidak ikut bertambah seiring dengan bertambahnya beban muatan. Hal ini yang menyebabkan semakin besar muatan maka semakin panjang pula jarak pengereman yang dihasilkan oleh kendaraan tersebut.

1) Jarak Pengereman pada Jalan Aspal



Gambar 11. Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (jalan aspal).

2) Jarak Pengereman pada Tanah Kering (Kebutuhan Variasi)

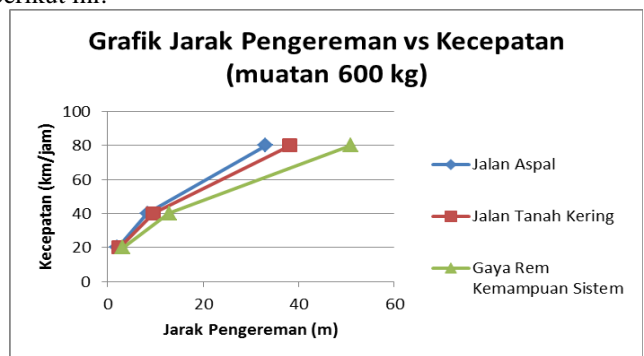


Gambar 12. Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (jalan tanah kering).

Berdasarkan grafik pada Gambar 13, terlihat trend garis naik seiring bertambahnya kecepatan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan, maka semakin panjang pula jarak pengereman kendaraan. Selain itu, garis yang menunjukkan muatan (600 kg, 800 kg, 1000 kg) saling berhimpit, hal itu berarti penambahan beban muatan tidak berpengaruh terhadap nilai dari jarak pengereman, sehingga gaya pengereman ikut bertambah seiring dengan bertambahnya besar muatan.

3) Perbandingan Jarak Pengereman Minimum Variasi Muatan di Jalan Aspal dan Tanah Kering VS Jarak Pengereman Minimum Sesuai Kemampuan Sistem

Dari analisa jarak pengereman minimum menurut variasi muatan dapat dibuat grafik perbandingan jarak pengereman minimum tersebut pada jalan aspal dan tanah kering, dengan jarak pengereman minimum menurut gaya pengereman dari sistem. Dalam hal ini diambil contoh pada kondisi kendaraan dengan muatan 600 kg. Besar muatan ini dipilih karena merupakan berat muatan yang masih mungkin diangkut kendaraan. Perbandingan tersebut diilustrasikan dalam grafik berikut ini:



Gambar 13. Grafik perbandingan jarak pengereman minimum kendaraan

Berdasarkan grafik perbandingan jarak pengereman minimum berdasarkan variasi muatan dengan jarak pengereman minimum sesuai kemampuan dari sistem, dapat dilihat bahwa jarak pengereman untuk jalan jenis aspal pada beberapa variasi kecepatan dan muatan lebih pendek daripada jarak pengereman minimum pada jalan tanah kering. Hal ini disebabkan oleh koefisien adhesi jalan aspal yang lebih baik daripada jalan tanah kering. Jarak pengereman minimum yang dihasilkan dari kemampuan sistem lebih besar nilainya dibanding dengan jarak pengereman minimum oleh variasi muatan dan kecepatan, hal itu berarti sistem pengereman belum mampu untuk digunakan pada kondisi ditambahkan muatan 600 kg.

F. Analisa Proporsi Pengereman Kendaraan

Setelah melakukan perhitungan didapatkan nilai gaya pengereman sebesar 6281,95 N selanjutnya dilakukan perhitungan proporsi pengereman secara kemampuan sistem $K_{bf} = 0,82$ dan $K_{br} = 0,18$ dalam hal ini menunjukkan proporsi pengereman cenderung ke roda depan, yang artinya kendaraan mengalami *understeer*.

