



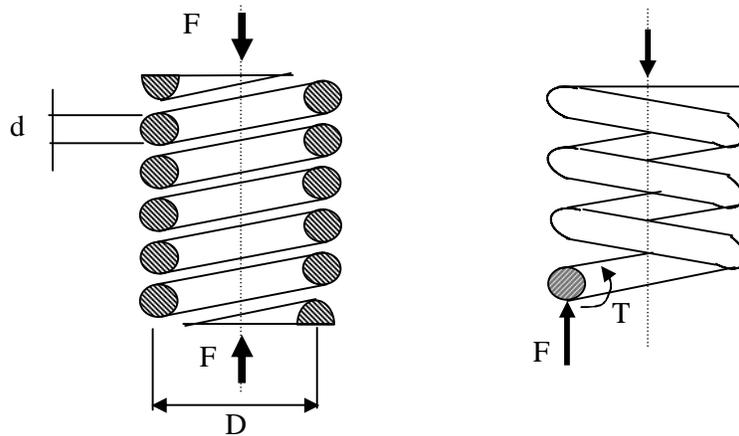
BAB 6

PEGAS MEKANIS

Pegas, adalah suatu elemen mesin yang memperoleh gaya bila diberi perubahan bentuk. Pegas mekanis dipakai pada Mesin untuk mendesak gaya, untuk menyediakan lenturan dan untuk menyimpan atau menyerap energi. Pada umumnya, pegas dapat digolongkan :

- Pegas dawai
- Pegas daun
- Pegas berbentuk khusus

dan setiap golongan ini masih terdiri dari dari beberapa jenis. Pegas dawai mencakup pegas ulir dari kawat bulat atau persegi dan dibuat untuk menahan beban tarik, tekan atau puntir. Dalam pegas daun termasuk jenis yang menganjur (*cantilever*) dan yang berbentuk ellips, pegas daya pemutar motor atau pemutar jam dan pegas daun penahan baut yang biasanya disebut pegas *Belleville*.



Gambar 6.1 (a) Pegas *helical* yang diberi beban aksial (b) Diagram *free body* yang Menunjukkan bahwa kawat mengalami gaya geser langsung dan gaya-gaya torsi.

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa pegas ulir tekan dari kawat bulat yang dibebani dengan gaya aksial F . D dinyatakan sebagai *diameter pegas rata-rata (mean spring diameter)*, dan d adalah *diameter kawat (wire diameter)*. Pada gambar (b) pegas tersebut dipotong pada suatu titik sebagian dari pegas disingkirkan dan pengaruh dari bagian yang disingkirkan diganti oleh gaya dalam. Seperti terlihat pada gambar, bagian yang terpotong tersebut akan mendesakkan suatu gaya geser langsung F dan suatu puntiran T pada bagian pegas tersisa. Dengan menggunakan superposisi, tegangan maksimum dalam kawat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan,

$$\tau_{\max} = \pm \frac{Tr}{J} + \frac{F}{A} \tag{a}$$

dimana Tr / J adalah rumus puntiran, dengan mengganti bagian – bagian dalam persamaan tersebut dengan $T = FD / 2$, $r = d / 2$, $J = \pi d^4 / 32$ dan $A = \pi d^2 / 4$ dan memberikan persamaan :

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2} \tag{b}$$

Tanda positif pada persamaan (a) dipertahankan, dan karenanya persamaan (b) menyatakan tegangan geser pada serat pegas sebelah dalam.

Maka dapat ditetapkan *Indeks Pegas (spring index)* :

$$C = \frac{D}{d}$$

Sebagai suatu ukuran dari kelengkungan gulungan, dengan persamaan ini persamaan (b) dapat diubah menjadi :

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} \left(1 + \frac{0.5}{C} \right)$$

maka
$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C}$$

atau dengan menyatakan :

$$\tau = K_s \frac{8FD}{\pi d^3}$$

dimana K_s disebut sebagai *factor perkalian tegangan geser (shear stress multiplication factor)*. Untuk kebanyakan pegas, C akan berkisar antara 6 sampai 12. Ini memberikan tegangan geser maksimum pada kawat dan tegangan ini terjadi pada serat sebelah dalam dari pegas.

