

2. LANDASAN TEORI

2.1. Koefisien Gesek

Sebuah balok yang ditempatkan pada bidang datar horizontal (gambar 2.1a). Gaya yang beraksi pada balok adalah beratnya sendiri W dan reaksi pada permukaan. Karena berat tidak mempunyai reaksi horizontal reaksi dari permukaan juga tidak mempunyai reaksi horizontal, maka reaksi normal dari permukaan diwakili oleh N . Jika diberi gaya horizontal P pada balok (gambar 2.1b). Jika P kecil balok tidak akan bergerak, gaya horizontal lain harus ada untuk mengimbangi gaya P . Gaya lain ini adalah gaya statis gesekan F , yang sebetulnya merupakan resultan dari sejumlah besar gaya yang beraksi diatas keseluruhan kontak antara balok dan permukaan rata.

Jika gaya P diperbesar maka gaya gesekan F juga akan membesar, berlangsung terus menahan P sampai besarnya mencapai nilai maksimum F_s tertentu (gambar 2.1c). Jika gaya P diperbesar lanjut maka gaya gesekan tidak akan dapat mengimbangi lagi dan balok mulai meluncur. Begitu balok mulai bergerak maka besarnya F akan menurun dari F_s ke nilai lebih rendah F_k . Ini karena adanya penetrasi dalam yang lebih kecil antara ketidakrataan permukaan dalam kontak bila permukaan bergerak terhadap yang lain. Karena itu balok tetap meluncur dengan kecepatan meningkat sementara gaya gesekan, ditunjukkan dengan F_k dan disebut dengan gaya gesekan kinetik tetap mendekati konstan.

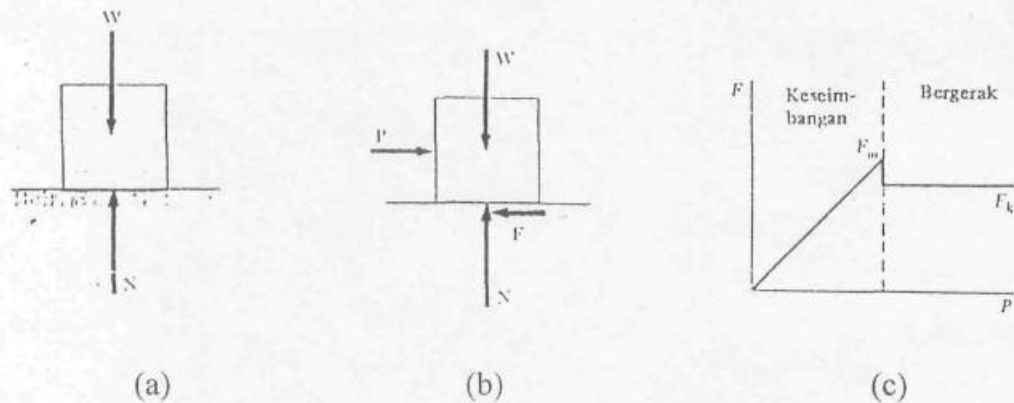
Bukti percobaan menunjukkan bahwa nilai maksimum F_s dari gaya statis gesekan adalah berbanding lurus dengan normal N dari reaksi pada permukaan.

$$F_s = \mu_s \cdot N \quad (2.1)$$

Dimana μ_s adalah konstan yang disebut koefisien gesek statis. Demikian pula besarnya F_k dari gaya gesekan kinetik dapat dituangkan dalam bentuk.

