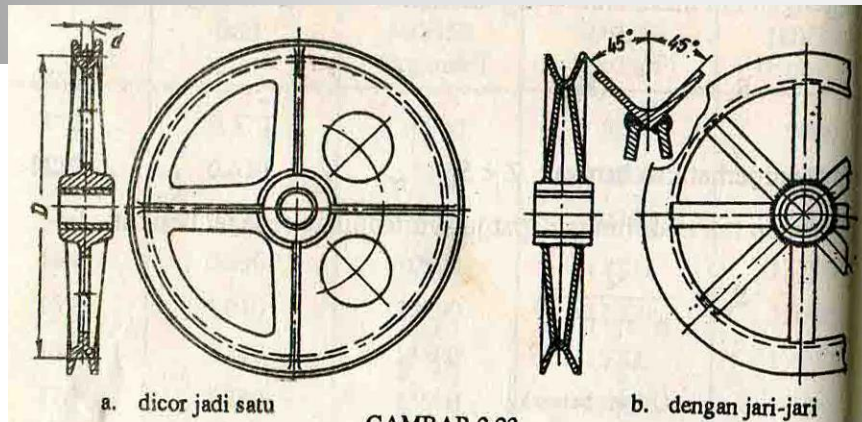


# BAHAN KULIAH KONSTRUKSI & PERANCANGAN, MINGGU III

## Puli (sheave)

Puli (disebut juga kerek atau katrol) yaitu cakra (disc) yang dilengkapi dengan tali (rope), yang merupakan satu keping bundar, terbuat dari logam, maupun bukan logam, misalnya besi tuang, kayu, atau plastik. Pinggiran cakra diberi alur (groove), seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Puli ada dua macam, yaitu puli tetap (fixed pulley) dan puli bergerak (moveable pulley)

- Puli tetap terdiri dari sebuah cakra dan sebuah tali yang dilingkarkan pada alur di bagian atasnya dan pada ujungnya digantungi beban.
- Puli bergerak terdiri dari cakra dan poros yang bebas. Tali dilingkarkan dalam alur di bagian bawah. Salah satu ujung tali diikatkan tetap dan ujung lainnya ditahan atau ditarik pada waktu pengangkatan.

Diameter cakra :  $D \geq 10d$

Atau diameter minimum dari cakra :  $D \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d$

$e_1$  dan  $e_2$  adalah suatu faktor seperti pada tabel dibawah ini :

**TABEL 2.19.: Harga minimum yang diizinkan untuk faktor keamanan K dan faktor  $e_1$**

Jenis jentera pengangkat	Penggerak	Kondisi kerja	Faktor K	Faktor $e_1$
I. Kran-kran pilar; mobil, traktor, traktor rantai, ekskavator dan lain-lain dan kran-kran konstruksi	tangan	ringan	4	16
	daya	ringan	5	16
	daya	sedang	5.5	18
	daya	berat dan sangat berat	6	20
II. Semua jenis kran dan mekanisme pengangkat	tangan	ringan	4.5	18
	daya	ringan	5	20
	daya	sedang	5.5	25
	daya	berat dan sangat berat	6	30
III. Lir -tangan dengan kapasitas angkat s/d 1 ton terpasang pada mobil dan lain-lain.	—	—	4	12
IV. Troli pengangkat	—	—	5.5	20
V. Mekanisme clampshell untuk jenis pengangkat tipe I	—	—	5	20
VI. Sda untuk jenis pengangkat tipe II	—	—	5	30

**TABEL 2.20.: Harga faktor  $e_2$  tergantung pada konstruksi tali**

Konstruksi tali	Faktor $e_2$
Ordinary 6 x 19 = 114 + 1 core:	
cross laid .....	1.00
parallel laid .....	0.90
Compound 6 x 19 = 114 + 1 core:	
a) Warrington:	
cross laid .....	0.90
parraled laid .....	0.85
b) Seale:	
cross laid .....	0.95
parallel laid .....	0.85
Ordinary 6 x 37 = 222 + 1 core:	
cross laid .....	1.00
parallel laid .....	0.90

## Drum (Tromol)

Drum pada operasi pengangkatan dipergunakan untuk penggulung rantai atau tali. Perbedaannya adalah pada sarang rantai (pocket chain) untuk drum rantai (chain drum) dan alur tali (groove) untuk drum tali (rope drum).

### A. Drum rantai (chain drum)

drum rantai dipergunakan untuk keperluan operasional dari kran-kran putar yang digerakkan oleh tangan dengan kapasitas angkat sampai 5 ton. Dengan memperhitungkan gesekan maka efisiensi drum adalah :

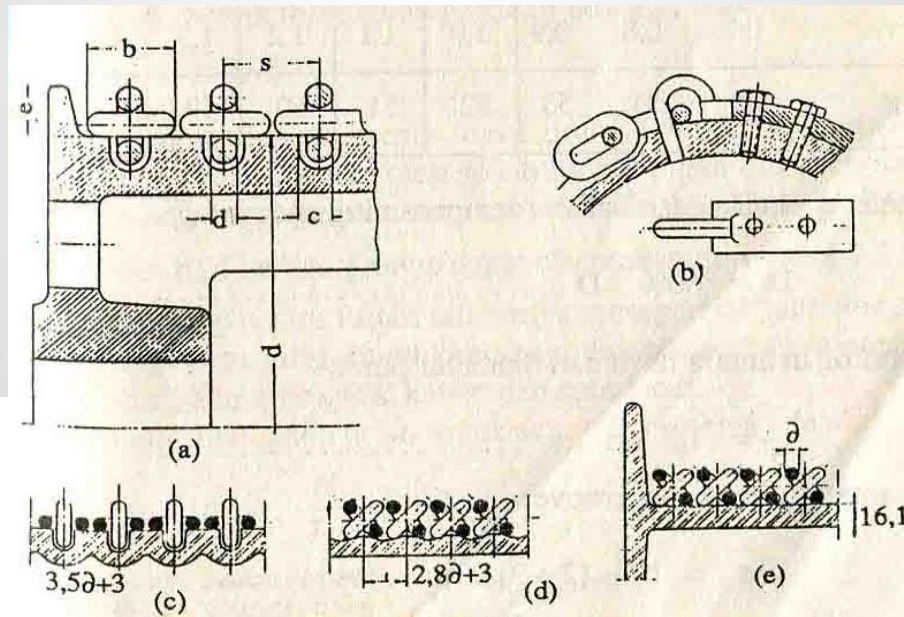
$$\eta = 0,94 - 0,96$$

Bahan drum adalah besi tuang, dengan diameter minimum :

$$D > 20d$$

d = diameter bar rantai skalm (mm)