Nilai proporsi pengereman yang diperoleh berdasarkan kebutuhan sistem (dari variasi) diperoleh:

Tabel 1.
Proporsi Pengereman Berdasarkan Kebutuhan Sistem

Variasi Muatan	K _{bf}	K _{br}
Tanpa Muatan	0,93	0,07
Muatan 600 kg	0,53	0,47
Muatan 800 kg	0,46	0,54
Muatan 1.000 kg	0,41	0,59

Sesuai kemampuan sistem pengereman, kendaraan menyediakan nilai proporsi pengereman $K_{bf} = 0,82$ dan $K_{br} = 0,18$. Apabila nilai tersebut digunakan pada kondisi penambahan variasi muatan maka hasil yang di dapat seperti pada Tabel berikut:

Table 2.
Analisa Perilaku Kendaraan Berdasarkan Proporsi Pengereman Kemampuan Sistem vs Kebutuhan Sistem

Variasi Muatan	Perilaku Kendaraan
Tanpa Muatan	<i>Oversteer</i>
Muatan 600 kg	<i>Understeer</i>
Muatan 800 kg	<i>Understeer</i>
Muatan 1.000 kg	<i>Understeer</i>

G. Analisa Kestabilan Arah Kendaraan

Hasil dari perhitungan nilai perlamabatan di dapat pada Tabel berikut:

Table 3.
Nilai Perilaku Kestabilan Arah (Aspal)

Variasi Muatan	(a)f	(a)r
Tanpa Muatan	0,77	-1,56
Muatan 600 kg	1,87	2,09
Muatan 800 kg	2,59	1,52
Muatan 1.000 kg	3,73	1,26

Table 4.
Nilai Perilaku Kestabilan Arah (Tanah Kering)

Variasi Muatan	(a)f	(a)r
Tanpa Muatan	0,93	5,92
Muatan 600 kg	1,42	1,52
Muatan 800 kg	1,86	1,16
Muatan 1000 kg	2,48	0,99

H. Analisa Perilaku Stabilitas Kendaraan Sesuai Standar Dinas Perhubungan

Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 63 Tahun 1993 tentang Persyaratan Ambang Batas Laik Jalan Kendaraan Bermotor, Kereta Gandengan, Kereta Tempelan, Karoseri dan Bak Muatan serta Komponen –Komponennya. Untuk rem utama pada kendaraan gaya pengereman minimal 50% dari berat sumbu kendaraan.

1) Sumbu Depan Kendaraan:

Standar dari Dinas Perhubungan
 $= W_f \times 50\%$, $W_f = 3.924 N$
 $= 3.924 \times 50\%$
 $= 1.962 N$

Besar gaya rem depan sesuai kemampuan sistem
 $F_{bf} = 5.181,34 N$

Nilai gaya rem depan sesuai kemampuan sistem telah lulus syarat dari Dinas Perhubungan, dikarenakan nilai gaya rem depan melebihi batas minimum gaya rem dari standar Dinas Perhubungan.

2) Sumbu Belakang Kendaraan:

Standar dari Dinas Perhubungan
 $= W_f \times 50\%$, $W_f = 3.139,2 N$
 $= 3139,2 \times 50\%$
 $= 1.569,6 N$

Besar gaya rem depan sesuai kemampuan sistem
 $F_{br} = 1100,58 N$

Nilai gaya rem depan sesuai kemampuan sistem belum mampu memenuhi syarat dari Dinas Perhubungan, dikarenakan nilai gaya rem belakang kurang dari batas minimum gaya rem dari standar Dinas Perhubungan.

I. Analisa Skid Kendaraan

Analisa skid dilakukan pada kondisi muatan 600kg pada kecepatan 40 km/jam dengan sudut belok 30°. Berdasarkan hasil perhitungan skid didapatkan nilai $F_{cry} < F_{zr} \cdot \mu_{aspal}$ dan $F_{cry} < F_{zr} \cdot \mu_{tanah\ kering}$ yang berarti tidak terjadi skid pada roda belakang kendaraan. Sedangkan pada roda depan juga tidak mengalami skid dikarenakan nilai $F_{cfy} < F_{zf} \cdot \mu_{aspal}$ dan $F_{cfy} < F_{zf} \cdot \mu_{tanah\ kering}$. Selain itu semakin baik koefisien adhesi jalan maka kemungkinan kendaraan mengalami skid semakin kecil.