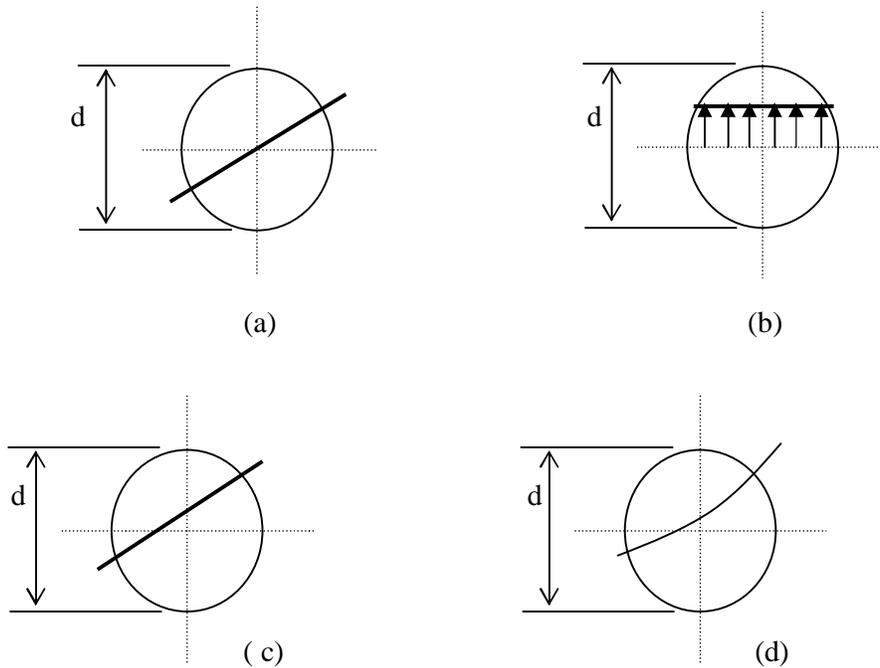
Persamaan lain :
$$\tau = K \frac{8FD}{\pi d^3}$$

Dimana K disebut *factor koreksi Wahl*. Faktor ini mencakup geseran langsung, bersama dengan pengaruh lain terhadap kelengkungan. Seperti pada gambar dibawah ini, kelengkungan dari kawat memperbesar tegangan disebelah dalam dari pegas tetapi mengurangi tegangan hanya sedikit di sebelah luarnya. Harga K bisa didapat dari persamaan :

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C}$$

Dengan menyatakan $K = K_c K_s$, dimana K_c adalah khusus untuk pengaruh kelengkungan didapatkan,

$$K_c = \frac{K}{K_s}$$

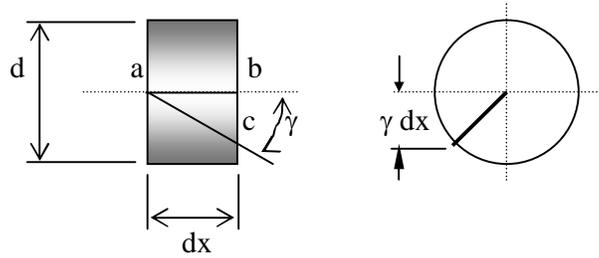


Gambar 6.2 Superposisi tegangan pada suatu pegas ulir

- Keterangan gambar :
- (a). Tegangan puntiran murni
 - (b). Tegangan geser langsung
 - (c). Resultante dari tegangan – tegangan geser langsung dan puntiran
 - (d). Resultante dari tegangan – tegangan geser puntiran dan kelengkungan

6.1. Defleksi pada pegas ulir

Untuk mendapatkan persamaan bagi lenturan (*deflektion*) pada suatu pegas ulir akan diperhatikan suatu elemen dari kawat yang dibentuk oleh dua penampang yang saling berdekatan. Seperti pada gambar 6.3 yang menunjukkan bahwa dengan panjang dx , potongan dari kawat berdiameter d . Pada garis ab pada permukaan kawat yang sejajar dengan sumbu pegas. Setelah deformasi akan berputar sejauh sudut γ dan menempati posisi baru ac .

