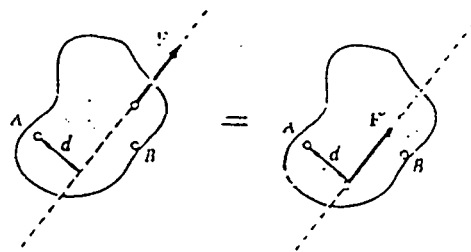


### III. LANDASAN TEORI

#### 1. STATIKA BENDA TEGAR

Dua gaya  $F$  dan  $F'$  yang beraksi pada sebuah benda tegar di dua buah titik yang berbeda, akan mempunyai efek yang sama pada benda tersebut apabila gaya-gaya tersebut mempunyai besar yang sama, arah yang sama dan garis aksi yang sama (Gambar 3.1). Gaya-gaya tersebut dikatakan ekuivalen.

Momen  $M_A$  akibat sebuah gaya  $F$  terhadap sebuah titik  $A$ , atau lebih tepatnya sebuah sumbu yang melewati titik  $A$  dan tegak lurus bidang gambar ditentukan pada perumusan  $M = F \cdot d$ , dengan  $F$  adalah gaya dan  $d$  adalah jarak dari titik  $A$  yang tegak lurus terhadap garis aksi  $F$  (Gambar 3.1).



Gambar 3.1

Gaya-Gaya Ekuivalen

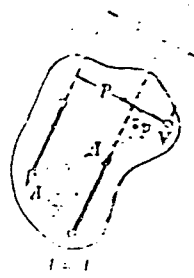
Momen akibat sebuah gaya terhadap sebuah sumbu menunjukkan sebuah gaya yang akan memutar benda tegar pada sumbunya. Momen

tersebut tidak hanya mempunyai besaran tetapi juga arah. Pada gambar 3.1 momen dari F terhadap titik A terlihat arahnya berlawanan jarum jam dan momen terhadap titik B searah jarum jam. Momen akibat gaya-gaya dapat dijumlahkan secara aljabar sebagai mana besaran skalar, apabila diberikan perjanjian tanda.

Dengan mengikuti defmisi di atas, maka momen sebuah gaya tetap tidak berubah jika gaya tersebut berpindah sepanjang garis aksinya. Sehingga dua gaya F dan F' mempunyai komponen  $F_x$  dan  $F_y$  yang sama dan momen  $M_A$  yang sama terhadap sembarang sumbu yang diketahui.

Penerapan *teorema Varigon* akan memberikan perhitungan momen suatu gaya F terhadap sumbu yang melalui titik A yang diketahui. Gaya tersebut pertama-tama diuraikan terhadap komponen x dan y, momen akibat komponen gaya dihitung terhadap titik A dan dijumlahkan untuk memperoleh momen akibat F terhadap titik A.

Dua gaya F dan F' yang mempunyai besar yang sama yaitu F, garis aksi sejajar dan arahnya berlawanan, dapat dikatakan gaya tersebut membentuk sebuah kopel (Gambar 3.2). Jumlah momen M akibat F dan F' terhadap sebuah titik A tidak tergantung pada penentuan letak titik A dan besarnya momen M akan sama dengan hasil kali besar gaya F dengan jarak antara dua garis kerja d.

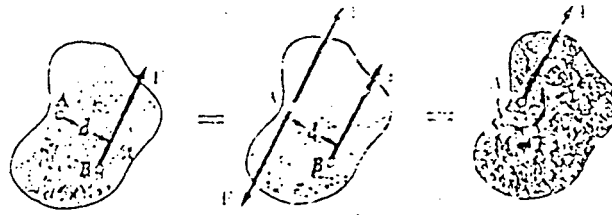


Gambar 3.2

## Kopel Dari Gaya F

Efek sebuah kopel pada sebuah benda tegar secara lengkap ditentukan oleh momennya (besar dan arah). Dua kopel adalah ekuivalen apabila kopel tersebut mempunyai harga momen yang sama. Setiap gaya  $F$  yang beraksi pada sebuah benda tegar dapat dipindahkan pada titik  $A$  yang diketahui, dengan menambah kopel  $M$ , atau momen dari sebuah gaya  $F$  (pada posisi asal) terhadap titik  $A$  (Gambar 3.3), gaya dan kopel yang diperoleh yang didasarkan pada sistem kopel gaya.