J. Rekomendasi

Nilai K_{bf} dan K_{br} hasil perhitungan secara dimensi didapat angka sebesar 0,82 untuk K_{bf} dan 0,18 untuk K_{br}. Nilai proporsi pengereman tersebut belum memenuhi standar dari Dinas Perhubungan karena gaya pengereman yang dimiliki oleh rem tromol tidak dapat memenuhi batas minimum dari syarat Dinas Perhubungan. Oleh karena itu, rekomendasi yang ditawarkan untuk mobil multiguna pedesaan agar dapat memenuhi kebutuhan dari sistem pengereman adalah dengan mengatur tekanan pada master silinder. Maka dari itu dilakukan perhitungan pada komponen sistem pengereman dengan menggunakan kondisi muatan 600 kg. Besar muatan ini dipilih karena merupakan berat muatan yang masih mungkin diangkut kendaraan. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan nilai K_{bf} dan K_{br} pada kondisi muatan 600kg didapat tekanan pada master silinder sebesar 19.717228,91 Pa. Perlu diketahui bahwa

perhitungan diatas dilakukan tanpa meninjau dari komponen *booster rem*. Maka nilai tekanan master silinder tersebut belum termasuk kedalam hitungan *booster*.

V. KESIMPULAN

1. Distribusi pengereman sesuai dengan kemampuan sistem yang didapat dari hasil perhitungan dan analisis pada tugas akhir ini adalah $K_{bf} = 0,82$ dan $K_{br} = 0,18$. Nilai dari besar gaya rem depan adalah 5.181,34 N sedangkan untuk gaya rem belakang sebesar 1.100,58 N.
2. Distribusi pengereman yang dibutuhkan oleh sistem berdasarkan variasi muatan yang diberikan didapat hasil sesuai pada Tabel 4 yaitu pada penambahan muatan 600 kg $K_{bf} = 0,53$ dan $K_{br} = 0,47$; pada muatan 800 kg $K_{bf} = 0,46$ dan $K_{br} = 0,54$; pada muatan 1.000 kg $K_{bf} = 0,41$ dan $K_{br} = 0,59$; sedangkan pada kondisi tanpa muatan $K_{bf} = 0,93$ dan $K_{br} = 0,07$. Berdasarkan nilai proporsi pengereman dari sistem, maka pada konsisi bermuatan kendaraan cenderung *understeer*, namun pada kondisi tanpa muatan kendaraan cenderung *oversteer*. Maka perlu adanya perbaikan pada sistem pengereman mobil multiguna pedesaan ini.
3. Semakin besar kecepatan dan beban muatan kendaraan maka jarak pengereman minimum kendaraan akan semakin besar. Jarak pengereman minimum kendaraan akan semakin pendek tergantung pula pada koefisien adhesi jalan, semakin baik koefisien adhesi jalan semakin pendek jarak pengereman minimum. Juga semakin besar gaya

pengereman kendaraan, semakin pendek jarak pengereman minimum kendaraan. Hal ini dapat dilihat pada grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan di beberapa variasi muatan dan jenis jalan.

4. Gaya pengereman yang sesuai dengan standar Dinas Perhubungan ditinjau berdasarkan berat sumbu kendaraan. Pada rem depan kendaraan dinyatakan memenuhi syarat karena gaya rem sebesar 5.181,34 N melebihi batas minimum 50% x berat sumbu kendaraan. Pada gaya rem belakang nilai 1.100,58 N belum melebihi batas minimum 50% x berat sumbu kendaraan. Maka sistem pengereman ini masih belum memenuhi kriteria, sehingga perlu adanya analisa lebih lanjut terhadap sistem pengereman pada mobil pedesaan ini.
5. Rekomendasi yang ditawarkan untuk mobil multiguna pedesaan agar dapat memenuhi kebutuhan dari sistem pengereman adalah dengan mengatur tekanan pada master silinder. Dari hasil perhitungan diatas didapat tekanan pada master silinder sebesar 19.717228,91 Pa. Perlu diketahui bahwa perhitungan diatas dilakukan tanpa meninjau dari komponen *booster rem*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Febriantio and Devid, "Analisis Pengereman Kendaraan PEdesaan Produk Dalam Negeri," *Undergrad. Thesis, Mech. Eng. RSM 629.246 Feb a, 2012*, 2012.
- [2] T. * Degenstein and Hermann, "Dynamic Measurement of The Forces in the Friction Area of A Disc Brake During A Braking Process."