Drum untuk rantai skalm seperti gambar dibawah ini, dilengkapi dengan sarang rantai dengan ulir miring untuk memandu rantai untuk digulung



GAMBAR 2.26  
*Drum rantai*

## Drum tali (rope drum)

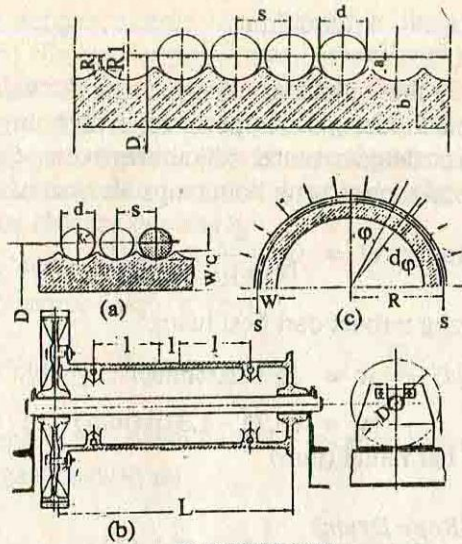
Drum untuk tali baja dibuat dari yang licin dengan flens yang tinggi untuk memungkinkan menggulung tali dalam beberapa gulungan :

Diameter drum :  $D > 10 d$

Drum tali baja terbuat dari bahan besi tuang, jarang sekali dari baja tuang. Dengan memperhitungkan gesekan bearing maka :

$$\eta = \pm 0,95$$

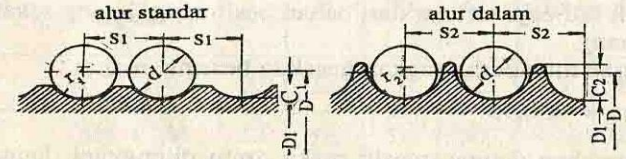
Drum dengan yang digerakkan mesin dilengkapi dengan alur spiral (helical groove), maka oleh sebab itu gulungan tali akan merata dan dapat mengurangi gesekan seperti gbr. Di bawah ini, dan ukuran dari helical groove pada tabel di bawah ini :



GAMBAR 2.27.

Alur miring (helical groove) pada drum.

TABEL 2.23.: Ukuran alur drum (mm)



Diameter tali	r <sub>1</sub>	Alur standar		Alur dalam			Diameter tali	r <sub>1</sub>	Alur standar		Alur dalam		
		S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	S <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	r <sub>2</sub>			S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>
4.8	3.5	7	2	9	4.5	1.0	19.5	11.5	22	5	27	13.5	2.0
6.2	4.0	8	2	11	5.5	1.5	24.0	13.5	27	6	31	10.0	2.5
8.7	5.0	11	3	13	6.5	1.5	28.0	15.5	31	8	36	18.0	12.5
11.0	7.0	13	3	17	8.5	1.5	34.5	19.0	38	10	41	22.0	3.0
13.0	8.0	15	4	19	9.5	1.5	39.0	21.0	42	12	50	24.5	3.5
15.0	9.0	17	5	22	11.0	2.0							

Drum dengan satu lilitan tali hanya mempunyai satu alur spiral kanan, drum yang diuntukkan bagi dua bagian tali mempunyai dua jenis alur yaitu alur spiral kanan dan spiral kiri. Jumlah lilitan pada drum untuk satu tali suspensi adalah :

$$n = \frac{H \cdot i}{\pi D} + 2$$

- i = sistem suspensi
- D = diameter drum
- H = tinggi angkatan

Ukuran dari drum dapat ditentukan dengan memakai tabel diatas :

Panjang alur spiral (helical groove)

$$l = n.s$$

$l$  = panjang alur spiral  
 $n$  = jumlah lilitan  
 $s$  = jarak antara (pitch)

Panjang drum seluruhnya (drum tunggal) dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$L = \left( \frac{H.i}{\pi D} + 7 \right) . s$$

## 5. PERHITUNGAN DAYA TAHAN (KEKUATAN BATAS KELELAHAN) TALI KAWAT BAJA DENGAN METODE PROFESOR ZHITKOV

Metode perhitungan daya tahan tali kawat yang dijelaskan berikut dihasilkan oleh penelitian bertahun-tahun yang dilakukan di *hammer* dan *sickle works*. berbagai konstruksi tali yang berdiameter dari 3 mm sampai 28 mm diuji dengan tiga unit mesin khusus untuk menentukan metalurgi, produksi, desain dan operasi yang mempengaruhi kekuatan tali.

Pada tahap pertama, karakteristik umur tali dikumpulkan dari semua pengujian dalam bentuk grafik yang menghasilkan hubungan sebagai berikut :

$$z = f_1(\sigma) \text{ dan}$$

$$z = f_2\left(\frac{D}{d}\right)$$

Data ini kemudian dipakai untuk menggambarkan suatu diagram yang menunjukkan hubungan :

$$\sigma = f_3\left(\frac{D}{d}\right)$$

dengan berbagai jumlah lengkungan tali dan untuk mendapatkan secara matematis rumus desain:

$$A = \frac{D}{d} = m\sigma C C_1 C_2$$

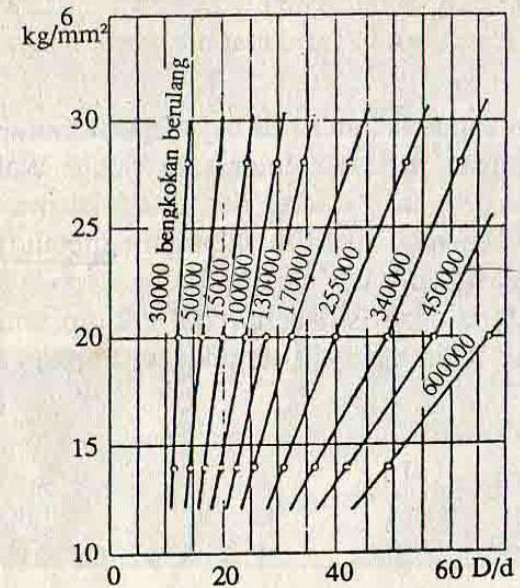
$A = \frac{D}{d}$  = perbandingan antara diameter drum atau cakra dan diameter tali

m = faktor yang tergantung kepada jumlah dari bengkokan yang berulang z dari selama periode keausannya sampai dia menjadi lemah