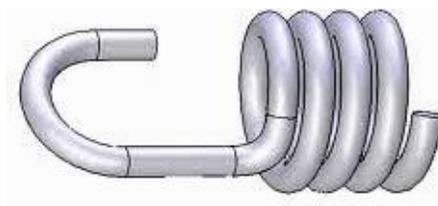


Gambar 6.3 Elemen penampang dari suatu pegas ulir

Dalam *Hukum Hooke* untuk puntiran, didapatkan :

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{8FD}{\pi d^3}$$

6.2 Pegas Tarik



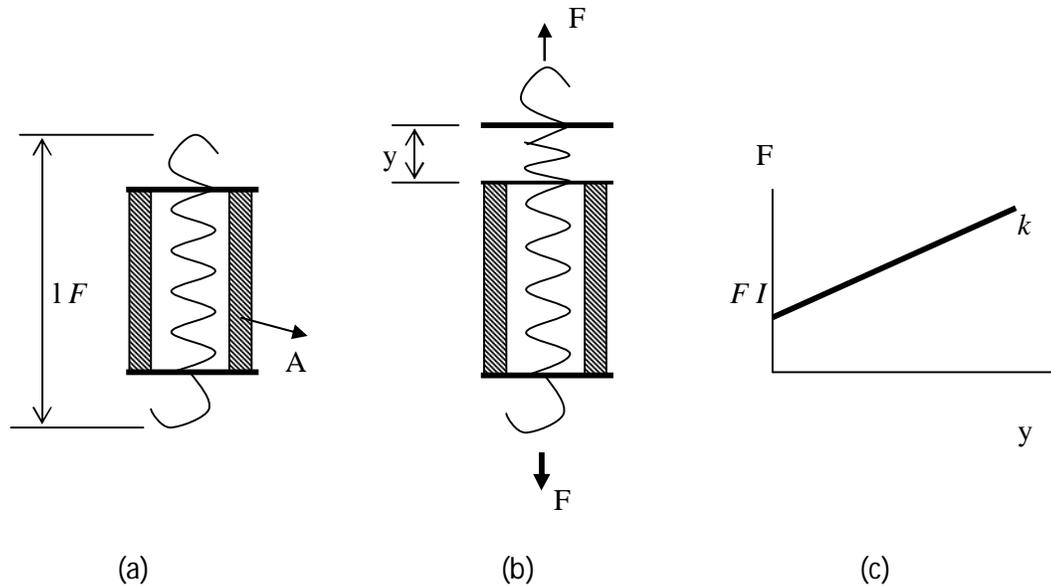
Pada pegas ini harus mempunyai beberapa alat untuk memindahkan beban dari tumpuannya ke badan pegas. Walau dapat dilakukan dengan suatu sumbat berulir atau suatu cantelan berputar.

1. Cantelan yang ditekuk pendek
2. Cantelan yang dinaikan
3. Cantelan yang setengah lingkaran terbuka
4. Cantelan yang ditekuk Penuh

Tarikan awal

Bila pegas tarik di buat dengan gulungan yang menempel satu sama lain, disebut sebagai *gulungan rapat (close wound)*. Tarikan awal dibuat pada proses gulungan dengan memuntirkannya ketika digulungkan pada batang penggulung. Bila pegas telah selesai dibuat

dan dilepas dari batang penggulungan, *tarikan awal akan terkunci didalamnya karena pegas tidak dapat bergerak lebih pendek.*



Keterangan : (a). tanpa gaya luar, pegas menekan blok A dengan gaya awal $1 F$
 (b). pegas memanjang pada jarak y dengan gaya luar F
 (c). hubungan gaya-lenturan

Gambar 6.4 Simulasi dari suatu pegas tarik dengan tarikan awal

Arah dari tegangan–tegangan seperti pada gambar diatas. Pada gambar (a) blok A mesimulasi pengaruh dari gulungan bertingkat tersebut, dan panjang bebas dari pegas adalah panjang $1 F$ tanpa adanya gaya luar F , yang menyebabkan pegas memanjang sejauh sejauh y , tegangan dalam pegas adalah pada *arah yang sama* pada gambar (a) dan (b) dan F harus melebihi gaya tarik awal $F i$ sebelum suatu lenturan y terjadi.