$$F_k = \mu_k \cdot N \quad (2.2)$$

Dimana μ_k adalah konstan dan disebut koefisien gaya gesek kinetik



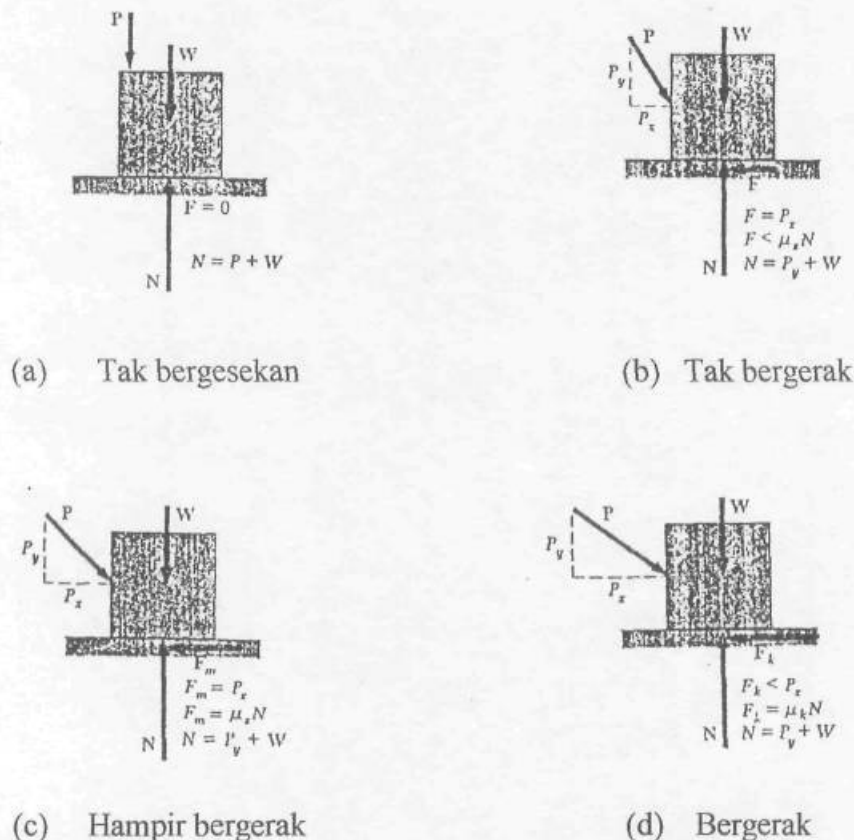
Gambar 2.1. Diagram Gaya Sebuah Balok

Koefisien gesek μ_s dan μ_k tidak tergantung dari pada luas permukaan pada kontak bidang. Namun kedua koefisien sangat tergantung pada sifat dari permukaan dalam kontak yang terjadi. Karena permukaan itu juga tergantung dari kondisi permukaan yang pasti, nilai gesekan jarang diketahui ketepatannya lebih dari 5 persen. Nilai koefisien gesek yang mendekati dapat dilihat dari banyak berbagai tabel untuk permukaan kering. Nilai yang berhubungan dengan koefisien gesek kinetik akan lebih kecil 25 persen dari koefisien gesek statis.

Disini dapat dibedakan empat kondisi berbeda yang dapat terjadi bila suatu benda tegar kontak dengan suatu permukaan horizontal:

1. Gaya yang diterapkan dalam benda tidak menyebabkan benda bergerak sepanjang permukaan kontak: tidak ada gaya gesekan (gambar 2.2a).
2. Gaya yang diterapkan cenderung menggerakkan benda sepanjang permukaan kontak tetapi tidak cukup untuk membuat benda tersebut bergerak. Gaya gesekan F yang timbul dapat ditemukan dengan persamaan kesetimbangan benda karena tidak ada kepastian bahwa nilai maksimum dari gaya gesekan statis dicapai adalah persamaan $F_s = \mu_s N$ tidak dapat digunakan untuk menentukan gaya gesekan (gambar 2.2b)
3. Gaya yang adalah sedemikian sehingga benda hampir meluncur. Kita katakan hampir bergerak. Gaya gesekan F telah mencapai nilai maksimum F_s dan bersama gaya normal N , mengimbangi gaya yang diterapkan. Kedua persamaan keseimbangan dan persamaan $F_s = \mu_s N$ boleh digunakan (gambar 2.2c).

4. Benda sedang meluncur dibawah aksi gaya yang diterapkan dan persamaan keseimbangan tidak lagi berlaku. Walaupun demikian F sekarang adalah sama dengan gaya gesekan kinetik F_k dan persamaan $F_k = \mu_k N$ boleh digunakan. Arah F_k adalah berlawanan dengan arah gerakan (Gambar 2.2d).



Gambar 2.2. Diagram Gaya Balok akan Bergerak

2.2. Hambatan Gelinding

Dalam praktek biasanya roda tidak sempurna dan akan timbul hambatan terhadap gerak. Hambatan ini ditimbulkan oleh: pengaruh gabungan gesekan aksel dan gesekan pada bingkai dan kenyataannya roda dan tanah mengalami perubahan bentuk (deformasi) sehingga kontak roda dan tanah tidak terjadi pada suatu titik tetapi antara luas tertentu.