$\sigma$  = tegangan tarik yang sebenarnya (true tensile stress) pada tali, kg/mm<sup>2</sup>  
Tabel 2.26

$C_1$  = faktor yang tergantung pada diameter tali, Tabel 2.27.

$C_2$  = faktor yang ditentukan dengan penambahan faktor-faktor produksi dan operasi, Tabel 2.28 s/d 2.30.



GAMBAR 2.46

Diagram penentuan NB

TABEL 2.25.: Harga-harga faktor  $m$  tergantung pada jumlah pembengkokan tali selama periode pemakaiannya

z dalam ribuan m	30 0.26	50 0.41	70 0.56	90 0.70	110 0.83	130 0.95	150 1.07		
z dalam ribuan m	170 1.18	190 1.29	210 1.40	230 1.50	255 1.62	280 1.74	310 1.87	340 2.00	
z dalam ribuan m	370 2.12	410 2.27	450 2.42	500 2.60	550 2.77	600 2.94	650 3.10	700 3.17	

TABEL 2.27.: Harga-harga faktor  $C_1$  tergantung pada diameter tali

Diameter tali	up to 5	5.5-8	8.5-10	11-14	15-17.5	18-19	19.5-24	25.28	30.34.5	37.-43.5
$C_1$	0.83	0.85	0.89	0.93	0.97	1.00	1.04	1.09	1.16	1.24

TABEL 2.26.: Harga-harga Faktor  $\hat{C}$  (tergantung pada konstruksi tali)

$\sigma_b$ kg/mm <sup>2</sup>	Konstruksi tali									
	6 x 7 = 42 + 1c		6 x 19 = 114 + 1C						6x37=222+1c	
	cross laid	parallel laid	Ordinary		Warrington		Seale		cross laid	parallel laid
130	1.31	1.13	1.08	0.91	0.69	0.61	0.81	0.69	1.12	0.99
160	1.22	1.04	1.00	0.83	0.63	0.54	0.75	0.62	1.06	0.93
180	1.16	0.98	0.95	0.78	0.59	0.50	0.70	0.57	1.02	0.89

TABEL 2.28.: Harga-harga faktor  $C_2$  tergantung pada bahan wayar tali

Bahan wayar tali	$C_2$
Baja karbon: 0.55% C; 0.57% Mn; 0.25% Si; 0.09% Ni; 0.08% Cr; 0.02% S dan 0.02% P .....	1
Baja karbon : 0.70% C; 0.61% Mn; 0.09% Si; 0.021% S dan 0.028% P .....	0.9
Chromium pearlitic baja: 0.40% C; 0.52% Mn; 0.25% Si; 0.2% Ni; 1.1% Cr; 0.025% S dan 0.025% P .....	1.37
Baja stainless: 0.09% C; 0.35% Mn; 0.3% Si; 8.7% Ni; 17.4% Cr; 0.02% S dan 0.02 P .....	0.67
Ordinary open-hearth steel .....	1
Open-hearth steel smelted of charcoal pig iron and clean scrap .....	0.63
Wire made from the whole ingot .....	1
Wire made from the ingot middle zone .....	0.92

TABEL 2.29.: Faktor  $C_2$  tergantung pada proses pembuatan

Operasi	Perlakuan		$C_2$	
Tarik	Helaan pertarikan — 25% .....		0	
	Helaan pertarikan — 10% .....			
	Permukaan	biasa .....		
dipoles .....				
Proses perlakuan panas	Dipaten dalam bak timah putih .....		1	
	Penormalan .....			
	Pengerasan dengan udara .....			
	Pernijaran .....			
Pintalan dalam tali	Jarak puncak perletakan wayar dalam pintalan			
		Perletakan I	Perletakan II	
	1.8 <i>d</i> tali	10.2 <i>d</i> pintalan	12.1 <i>d</i> pintalan	1
	6.7 <i>d</i> tali	10.2 <i>d</i> pintalan	12.1 <i>d</i> pintalan	1.13
	8.8 <i>d</i> tali	10.2 <i>d</i> pintalan	12.1 <i>d</i> pintalan	1.06
	8.8 <i>d</i> tali	12.0 <i>d</i> pintalan	14.0 <i>d</i> pintalan	0.91
	6.7 <i>d</i> tali	8.3 <i>d</i> pintalan	7.9 <i>d</i> pintalan	1.18
	6.9 <i>d</i> tali	25.0 <i>d</i> pintalan	6.9 <i>d</i> pintalan	0.72
Proses pemintalan	Satu inti pintalan	Dilumur dengan gemuk	Serat .....	1
			Katun .....	1.11
			Manila .....	0.82
			Sisal .....	0.8
			Baja .....	1.36
Proses pemintalan	Satu inti pintalan	Tidak dilumur dengan gemuk	Serat .....	1.15
			Katun .....	11.46
			Manila .....	1.0
			Sisal .....	0.82
			Baja .....	1.36
Proses pemintalan	Tiga inti pintalan	Dilumur dengan gemuk	Serat .....	1.06
			Sisal .....	0.74
Pemrosesan tambahan		Pelurusan wayar dan tali .....		0.89
			Peregangan awal tali .....	0.93