6.3 Pegas Tekan



Suatu pegas dengan *ujung polos (plain ends)* mempunyai suatu gulungan ulir yang tidak terganggu ; ujungnya adalah sama seperti suatu pegas yang panjang yang dipotong –potong menjadi beberapa bagian. Pegas dengan ujung yang polos yang *bersegi atau dirapatkan* didapat dengan merubah bentuk ujungnya kesuatu sudut ulir nol derajat.

Jenis ujung yang dipakai menghasilkan gulungan –gulungan yang *mati* atau *tak aktif* pada setiap ujung pegas tersebut dan ini harus dikurangi dari jumlah gulungan total untuk mendapatkan jumlah gulungan yang aktif. Rumusnya adalah :

$$N = N T - N D$$

dimana : N = jumlah gulungan yang aktif

$N T$ = jumlah gulungan total

$N D$ = jumlah gulungan yang tak aktif

6.4. Bahan Pegas

Pegas dibuat melalui proses kerja panas ataupun dingin, tergantung pada :

- Ukuran dari bahan
- Indeks pegas
- Sifat-sifat yang diinginkan.

Pada umumnya, kawat yang diberi perkerasan awal dipakai kalau $D / d < 4$ atau kalau $d > \frac{1}{4}$ in. Penggulungan pegas menimbulkan tegangan-tegangan sisa melalui lenturan. Sejumlah variasi dari bahan pegas termasuk :

- Baja karbon biasa
- Baja campuran
- Baja tahan karat

Bahan Non ferro seperti :

- Perunggu
- Phosphor
- Kuningan pegas
- Tembaga Beryllium dan berbagai campuran Nikel.

6.5. Perencanaan pegas ulir dengan beban statis

Persyaratan untuk suatu pegas Ulir adalah :

- a. Kekuatan menerima suatu beban/gaya
- b. Kekakuan
- c. Biaya dan jumlah yang diinginkan
- d. Kondisi lingkungan, seperti suhu dan udara yang korosif
- e. Harga gaya-gaya dan lendutan yang bekerja
- f. Ruang ke dalam mana pegas harus dipasang dan bekerja
- g. Teloransi dan variasi yang diizinkan dalam spesifikasi

Pegas Ulir Tarik :

Pegas ulir yang dapat mengalami beban tarik, dan prinsipnya sama dengan pegas tekan.

- Pegas tarik tidak mempunyai kemampuan untuk mencegah terjadinya *Overload*.
- Pada pegas tekan, meskipun sudah rusak / patah masih dapat menahan gaya, tidak seperti pada pegas tarik.

Perencanaan Pegas

Mula-mula yang harus diketahui adalah besarnya beban pegas. Keadaan lain yang perlu diketahui berhubung dengan pemakaiannya adalah :

- Besar lendutan yang diizinkan
- Besar energi yang akan diserap
- Besar ruangan yang dapat disediakan
- Kekerasan pegas akan dibuat tetap atau bertambah dengan membesarnya beban
- Bagaimana cara beban, berat sedang atau ringan dan dengan kejutan atau tidak
- Bagaimana lingkungan kerjanya ; korosif atau temperatur tinggi dll

Beberapa pegas mempunyai lendutan yang besarnya sebanding dengan beban. Dalam hal ini jika δ (mm) adalah lendutan yang terjadi pada beban W_1 (kg), maka terdapat hubungan :

$$W_1 = k \cdot \delta$$

Dimana k adalah konstanta pegas (kg/mm).

Kekuatan pegas ditentukan oleh besarnya tegangan geser atau tegangan lentur, sedangkan kekakuannya ditentukan oleh *Modulus Elastisitas* E (kg/mm²) atau *Modulus Gesernya* G (kg/mm²). Bila tarikan atau kompresi bekerja pada pegas ulir, besarnya momen punter T (kg/mm) adalah tetap untuk seluruh penampang kawat yang bekerja.