Setiap sistem gaya sebidang dapat direduksi menjadi sistem kopel gaya pada sebuah titik sembarang  $A$ , dengan mengganti masing-masing gaya dari sistem tersebut dengan sebuah sistem kopel gaya di titik  $A$  dan menjumlahkan semua gaya dan kopel.



Gambar 3.3

## Gaya Dan Momen

Sistem ini selanjutnya dapat direduksi menjadi gaya *ekivalen* tunggal  $R$  yang disebut *resultan sistem*. Reaksi sebuah sistem gaya sebidang menjadi gaya tunggal atau kopel biasanya dapat dilakukan dengan penguraian masing-masing gaya, asal terhadap komponen  $x$  dan  $y$ .

Dua sistem gaya sebidang adalah ekivalen apabila gaya-gaya tersebut dapat direduksi menjadi sistem gaya kopel yang sama terhadap sebuah titik  $A$  yang diketahui. Hal ini mengikuti bahwa 2 sistem gaya sebidang adalah ekivalen apabila komponen  $x$ , dan komponen  $y$ , serta momen terhadap titik  $A$  akibat gaya-gaya tersebut secara berurutan sama.

Gaya-gaya luar yang bekerja pada struktur membentuk sistem yang ekivalen dengan nol, dengan syarat keseimbangan untuk struktur dua dimensi yang tegar bisa dinyatakan dengan tiga persamaan keseimbangan.

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M_A = 0 \quad (3.1)$$

Sebelum menerapkan persamaan keseimbangan 3.1 pada penyelesaian suatu masalah, harus menunjukkan dengan tepat semua gaya yang bekerja pada struktur dan menggambarkan diagram benda bebas yang bersangkutan.

Selain gaya-gaya yang bekerja pada struktur, juga harus menyertakan reaksi yang dikerjakan pada struktur oleh tumpuan.

Persamaan 3.1 boleh diganti dengan persamaan lain, dengan menuliskan persamaan kesetimbangan alternatif sebagai berikut:

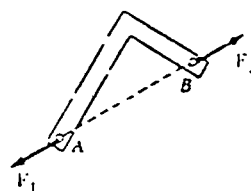
$$\sum F_x = 0 \quad \sum M_A = 0 \quad \sum M_B = 0 \quad (3.2)$$

dimana garis AB dipilih dalam arah yang berlainan dengan arah y, atau

$$\sum M_A = 0 \quad \sum M_B = 0 \quad \sum M_C = 0 \quad (3.3)$$

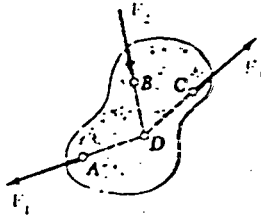
dimana titik A, B dan C tidak berada pada satu garis lurus.

Suatu benda dengan dua gaya didefinisikan sebagai suatu benda tegar yang memikul gaya-gaya hanya didua titik, dan telah ditunjukkan bahwa resultan F1 dan F2 dari gaya-gaya ini harus memiliki nilai yang sama, garis kerja yang sama dan berlawanan arah ( Gambar 3.4 ). Syarat ini merupakan sifat yang akan mempermudah penyelesaian masalah tertentu. Benda dengan tiga gaya didefinisikan sebagai benda tegar yang memikul gaya-gaya hanya di tiga titik, dan telah ditunjukkan bahwa resultan F1, F2 dan F3 dari gaya-gaya ini harus saling berpotongan ( Gambar 3.5 ) atau sejajar. Sifat ini memberikan cara yang lain untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan benda dengan tiga gaya.