TABEL 2.30.: Faktor  $C_2$  tergantung pada faktor operasional

Faktor-faktor operasional	Indices	$C_2$
Bahan puli	Besi tuang .....	1
	Duralumin .....	0.92
	Susunan berlapis .....	0.80
Jari-jari alur puli	0.52 $d$ tali .....	1
	0.75 $d$ tali .....	1.16
	$R = \infty$ .....	1.27
	40° V-groove .....	1.26
Sifat pembengkokan tali	Bengkokan tunggal .....	1
	Bengkokan ganda .....	1.4
Sudut kontak tali pada puli	180 .....	1
	90 .....	1.14
	45 .....	1.27
Sudut defleksi tali relatif terhadap suatu bidang normal pada sumbu puli/drum	-0° .....	1
	1°30' .....	1.09
	3° .....	1.16
	5° .....	1.22
	+20° C .....	1
	0° C .....	0.9
suhu kerja	-20° C .....	0.83

TABEL 2.31.: Harga-harga dari  $a$ ,  $Z_2$ , dan  $\beta$

Kondisi operasi dari mekanisme pengangkat	Operasi harian (i)	Hari kerja/bulan	Jumlah rata-rata siklus kerja per hari	$a$	Mode suspensi	$Z_2$	Tinggi angkat (m) per siklus maksimum (tanpa) dan $l = 2$ (m)	$\beta$		
Manual	8	25	16	400	Suspensi sederhana	2	—	0.7		
Penggerak mesin	Kerja ringan	8	25	40	1.000	Suspensi dengan cakra bebas	4	2	0.5	
										Kerja sedang
	Kerja berat dan sangat berat	24	30	320	9.600	2 x 3	5	3	0.3	
						2 x 4	7	4	0.25	
2 x 5	9	5	0.2							

- Bila kita mengetahui kondisi operasi mekanisme pengangkat, dan telah menentukan umur tali, kita dapat menentukan jumlah lengkungan yang diperbolehkan  $z_1$  dengan rumus :

$$z_1 = a z_2 N \beta$$

dengan :

$N$  = umur tali dalam bulan

$a$  = jumlah siklus kerja rata-rata per bulan

$z_2$  = jumlah lengkungan berulang per siklus kerja (mengangkat dan menurunkan) pada tinggi pengangkatan penuh dan lengkungan satu sisi.

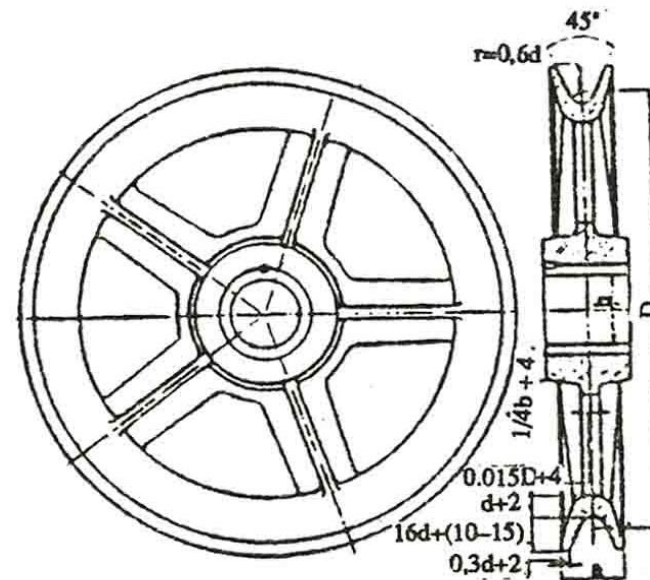
$\beta$  = faktor perubahan daya tahan tali akibat mengangkut muatan lebih rendah dari tinggi total dan lebih ringan dari muatan penuh

harga-harga  $a$ ,  $z_2$ , dan  $\beta$ , diberikan dalam tabel 31.

## PULI DAN SISTEM PULI

### 1. Cakra (Sheave)

Cakra (*sheave*) merupakan suatu keping yang bundar yang disebut juga discus atau disc, terbuat dari logam maupun bukan logam, misalnya besi tuang, kayu, ataupun plastik. Pinggiran cakra tersebut diberi beralur (*groove*) gunanya untuk laluan tali (*rope*) seperti terlihat pada Gambar 3.1.



GAMBAR 3.1.

*Cakra*

Jari-jari alur dapat diestimasi sama dengan  $0,6d$  dan sudut alur besarnya  $45^\circ$  s/d  $60^\circ$ . Sedang diameter sheave (cakra) untuk:

- pemakaian hemp rope (manila henep):  $D = 10d$ .
- pemakaian wire rope (tali baja):  $D > e_1 e_2 d \dots\dots\dots 3.1$

$D$  = diameter cakra atau tromol (drum), mm

$d$  = diameter tali, mm

$e_1$  = faktor yang tergantung pada tipe pesawat pengangkat dan kondisi perawatannya.

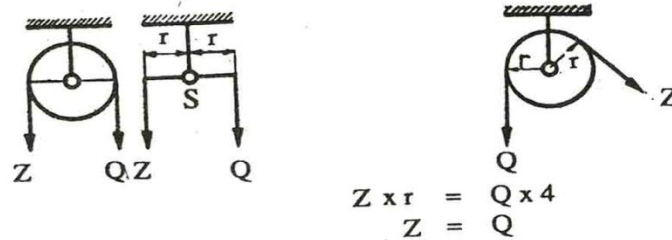
$e_2$  = faktor yang tergantung kepada tipe tali.