Untuk lebih jelas dapat meninjau kereta yang bergerak pada rel yang memiliki delapan roda yang terpasang dengan memakai aksel serta bantalnya. Kereta tersebut dapat bergerak ke kanan dengan laju konstan sepanjang lintasan

lurus horizontal. Diagram benda bebas dari salah satu roda terlihat pada gambar 2.3a. Gaya yang beraksi pada benda bebas termasuk beban W yang ditumpu oleh roda dan reaksi normal N dari rel. Karena W digambarkan melalui pusat O dari akselnya, hambatan gerak dari bantalan dapat dinyatakan dengan kopel M . Untuk mempertahankan keseimbangan benda bebas harus menambahkan dua gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah P dan F yang membentuk kopel M . Gaya F menyatakan gaya gesekan yang ditimbulkan oleh rel pada roda, dan P gaya yang harus diterapkan pada roda supaya roda tetap menggelinding dengan kecepatan konstan. Gaya P dan F tidak akan timbul jika tidak ada gesekan antara roda dan rel. Kopel M akan menjadi nol, roda akan menggelincir pada rel tanpa terjadi putaran tanpa bantalan.

Kopel M serta gaya P dan F akan menjadi nol jika tidak ada gesekan aksel, seperti pada gambar 2.3b sebuah roda akan bergerak bebas pada kecepatan konstan pada permukaan datar dan hanya mengalami dua gaya yaitu beratnya sendiri W dan reaksi normal dari tanah N .

Tetapi pengalaman menunjukkan bahwa roda akan mengalami perlambatan dan akhirnya akan diam. Hal ini disebabkan oleh hambatan gelinding. Di bawah beban W kedua roda dan tanah akan mengalami perubahan bentuk sedikit yang menimbulkan kontak antara roda dan tanah terjadi pada suatu permukaan dengan luas tertentu. Eksperimen menunjukkan bahwa resultan gaya yang ditimbulkan oleh roda dan tanah adalah gaya R yang beraksi di titik D yang tidak terletak langsung di bawah pusat O dari roda itu, melainkan sedikit ke bagian depan (gambar 2.3c).

Gaya reaksi horizontal R dari adalah gaya hambatan gelinding(f) dan gaya vertical dari R adalah gaya normal(N) yang berasal dari permukaan bidang datar. Maka akan didapatkan:

$$f = R \sin \theta \quad (2.3a)$$

$$N = R \cos \theta \quad (2.3b)$$

Untuk mengimbangi momen mg terhadap D dan mempertahankan roda itu dalam keadaan menggelinding dengan konstan, kita perlu menerapkan gaya horizontal P pada pusat roda.

Jadi dengan $\Sigma F = 0$, kita dapatkan:

$$P - f = 0$$

$$P = f \quad (2.4)$$

Dengan $\Sigma m_B = 0$, kita peroleh :

$$P \cdot r = mg \cdot a \quad (2.5)$$

dimana: r = jari-jari roda

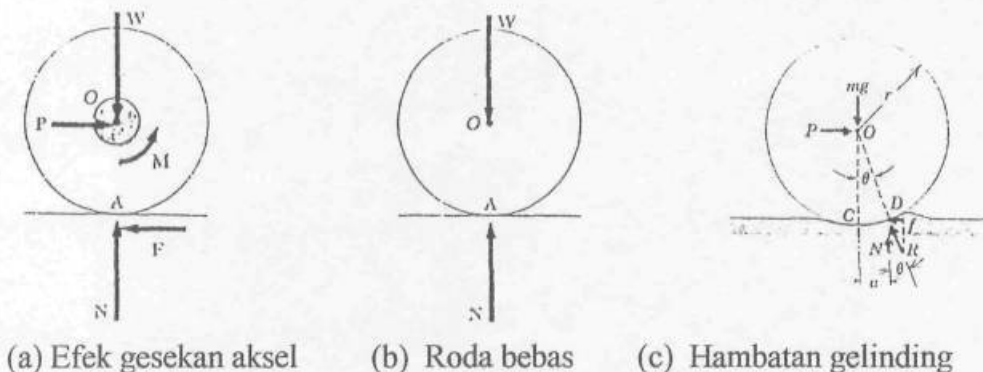
a = jarak horizontal antara C dan D (koefisien hambatan gelinding)

Jadi didapatkan:

$$P = f = \frac{mg \cdot a}{r}$$

$$= \frac{W \cdot a}{r}$$

Perlu diperhatikan bahwa a bukan merupakan koefisien tak berdimensi, karena a menyatakan jarak. Biasanya dinyatakan dalam inci (in), meter (m) dan milimeter (mm).