Gambar 3.4

Arah Garis Kerja Yang Searah

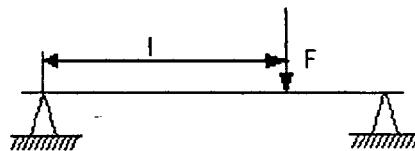


Gambar 3.5

Gaya-Gaya Yang Berpotongan

## 2. PERHITUNGAN POROS

Menghitung tegangan bending:



Gambar 3.6

Momen Bending

Momen bending:

$$M_b = F \cdot l \quad (3.4)$$

Tahanan momen bending untuk poros berpenampang lingkaran:

$$W_b = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (3.5)$$

Sehingga tegangan bending:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{32 \cdot F \cdot l}{\pi \cdot d^3} \quad (3.6)$$

Jadi diameter poros yang diijinkan:

$$\frac{M_b}{W_b} = \frac{S_{yp}}{A_k} \quad (3.7)$$

$$\frac{32 \cdot F \cdot l}{\pi \cdot d^3} \leq \frac{S_{yp}}{A_k} \quad (3.8)$$

$$\sqrt[3]{\frac{32 \cdot F \cdot l \cdot A_k}{\pi \cdot S_{yp}}} \leq d \quad (3.9)$$

Keterangan:

$\sigma_b$  = Tegangan bending.

F = Beban pada poros.

l = Jarak beban terhadap salah satu ujung poros.

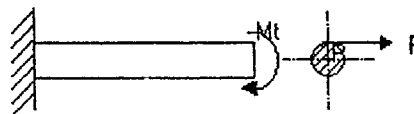
d = Diameter poros.

$A_k$  = Angka keamanan.

- Angka keamanan untuk beban statis = 1,5 – 2.
- Angka keamanan untuk beban dinamis I = 2 - 5.
- Angka keamanan untuk beban dinamis II = 5 – 10.

$S_{yp}$  = Kekuatan tarik material yang diijinkan.

Menghitung tegangan torsi:



Gambar 3.7

Torsi

Momen torsi yang bekerja pada poros:

$$M_t = F \cdot R \quad (3.10)$$

Tahanan momen torsi untuk poros berpenampang lingkaran:

$$W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (3.11)$$

Tegangan torsi:

$$\tau = \frac{M_t}{W_t} = \frac{16 \cdot F \cdot R}{\pi \cdot d^3} \quad (3.12)$$

Sehingga diameter poros yang diijinkan:

$$\frac{M_t}{W_t} \leq \frac{0,58 \cdot S_{yp}}{A_k} \quad (3.13)$$

$$\frac{16 \cdot F \cdot R}{\pi \cdot d^3} \leq \frac{0,58 \cdot S_{yp}}{A_k} \quad (3.14)$$

$$\sqrt[3]{\frac{16 \cdot F \cdot R \cdot A_k}{\pi \cdot 0,58 \cdot S_{yp}}} \leq d \quad (3.15)$$

Keterangan:

$\tau$  = Tegangan torsi.

F = Gaya yang menimbulkan torsi.

R = Lengan torsi.

d = Diameter poros.

$A_k$  = Angka keamanan.

- Angka keamanan untuk beban statis = 1,5 – 2.
- Angka keamanan untuk beban dinamis I = 2 - 5.
- Angka keamanan untuk beban dinamis II = 5 – 10.

$S_{yp}$  = Kekuatan tarik material yang diijinkan.

Menghitung tegangan kombinasi antara tegangan bending dengan tegangan torsi :

$$\sigma_v \leq \frac{S_{yp}}{A_k} \quad (3.16)$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b + 3 \cdot \tau^2} \quad (3.17)$$

$$\sqrt{\sigma_b + 3 \cdot \tau^2} \leq \frac{S_{yp}}{A_k} \quad (3.18)$$

Keterangan:

$\sigma_v$  = Tegangan kombinasi momen bending dan torsi.

$S_{yp}$  = Kekuatan tarik material yang diijinkan.

$A_k$  = Angka keamanan.

- Angka keamanan untuk beban statis = 1,5 – 2.
- Angka keamanan untuk beban dinamis I = 2 - 5.
- Angka keamanan untuk beban dinamis II = 5 – 10.

$\sigma_b$  = Tegangan bending.

$\tau$  = Tegangan torsi.

### 3. KARAKTERISTIK INSTRUMEN

Dalam mendesain suatu instrumen yang paling sesuai untuk pengukuran yang akan digunakan, maka kriteria penampilan merupakan masalah utama. Yaitu, membuat keputusan yang tepat dalam mendesain instrumen, atau membandingkan desain instrumen dengan alternatif lain. Disamping itu penampilan instrumen dan sistem pengukuran dapat dianalisa

seberapa baik instrumen mengukur masukan yang diinginkan dan seberapa jauh instrumen tersebut memberikan kesalahan.