## 2. Puli (Tackle)

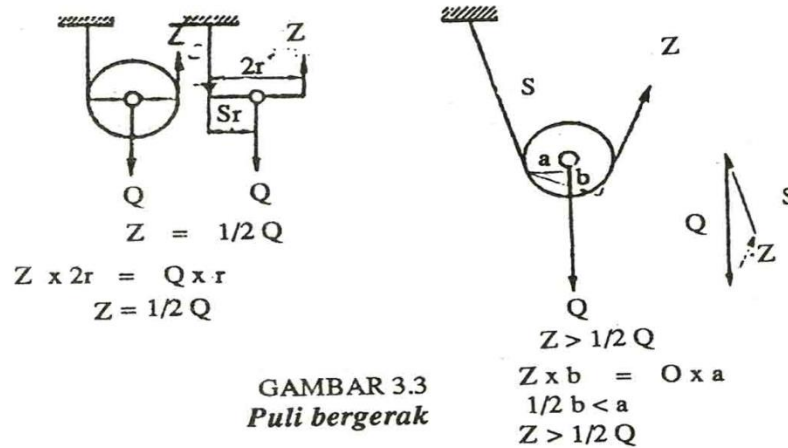
Puli disebut juga kerek atau katrol yaitu cakra yang dilengkapi dengan tali atau rantai. Puli ada dua macam yaitu:

- puli tetap (*fixed pulley*)
- puli bergerak (*movable pulley*).

Kedua jenis puli tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.



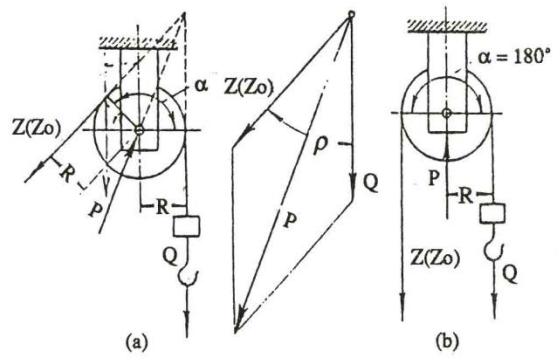
GAMBAR 3.2  
*Puli tetap*



GAMBAR 3.3  
*Puli bergerak*

### a. Puli Tetap

Puli tetap terdiri dari sebuah cakra dan seutas tali atau rantai yang dilingkarkan pada alur (groove) di bagian atasnya yang salah-satu ujungnya digantungi dengan beban Q sedang ujung yang lain ditahan atau ditarik ke bawah sehingga dengan demikian beban Q terangkat ke atas, seperti terlihat dalam Gambar 3.4.



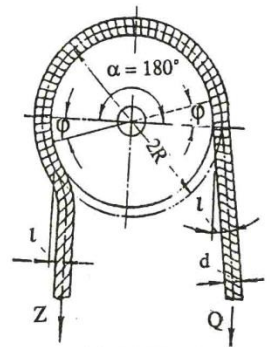
GAMBAR 3.4  
Sistem pembebanan pada puli tetap

$Z_o$  adalah gaya pengangkat pada keadaan tanpa kerugian gesekan (*friction losses*).

Jalan dari gaya tarik ( $Z_o$ ) sama dengan tinggi pengangkatan  $h$ . Dengan mengabaikan tahanan pada puli, gaya tarik:

$$Z_o = Q \dots\dots\dots 3.2$$

Dalam kenyataannya  $Z > Q$   
Ini disebabkan karena adanya tahanan pada puli, yaitu tahanan dari bagian yang fleksibel dari tali terhadap lengkungan dan tahanan gesekan pada bearing. Kenyataan menunjukkan bahwa karena pengaruh kekakuan maka tali tidak dapat mengikuti setengah lingkaran puli dengan sempurna, seperti terlihat dalam Gambar 3.5. Lengan  $Q$  bertam-



GAMBAR 3.5  
Perletakan tali pada puli

bah panjang, misalnya sama dengan e, sedangkan lengan Z berkurang, misalnya sama dengan e juga, maka dapat dibuat persamaan seperti berikut:

$$Z (R \cos \varphi - e) = Q (R \cos \varphi + e) \dots\dots\dots 3.3$$

$$\frac{Z}{Q} = \frac{1 + \frac{e}{R \cos \varphi}}{1 - \frac{e}{R \cos \varphi}} \dots\dots\dots 3.4$$

Dengan mengabaikan hasil pembagian yang terlalu kecil yaitu harga sebesar:

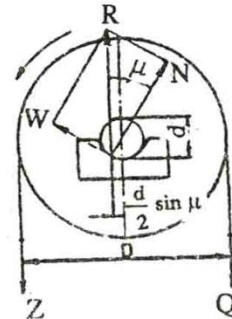
$$2 X \left( \frac{e}{R \cos \varphi} \right) \text{ disamakan dengan Nol} \dots\dots\dots 3.5$$

Maka diperoleh harga:

$$Z \sim Q \left( 1 + \frac{2e}{R \cos \varphi} \right) \dots\dots\dots 3.6$$

Rumus di atas memberikan perbandingan antara Z dan Q akibat adanya kekakuan tali.

Bearing juga memberikan tahanan gesekan pada waktu mengangkat dan menurunkan beban, waktu mengangkat memberikan perlawanan sedang waktu menurunkan beban memberikan tahanan yang berfungsi sebagai rem, seperti terlihat dalam Gambar 3.6.



GAMBAR 3.6  
*Tahanan bearing*

Dari gambar di atas dapat diturunkan persamaan berikut ini:

$$Z (D/2 - d/2 \sin \mu) = Q (D/2 + d/2 \sin \mu)$$

Jadi: 
$$Z/Q = \frac{D/2 + d/2 \sin \mu}{D/2 - d/2 \sin \mu} \dots\dots\dots$$

$$Z = Q \left( 1 + \frac{2e}{R \cos \phi} + d'/R \tan \mu \right)$$

Harga:  $\epsilon = \frac{Z}{Q}$  disebut faktor tahanan puli ... **(3.18.a)**

Jadi faktor tahanan puli:

$$\epsilon = 1 + 2e/R \cos \phi + d'/R \tan \mu$$

Efisiensi dari puli:

$$\eta = 1/\epsilon \dots\dots\dots$$

$$\eta = 1/(1 + 2e/R \cos \phi + d'/R \tan \mu) \dots$$

Selain dari kekakuan tali di atas, maka faktor gesekan  $f = \tan \mu$  tergantung kepada tipe bearing dan jenis pelumas yang dipakai untuk pelumasan poros cakra, bila memakai gemuk ( $f = 0,1$ ) dipakai untuk pelumasan rantai dan alur, maka faktor tahanan puli:

$$\epsilon = 1,05$$

dan efisiensi puli :  $\eta = 0,95$

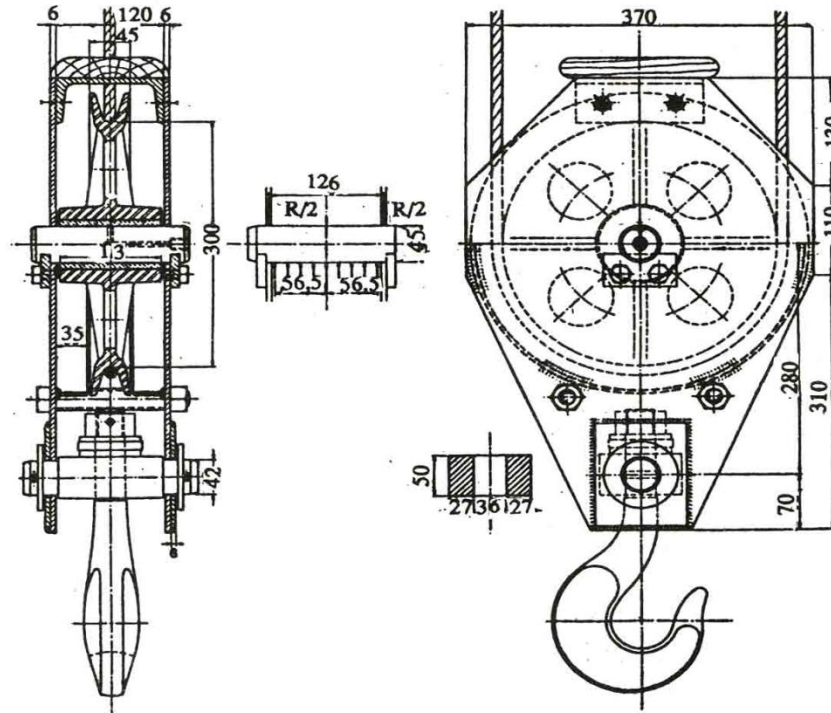
Untuk puli yang memakai ball atau roller bearing, harga rata-rata dari:

$$\epsilon = 1,02$$

dan  $\eta = 0,98$

**b. Puli Bergerak**

Puli bergerak mempunyai cakra yang bebas dan poros yang bebas pula. Tali atau rantai dilingkarkan dalam alur pada bagian bawah. Salah satu ujung tali diikatkan tetap dan ujung lainnya ditahan atau ditarik pada waktu pengangkatan, beban digantungkan pada kait (hook) yang tergantung pada poros, seperti terlihat pada Gambar 3.7.



**GAMBAR 3.7**  
**Puli bergerak**

Ada dua puli bergerak, yaitu:

- Puli yang menguntungkan pada gaya
- Puli yang menguntungkan pada kecepatan

**Puli yang Menguntungkan pada Gaya**

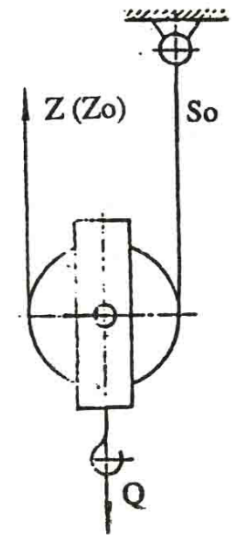
Jenis puli ini seperti terlihat dalam Gambar 3.8 dengan panjang langkah gaya tarik sama dengan dua kali tinggi pengangkatan atau kecepatan tarik sama dengan dua kali kecepatan pengangkatan.

- Bila langkah tarik : s m
  - tinggi pengangkatan : h m
  - kecepatan tarik : c m/s
  - kecepatan pengangkatan : v m/s
- Maka : s = 2h  
c = 2v

Tanpa mengabaikan tahanan pada puli, maka:

$$Q = Z_0 + S_0 \dots\dots\dots$$

Seperti dapat dilihat pada Gambar 3.8.



GAMBAR 3.8

$$Z > S_0$$

Atau  $Z = \epsilon S_0$   
jadi  $Z = \epsilon (Q - Z)$

$$Z + \epsilon Z = \epsilon Q$$

Gaya tarik  $Z = \frac{\epsilon}{1 + \epsilon} Q \dots\dots\dots$

Efisiensi puli  $\eta = \frac{Z_o}{Z}$

Jadi  $\eta = \frac{Q/2}{\frac{\epsilon}{1+\epsilon} Q} =$

$\eta = \frac{1+\epsilon}{2\epsilon} \dots$

**Puli yang Menguntungkan pada Kecepatan**

Pada puli jenis ini, panjang langkah penarikan (s) sama dengan  $\frac{1}{2}$  dari tinggi pengangkatan (h) dan kecepatan penarikan (C) sama dengan  $\frac{1}{2}$  kecepatan pengangkatan (v), jadi:

$s = \frac{1}{2} h$

$\dot{c} = \frac{1}{2} v$

Efisiensi puli  $\eta = Z_o/Z$

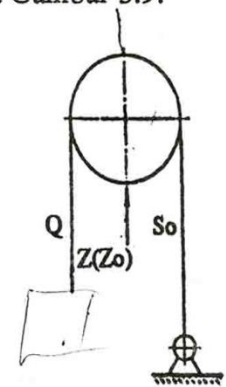
$\eta = \frac{2Q}{Q(1+\epsilon)}$

Atau  $\eta = \frac{2}{1+\epsilon} \dots$

Tanpa mengabaikan tahanan puli, maka:

$Z_o = Q + S_o \dots\dots\dots$

Seperti dapat dilihat pada Gambar 3.9.



GAMBAR 3.9

Jadi

$S_o = \epsilon Q$

$Z = Q + \epsilon Q$

$Z = Q(1+\epsilon) \dots\dots\dots$



### 3. Sistem Puli

Suatu sistem puli adalah kombinasi dari beberapa puli tetap dan puli bergerak atau terdiri dari beberapa cakra puli.