Gambar 2.3. Diagram Gaya pada Roda

2.3. Dinamika Rotasi Benda Tegar

Misalkan sebuah torsi T dikerjakan pada sebuah partikel dalam benda tegar. Karena semua partikel yang membentuk benda tegar memiliki jarak yang tetap satu terhadap lainnya, maka dapat dikatakan bahwa torsi tersebut bekerja pada benda tegar secara keseluruhan. Pada umumnya vektor T tidak akan terletak sepanjang sumbu, yang terhadapnya benda dapat berputar dengan bebas. Dalam bagian ini kita tidak akan meninjau torsi sesungguhnya pada benda, melainkan hanya meninjau komponennya yang terletak sepanjang sumbu rotasi. Hanya

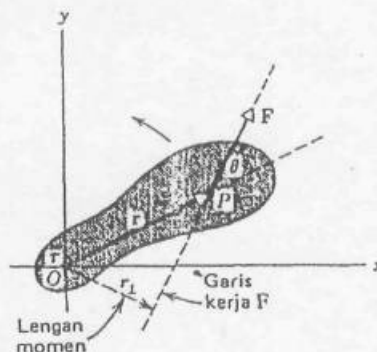
komponen ini yang dapat memutar benda mengelilingi sumbu tersebut. Komponen torsi yang tegak lurus kepada sumbu cenderung untuk mengubah arah sumbu dari arah tetapnya. Tetapi secara tegas telah dianggap bahwa hanya sumbu berarah tetap yang akan ditinjau disini. Sebagai contoh misalnya, benda dipasang pada batang yang posisinya dijaga tetap dengan menggunakan penumpu pada kedua ujungnya; jika torsi yang dikerjakan memiliki komponen yang tegak lurus ada batang yang cenderung untuk merubah posisi batang, maka secara otomatis penumpu memberikan torsi yang sama besar dan berlawanan arah pada batang, sehingga pengaruh komponen tadi dapat ditiadakan.

Dalam gambar 2.4 diperlihatkan penampang benda tegar yang dapat berputar mengelilingi sumbu z suatu acuan inersial. Sebuah gaya F bekerja pada sebuah partikel di titik P dalam benda, posisi P terhadap sumbu rotasi ditentukan oleh vector r . Untuk mudahnya, gaya F diambil terletak pada bidang $x - y$ penampang ini. Torsi yang bekerja pada partikel di titik P dapat dikatakan bekerja pada keseluruhan benda tegar yaitu :

$$T = r \times F \quad (2.6)$$

Karena F dan r terletak dalam bidang $x - y$. Maka torsi yang T akan berarah sepanjang sumbu z . Dari aturan tangan kanan diperoleh bahwa torsi ini berarah tegak lurus keluar dari bidang. Jika r dan F tidak terletak dalam bidang gambar, maka T juga akan sejajar sumbu z dan disini kita hanya mmeninjau komponen T sepanjang sumbu ini. Besar T diberikan oleh persamaan berikut:

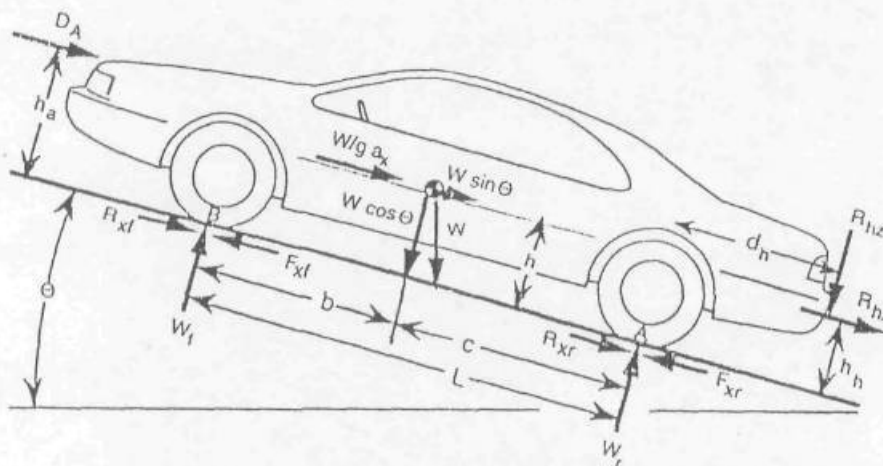
$$T = r \cdot F \sin\theta \quad (2.7)$$



Gambar 2.4. Sebuah Gaya F Bekerja pada Partikel P

2.4. Beban Dinamika pada sebuah Kendaraan

Menentukan beban tanjakan pada sebuah kendaraan dibawah kondisi kerja dengan sendirinya adalah merupakan contoh singkat dari hukum Newton's II. Ini merupakan sebuah langkah pertama yang penting dalam menganalisa sebuah percepatan atau pengereman karena beban tanjakan menentukan gaya tarik/dorong, percepatan, kemampuan tanjakan dan kecepatan maksimum. Di bawah ini dapat dilihat gaya-gaya pada sebuah kendaraan.



Gambar 2.5. Gaya pada sebuah Kendaraan

- W adalah gaya berat dari kendaraan yang terletak pada pusat gravitasi.
- Pada roda depan dan roda belakang terdapat gaya normal W_f untuk roda depan dan W_r untuk roda belakang.
- Gaya dorong/tarik maksimum adalah F_{xf} dan F_{xr} .
- Gaya hambatan gelinding adalah R_{xf} dan R_{xr} .
- D_A adalah gaya aerodinamika yang melawan sebuah kendaraan.
- R_{hz} dan R_{hx} gaya vertikal dan gaya horizontal jika sebuah kendaraan digunakan untuk menarik sebuah kendaraan.

Beban yang diterima pada setiap sumbu akan terdiri dari komponen statis, ditambah beban yang dipindahkan dari depan ke belakang yang berhubungan dengan gaya-gaya lain yang bekerja pada kendaraan. Beban pada

sumbu depan dapat diketahui dengan menjumlahkan torsi di titik A pada roda belakang, yaitu $\Sigma T = 0$, maka:

$$W_f L + D_A h_a + \frac{W}{g} a_x h + R_{hx} h_h + R_{hz} d_h + W h \sin \theta - W c \cos \theta = 0 \quad (2.8)$$

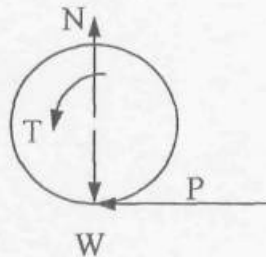
Dari persamaan 2.8 dapat dicari W_f dan dengan cara yang sama dapat dicari W_r dengan cara menjumlahkan torsi di titik B sama dengan nol, maka:

$$W_f = (W c \cos \theta - R_{hx} h_h - R_{hz} d_h - \frac{W}{g} a_x h - D_A h_a - W h \sin \theta) / L \quad (2.9)$$

$$W_r = (W b \cos \theta - R_{hx} h_h + R_{hz} (d_h + L) + \frac{W}{g} a_x h + D_A h_a + W h \sin \theta) / L \quad (2.10)$$

2.5. Traksi Roda

Traksi roda adalah gaya dorong atau gaya tarik yang dapat dihasilkan oleh roda ketika sebuah gaya mengenai roda tersebut, sehingga gaya tersebut berubah menjadi torsi T yang bekerja pada roda tersebut.