Untuk diameter lilitan rata-rata (diukur pada sumbu kawat) D (mm), besar momen puntir tersebut adalah :

$$T = (D/2) \cdot W_1$$

Jika diameter kawat adalah d (mm), maka besarnya momen tahanan puntir kawat adalah :

$$Z_p = \frac{\pi}{16} \cdot d^3 \quad \text{dan tegangan gesernya ;}$$

τ (kg/mm²) dapat dihitung dari ;

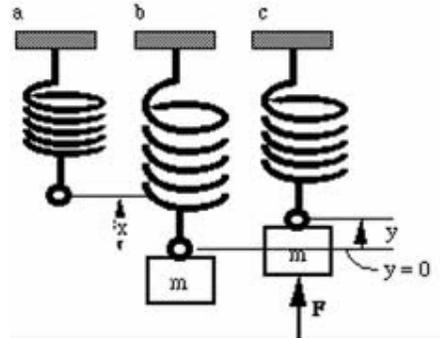
$$\tau = \frac{T}{Z_p} = \frac{16}{\pi \cdot d^3} \times \frac{D \cdot W_1}{2}$$

Tegangan maksimal yang terjadi dipermukaan dalam lilitan pegas ulir adalah :

$$\tau = k \cdot \frac{8 \cdot D \cdot W_1}{\pi \cdot d^3} = k \cdot \frac{8}{\pi} \cdot \left(\frac{D}{d}\right) \cdot \frac{W_1}{d^2} \quad W_1 = \frac{\pi \cdot \tau \cdot d^3}{8 \cdot k D}$$

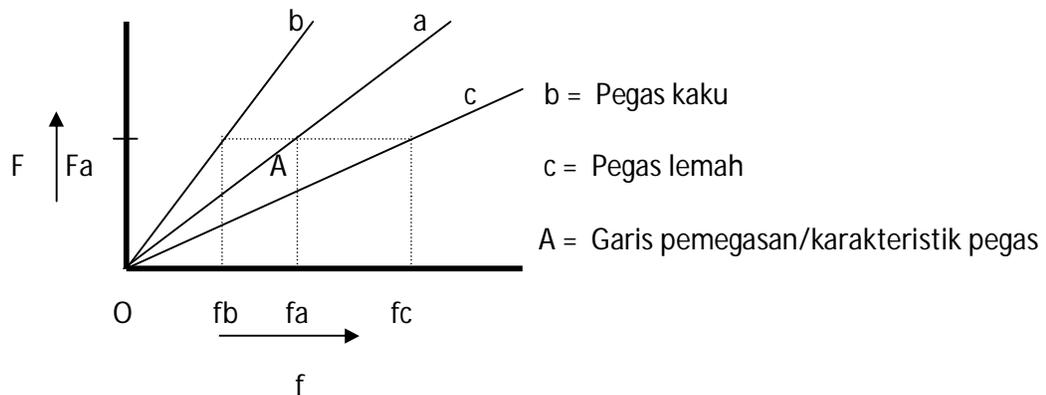
6.6. Sifat Pegas

Sifat pegas yang terpenting adalah : Kemampuan menerima kerja lewat perubahan bentuk elastic dan ketika mengendur, mengerahkan kembali kerja tersebut, yang disebut dengan sifat pegas.



Gambar 6.5 Kerja dan sifat pegas

Pada bahan yang biasa digunakan untuk pegas, gaya F dalam daerah elastic sepadan dengan perpindahan F titik tangkap gaya. Hal ini ditunjukkan pada *diagram pegas* dibawah ini :



Gambar 6.6 Diagram pegas

Garis A dalam diagram pegas adalah garis pemegasan atau karakteristik pegas pada sebuah pegas. Garis B adalah karakteristik pegas sebuah pegas yang lebih kaku dan garis C adalah garis sebuah pegas yang lebih lemah, karena $fb < fa$ dan $fc > fa$. Perbandingan tetap antara gaya dan perpindahan F / f disebut dengan tetapan pegas C ,

$$C = \frac{F}{f}$$

Luas yang terletak antara garis A dan sumbu mendatar merupakan kerja yang terhimpun dalam pegas yang ditegangkan.

Pegas dapat berfungsi sebagai :

- Pelunak tumbukan atau kejutan, seperti pada pegas kendaraan
- Sebagai penyimpan energi seperti pada jam
- Untuk mengukur seperti pada timbangan
- Sebagai penegang atau penjepit
- Sebagai pembagi rata tekanan

Alat pencegah dan peredam getaran

Disamping pegas logam ada juga alat yang digunakan untuk mencegah dan meredam getaran. Ada beberapa jenis gabungan antara pegas logam dengan alat ini yang dapat meredam getaran yang sangat baik, seperti :

1. Pegas Karet : - Mempunyai sifat menyerap getaran
 - Amplitudo kecil kerana elastisitasnya yang sangat besar
 - Tidak cenderung untuk memperbesar getaran

Keuntungan	Kelemahan
Mencegah penerusan getaran dan bunyi dari sumbernya.	<ul style="list-style-type: none">▪ Menjadi lapuk dalam waktu yang relatif pendek jika dibandingkan dengan logam.▪ Kurang tahan terhadap minyak, asam dan panas.