Ada dua sistem yang dilaksanakan yaitu: (1) Sistem yang menguntungkan pada gaya, dan (2) Sistem yang menguntungkan pada kecepatan.

Sistem yang pertama lebih banyak dipakai pada pesawat-pesawat pengangkat, sedang sistem yang kedua hanya dipakai pada pengangkatan secara hidrolis dan pneumatik.

Sistem puli bebas (independent lifting appliances pulley system), terutama dipakai pada transmisi gaya pada Winch (lir) dan kran (crane).

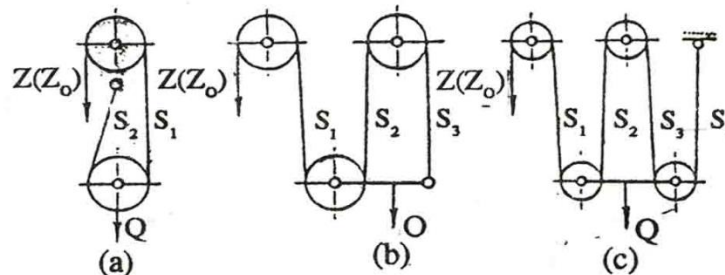
#### *Sistem Puli yang Menguntungkan pada Gaya*

Sistem ini dirancang dalam dua sistem, yaitu:

- Sistem puli dengan tali penarik dari arah puli tetap (fixed pulley), dan
- Sistem puli dengan tali penarik dari arah puli bebas (movable pulley).

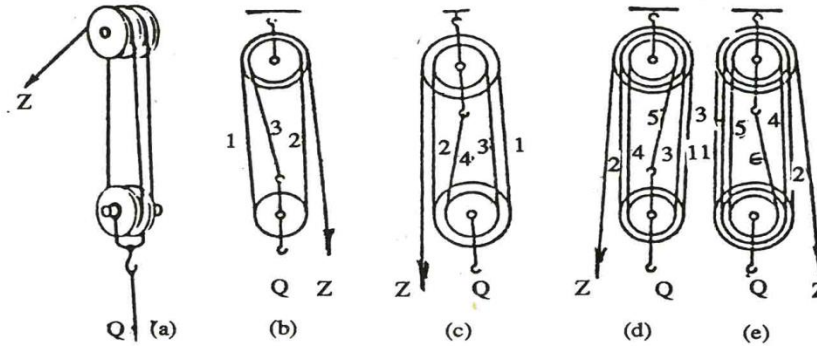
#### a. *Sistem Puli dengan Tali Penarik dari Arah Puli Tetap*

Sebagaimana kita ketahui bahwa sistem ini terdiri dari gabungan beberapa cakra yang terdiri dari puli tetap dan puli bergerak dengan transmisi tali atau rantai seperti terlihat pada Gambar 3.10. Gaya penarik (pulling force) dari arah puli tetap.



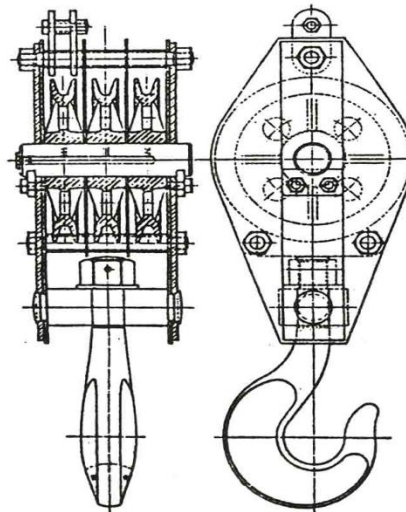
GAMBAR 3.10

Sistem puli seperti Gambar 3.10a juga diproduksi dengan konstruksi seperti terlihat dalam Gambar 3.11.



GAMBAR 3.11

Bentuk puli bebas seperti Gambar 3.11e' dapat dilihat pada Gambar 3.12.



GAMBAR 3.12

*Puli bebas dengan tiga cakra*

Dari Gambar 3.10 dan 3.11 dapat kita catat bahwa untuk jumlah cakra  $z$  terdapat gantungan (suspensi) sejumlah  $z$  pula dengan tegangan tali masing-masing  $S_1, S_2, \dots, S_z$ . Dikatakan angka transmisi  $i = Z$ .

Dengan mengabaikan tahanan maka gaya pengangkat:

$$Z_o = \frac{Q}{z} \dots\dots\dots$$

Efisiensi puli:  $\eta = \frac{Z_o}{Z} = \frac{Q}{z \cdot Z} \dots\dots\dots 3:30 \dots\dots$

Atau  $Z = \frac{Q}{z \cdot \eta}$

Menurut metode rumus 3.18a maka:

Lihat slide : 68

$$Z = \epsilon \cdot S_1 \dots\dots\dots$$

$$S_1 = \epsilon \cdot S_2 \dots\dots\dots$$

$$S_2 = \epsilon \cdot S_3 \dots\dots\dots$$

Dan seterusnya  $S_z = \epsilon \cdot S_{(z+1)} \dots\dots\dots$

Jadi  $S_1 = Z/\epsilon \dots\dots\dots$

$$S_2 = Z/\epsilon^2 \dots\dots\dots 3.32a \text{ s/d } 3.32d$$

$$S_3 = Z/\epsilon^3 \dots\dots\dots$$

Dan seterusnya  $S_z = Z/\epsilon^z \dots\dots\dots$

Dalam keadaan stabil, maka diperoleh persamaan seperti berikut

ini:

$$Q = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_z \dots \dots \dots$$

Jadi  $Q = Z(1/\epsilon + 1/\epsilon^2 + 1/\epsilon^3 \dots \dots \dots + 1/\epsilon^z) \dots \dots$

Atau  $Q = Z \frac{\epsilon^z - 1}{\epsilon^z (\epsilon - 1)} \dots \dots \dots$

Atau  $Z = Q \frac{\epsilon^z (\epsilon - 1)}{\epsilon^z - 1} \dots \dots \dots 3.34a$