Karakteristik instrumen umumnya dibagi menjadi dua, yaitu karakteristik statik dan karakteristik dinamik. Alasan dalam pembagian karakteristik, yaitu beberapa pemakaian instrumen mengandung besaran yang konstan atau berubah sangat pelan. Kondisi ini hanya menggambarkan tentang kualitas pengukuran, dan umumnya disebut karakteristik statik. Sedangkan bila terjadi perubahan besaran yang cepat, maka disebut karakteristik dinamik. Pada karakteristik dinamik antara masukan dan keluaran instrumen harus teliti sehingga pada saat menganalisa harus menggunakan persamaan diferensial, agar menghindari kesalahan yang terlalu besar.

Dari kedua karakteristik instrumen ada beberapa hal pokok yang perlu diketahui untuk mengetahui bahwa instrumen tersebut layak digunakan, antara lain:

### 3.1 Daerah Pengukuran (*range*)

Daerah yang menunjukkan nilai minimal dan maksimal yang dapat diukur oleh instrumen tanpa merusak instrumen tersebut, atau daerah dimana penunjukan instrumen masih cukup akurat.

### 3.2 Rentangan (*span*)

Batas variabel yang dapat diukur instrumen, yaitu selisih nilai tertinggi (batas atas) dan nilai terendah (batas bawah).

### 3.3 Ketelitian (*akurasi*)

Perbedaan maksimum antara penunjukan instrumen dengan harga sebenarnya. Akurasi lebih sering disebut error maksimum.

Ketelitian dibagi menjadi dua, yaitu:

- Ketelitian berdasarkan pembacaan:

$$Ac = \frac{[(V_r - V_a)]}{V_a} \times 100\% \quad (3.19)$$

- Ketelitian berdasarkan skala penuh:

$$Acc = \frac{[(V_r - V_a)]}{V_{fs}} \times 100\% \quad (3.20)$$

Dimana:  $V_r$  = Hasil pengukuran.

$V_a$  = Harga sebenarnya dari besaran yang diukur.

$V_{fs}$  = Batas atas (skala maksimum) instrumen.

$Ac$  = Ketelitian berdasarkan pembacaan.

$Acc$  = Ketelitian berdasarkan skala penuh.

### 3.4 Ketepatan (*precision*)

Kemampuan instrumen dalam menghasilkan atau menunjukkan ulang suatu pembacaan, untuk akurasi tertentu.

$$Kp = \frac{[(V_{rm} - V_{rs})]}{V_a} \times 100\% \quad (3.21)$$

Dimana:  $V_{rs}$  = Harga rata-rata pengukuran.

$V_a$  = Harga sebenarnya dari besaran yang diukur.

$V_{rm}$  = Penunjukan maksimum atau minimum.

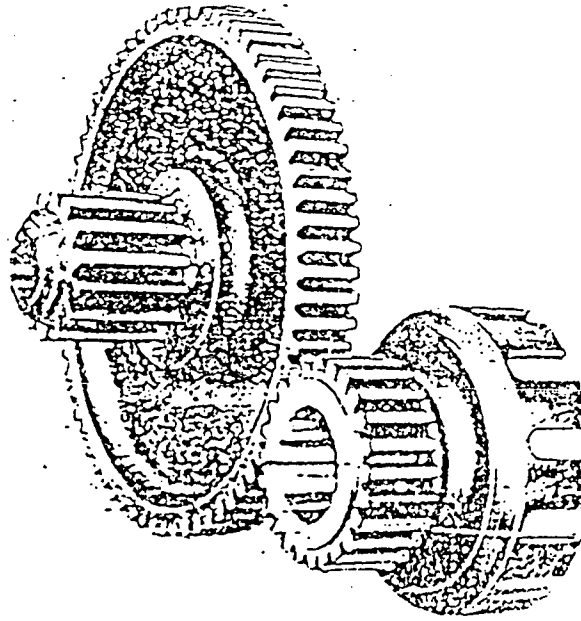
$Kp$  = Ketepatan.