2. Pegas Udara. : Memanfaatkan sifat kompresibilitas udara yang dikurung dalam suatu *bellows*. Pegas ini umumnya dipakai pada kendaraan karena dapat menyerap getaran.

Bellows : Bahan yang ber dinding tipis dan bergelombang seperti harmonica, sehingga mudah mengembang atau mengempis menurut tekanan didalamnya.



Bellows-large-foot-pump



Metallic-Bellows



Bellows Camera

Gambar 6.7 Jenis-jenis *bellows*

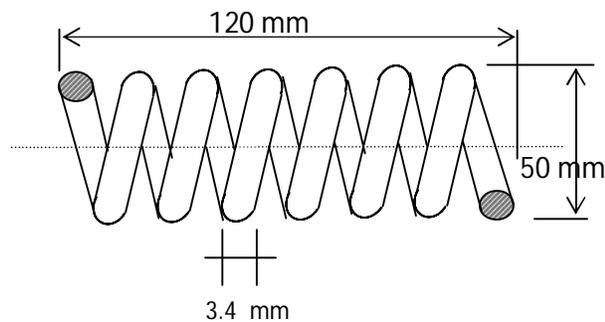
6.7 Nilai Pegas

Elastisitas, adalah sifat suatu bahan yang memungkinkan ia kembali ke bentuknya semula setelah mengalami perubahan bentuk. Gambar 6.6 menunjukkan sebuah gelagar lurus dengan panjang l yang ditumpu secara sederhana pada ujung-ujungnya dan diberi beban gaya melintang F . Besar defleksi y mempunyai hubungan yang linear dengan gaya, sejauh batas elastis bahan itu tidak dilampaui, seperti terlihat pada grafik gelagar ini disebut sebagai suatu *pegas linear*.

Dalam gambar sebuah gelagar lurus ditumpu oleh dua silinder sedemikian rupa sehingga jarak antara dua titik tumpuan akan berkurang sementara gelagar melendut akibat gaya F . Gaya yang lebih besar diperlukan untuk melendutkan gelagar yang lebih pendek dan karena itu, makin besar gelagar didefleksikan ia semakin kaku. Juga, gaya tidak berhubungan secara linear dengan defleksi, dan karena itu gelagar ini disebut sebagai *pegas yang mengeras secara non-linear*.

Soal :

1. Pegas ulir tekan seperti pada gambar, terbuat dari baja kawat pegas yang mempunyai kekuatan mengalah puntir sebesar 640 MPa.
 - a. Carilah nilai pegas tersebut
 - b. Berapa gaya yang diperlukan untuk merapatkan pegas ke tinggi padatnya.
 - c. Setelah pegas rapat sampai tinggi padatnya dan gaya tekan tersebut dilepas, apakah pegas ini akan kembali ke panjang bebasnya yang semula.



2. Sebuah pegas ulir tekan terbuat dari senar musik No. 16 (0.037). Diamater luar pegas adalah 7/16 in. Ujungnya diratakan dan mempunyai 12 ½ gulungan total.
 - a. Taksirlah kekuatan menyerah puntiran dari senar tersebut
 - b. Carilah beban statis maksimum sesuai dengan kekuatan menyerah.
 - c. Berapa skala dari pegas tersebut.
 - d. Berapa lendutan yang terjadi karena beban pada point b
 - e. Hitung tinggi padat dari pegas.

3. Sebuah pegas puntir seperti gambar dibawah ini, terbuat dari senar musik 0.070 in dan mempunyai $4 \frac{1}{4}$ gulungan total.
- Carilah daya putar operasi maksimum dan perputaran sudut.
 - Hitunglah diameter dalam sesuai dengan hasil yang didapat di (a)
 - Carilah daya putar operasi maksimum dan perputaran sudut untuk umur operasi dalam jumlah siklus yang tak terhingga.