Gambar 2.6. Gaya pada Roda Bebas

Pada gerak rolling : $P_{\max} \leq \mu W$

Sehingga $T_{\max}$ akan terjadi bila tidak ada α (percepatan sudut) jadi:

$$\Sigma T_{\max} = P_{\max} \cdot r = \mu_s W \cdot r \quad (2.11)$$

Dimana : T = Torsi (N/m)

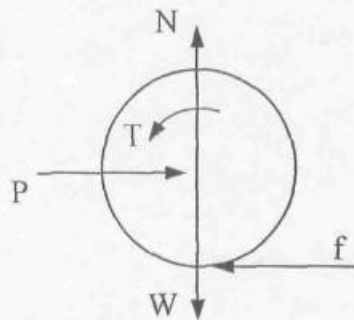
P = Gaya traksi maksimum (N)

r = Jari-jari roda (m)

μ_s = Koefisien gesek statik

W = Berat roda (N)

Gaya traksi yang dihasilkan roda yang terdapat dalam sebuah kendaraan jika kendaraan tersebut tidak menarik atau mendorong sebuah beban, maka gaya traksi tidak terletak pada sisi rodanya. Gaya traksi yang terjadi akan terdapat pada pusat roda, gaya ini berasal dari *king pin* atau rangka yang menopang roda tersebut. Diagram bodi bebas roda(roda belakang) dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7. Gaya pada Roda Kendaraan

Sehingga :

$$\Sigma F = 0$$

$$P - f = 0$$

$$P = f$$

$$\Sigma M = 0$$

$$T - P \cdot r = 0$$

$$P = T/r$$

Jadi P sama dengan f (gaya gesek) besarnya adalah $\mu_s \cdot N$.

2.6. Percobaan Koefisien Gesek

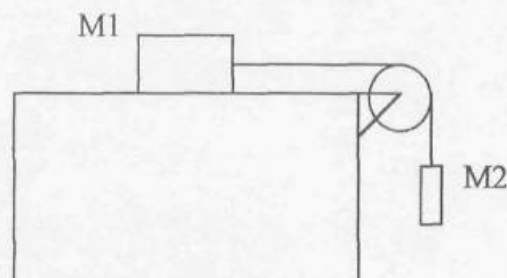
Pada sebuah benda yang diam berlaku bahwa resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut adalah nol. Bila pada benda yang terletak pada bidang datar diberi gaya luar F sedangkan benda masih tetap diam berarti pada benda tersebut bekerja gaya lain yang besarnya sama dengan F tetapi arahnya berlawanan. Gaya tersebut dinamakan gaya gesek statis, f_s .

$$f_s \leq \mu_s \cdot N \quad (2.12)$$

dimana : μ_s = koefisien gesek statis

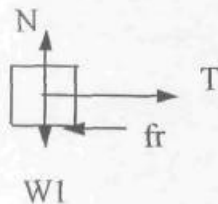
N = gaya normal

Roda untuk uji coba mengalami gesekan dengan alas yang terbuat dari kayu untuk itu perlu dicari koefisien gesek statik antara roda yang diselimuti oleh karet dengan kayu yang digunakan sebagai alasnya. Gambar cara melakukan percobaan dapat dilihat pada gambar 2.8, yang dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.8. Percobaan Koefisien Gesek

Mula-mula benda kerja alasnya diberi karet yang akan digunakan untuk roda kemudian ditimbang dulu massanya (M_1). Setelah itu kita memberi beban tertentu sebesar M_2 sampai benda M_1 akan mulai bergerak. Gambar gaya-gaya yang bekerja dapat dilihat dibawah ini.

Benda M1Benda M2

Gambar 2.9. Diagram Gaya pada Benda M1 dan M2.

Benda M1:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N - W1 = 0$$

$$N = W1 \quad (2.13)$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T - fr = 0$$

$$T = fr \quad (2.14)$$

Benda M2:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$W2 - T = 0$$

$$W2 = T \quad (2.15)$$

Dari persamaan 2.14 dapat diketahui:

$$T = fr$$

$$W2 = \mu_s \cdot N$$

$$m2 \cdot g = \mu_s \cdot N$$

$$\mu_s = m \cdot g / N = W2/N \quad (2.16)$$

Keterangan: N = Gaya normal (N)

W = Berat benda (N)

T = Tegangan tali (N)

f_r = Gaya gesek (N)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

m = Massa benda (Kg)

Benda kerja yang akan diuji adalah karet dan kayu. sedangkan bahan dan alat yang digunakan adalah :

- ✓ Papan dan balok kayu
- ✓ Sebuah katrol
- ✓ Beban

Data dari hasil percobaan antara karet dengan kayu dapat dilihat pada BAB 3.