## 4. PERHITUNGAN RODA GIGI

Dalam permesinan kita mengenal berbagai macam cara mentransmisikan daya salah satunya roda gigi. Transmisi dengan menggunakan roda gigi mempunyai keunggulan dibandingkan dengan sabuk atau rantai karena lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya lebih besar. Kelebihan ini tidak selalu menyebabkan dipilihnya roda gigi disamping cara yang lain, karena memerlukan ketelitian yang lebih besar dalam pembuatan, pemasangan maupun pemeliharaannya.

Diantara berbagai macam roda gigi, penulis disini menggunakan roda gigi lurus. Roda gigi lurus dipakai untuk mentransmisikan daya dan gerak pada dua poros yang paralel. Didalam banyak pemakaian roda gigi

penggerak disebut pinion dan yang digerakkan disebut gear. Dan juga roda gigi lurus digunakan pada putaran rendah.



Gambar 3.8

### Roda Gigi Lurus

Angka transmisi roda gigi lurus dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$i = \frac{n_p}{n_g} \quad (3.22)$$

Dimana:  $i$  = Angka transmisi.

$n_g$  = Putaran pada gear.

$n_p$  = Putaran pada pinion.

Diameter roda gigi dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$i = \frac{d_g}{d_p} \quad (3.23)$$

Dimana:  $d_g$  = Diameter gear.

$d_p$  = Diameter pinion.

Rumus jarak antar poros:

$$c = \frac{d_g + d_p}{2} \quad (3.24)$$

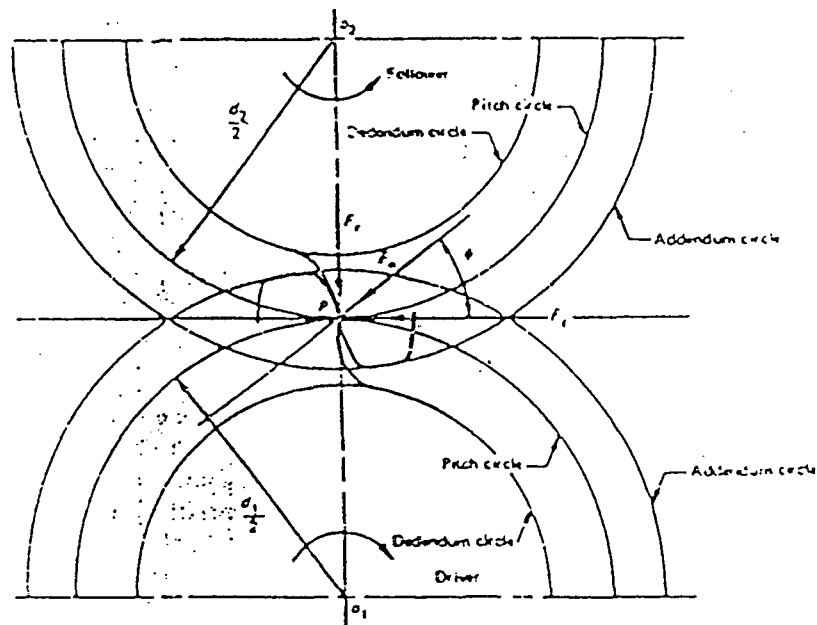
Rumus untuk menentukan jumlah gigi:

$$N_{tp} = P \cdot d_p \quad (3.25)$$

Dimana:  $P$  = Diametral pitch.

$d_p$  = Diameter roda gigi.

Gaya-gaya yang bekerja pada roda gigi dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.9

Gaya Yang Bekerja Pada Roda Gigi

$$F_t = F_n \cdot \cos \Phi \quad (3.26)$$

$$F_r = F_n \cdot \sin \Phi \quad (3.27)$$

$$F_r = F_t \cdot \tan \Phi \quad (3.28)$$

Dimana :  $F_t$  = Gaya tangensial.

$F_r$  = Gaya radial.

$F_n$  = Gaya normal.

$\Phi$  = Sudut kontak.

Rumus untuk menentukan circular pitch:

$$C_p = \frac{\pi \cdot dp}{N_{tp}} \quad (3.29)$$

Dimana:  $C_p$  = Circular pitch.

$dp$  = Diameter roda gigi.

$N_{tp}$  = Jumlah gigi.

Untuk menentukan diameter adendum dan dedendum, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan adendum, dedendum, tinggi gigi, tinggi kontak dan celah gigi dengan rumus sebagai berikut:

- Adendum ( $a$ ) =  $\frac{1}{P}$  (3.30)

- Dedendum ( $d$ ) =  $\frac{1,25}{P}$  (3.31)

- Tinggi gigi ( $h$ ) =  $\frac{2,25}{P}$  (3.32)

- Tinggi kontak ( $q$ ) =  $\frac{2}{P}$  (3.33)

- Celah gigi =  $\frac{0,25}{P}$  (3.34)

$$\text{Diameter adendum} = dp + 2 \cdot a \quad (3.35)$$

$$\text{Diameter dedendum} = dp - 2 \cdot d \quad (3.36)$$

Untuk menentukan tebal gigi digunakan rumus:

$$b \geq \frac{F_t \cdot P}{S \cdot Y}$$

$$b \geq \frac{F_t \cdot P}{\frac{\sigma}{A_k} \cdot Y} \quad (3.37)$$

Dimana:  $F_t$  = Gaya tangensial roda gigi.

$P$  = Diametral pitch.

$\sigma$  = Kekuatan tarik yang diijinkan.

$A_k$  = Angka keamanan.

$Y$  = Value Lewis Form Factor (diambil berdasarkan jumlah gigi dan sudut kontak).

## 5. PERHITUNGAN PEGAS

Pada umumnya pegas spiral dipakai untuk mengurangi getaran-getaran yang disebabkan oleh pukulan-pukulan suatu beban. Selain itu juga bisa dipakai untuk menekan katup-katup yang terdapat pada motor bakar, sesuai dengan tugasnya maka pegas spiral itu harus dibuat dari logam yang mempunyai kekenyalan tinggi.

Untuk perhitungan pegas digunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_p = k \cdot x \quad (3.38)$$

Dimana:  $F_p$  = Gaya pegas.

$k$  = Konstanta pegas.

$x$  = Simpangan pegas.

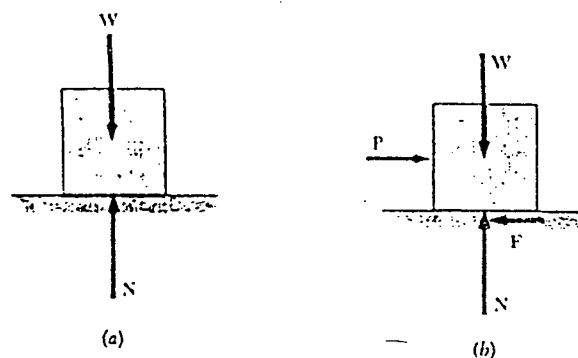
## 6. GESEKAN

### 6.1 Gaya Gesek.

Gaya gesek, diakibatkan karena gesekan yang terjadi antara permukaan-permukaan yang tidak licin sempurna. Arah gaya gesek ini selalu melawan arah gerakan. Tinjau suatu benda  $m$  (Gambar 3.9) ditarik oleh sebuah gaya  $F$ , maka  $F$  harus mampu mengatasi gaya gesek,  $f$ . Bila benda  $m$  sudah dalam keadaan bergerak, maka gaya tarik yang dibutuhkan agar  $m$  tetap bergerak adalah lebih kecil dibandingkan dengan gaya gesek pada keadaan diam.

Dua macam gaya gesek:

1. Gaya gesek kinetik,  $f_k$ : gaya gesek bila benda sedang dalam keadaan bergerak.
2. Gaya gesek statis,  $f_s$ : gaya gesek ketika benda masih dalam keadaan diam.



Gambar 3.10

Gaya Gesek Antara Benda Dan Permukaan Bidang

Secara matematis, gaya gesek kinetis dituliskan sebagai berikut:

$$f_k = \mu_k \cdot N \quad (3.39)$$

Dimana:  $f_k$  = Gaya gesek kinetik.

$\mu_k$  = Koefisien gesek kinetis.

$N$  = Gaya normal.

Secara matematis, gaya gesek statis dituliskan sebagai berikut:

$$f_s \leq \mu_s \cdot N \quad (3.40)$$

Dimana:  $f_s$  = Gaya gesek statis.

$\mu_s$  = Koefisien gesek statis.

$N$  = Gaya normal.