Masukan persamaan 3.32a s/d 3.32d dalam rumus 3.34a maka dapat tegangan tiap gantungan seperti berikut ini:

$$S_1 = Q \cdot \epsilon^{z-1} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon^z - 1} \dots \dots \dots 3.35a$$

$$S_2 = Q \cdot \epsilon^{z-2} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon^z - 1} \dots \dots \dots 3.35b$$

$$S_3 = Q \cdot \epsilon^{z-3} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon^z - 1} \dots \dots \dots 3.35c$$

$$S_z = Q \cdot \epsilon \frac{\epsilon - 1}{\epsilon^z - 1} \dots \dots \dots 3.35d$$

Masukkan rumus 3.34a ke dalam rumus 3.30, maka didapatkan harga efisiensi dari sistem puli sebagai berikut ini:

$$\eta = \frac{Q}{\epsilon^z \frac{\epsilon - 1}{\epsilon^z - 1} X z} \quad \text{Slide 74}$$

$$\eta = \frac{\epsilon^z - 1}{\epsilon - 1} X \frac{1}{z \cdot \epsilon^z} \dots\dots\dots 3.36$$

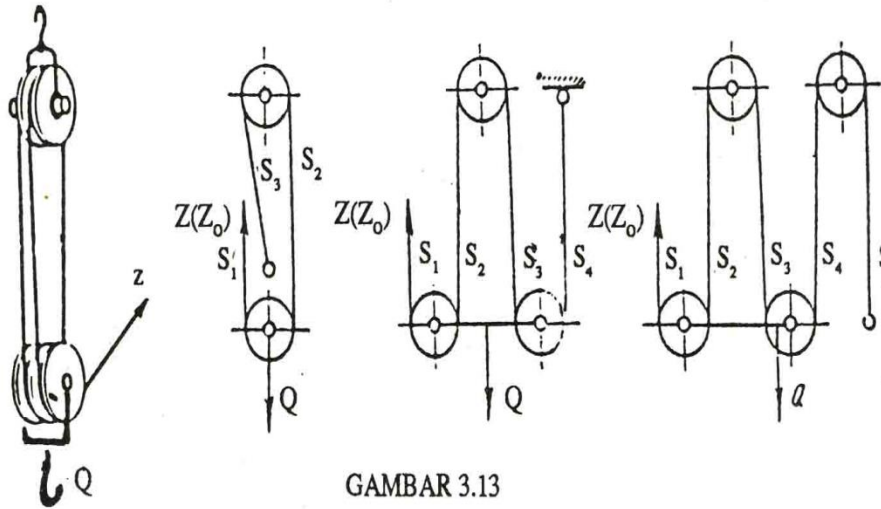
Langkah dari gaya tarik z:  $s = z \cdot h \dots\dots\dots 3.36a$

Kecepatan penarikan :  $c = z \cdot v \dots\dots\dots 3.36b$

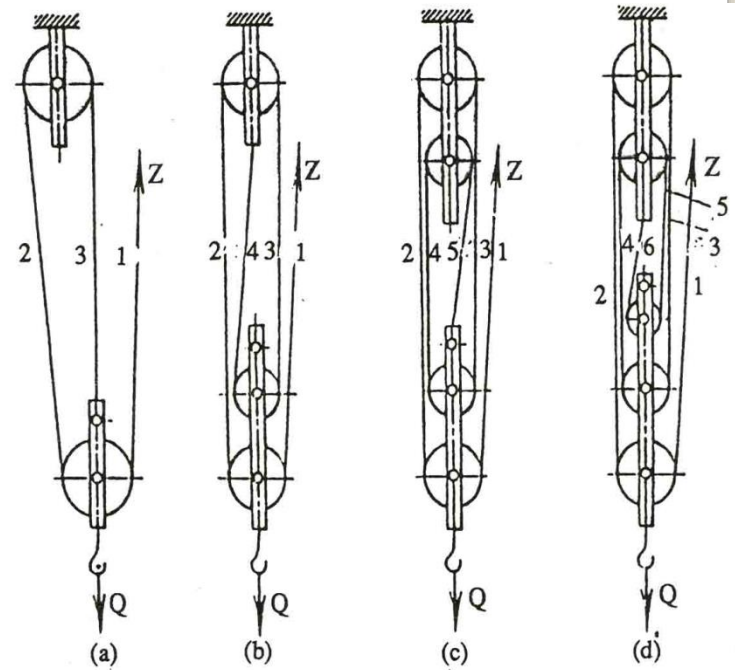
$h$  = tinggi pengangkatan beban.

$v$  = kecepatan pengangkatan

- b. **Sistem Puli dengan Tali Penarik dari Arah Puli Bergerak**  
 Jenis puli ini dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Sistem puli seperti Gambar 3.13a juga diproduksi dengan konstruksi seperti terlihat dalam Gambar 3.14.



Dari Gambar 3.13 dan Gambar 3.14 dapat kita catat bahwa untuk jumlah cakra  $z$  terdapat gantungan sejumlah  $z + 1$  dengan tegangan masing-masing sebesar  $S_1, S_2, S_3,$  dan seterusnya  $\dots S_z$ . Dikatakan bahwa angka transmisi  $i = z + 1$ .

Dengan mengabaikan tahanan maka gaya mengangkat:

$$Z_o = \frac{Q}{z + 1} \dots\dots\dots$$

Efisiensi puli  $\eta = \frac{Z_o}{Z}$

Atau  $\eta = \frac{Q}{(z+1) \times Z} \dots\dots\dots$

Jadi gaya tarik  $Z = \frac{Q}{(z+1) \times \eta} \dots\dots\dots$

Dari Gambar 3.13 dan 3.14 dapat dicatat sebagai berikut:

$$S_1 = Z \dots\dots\dots$$

$$S_2 = Z/\epsilon \dots\dots\dots$$

$$S_3 = Z/\epsilon^2 \dots\dots\dots$$

dan seterusnya  $S_z = Z/\epsilon^z \dots\dots\dots$

Dalam keadaan stabil, maka diperoleh persamaan seperti berikut ini:

$$Q = S_1 + S_2 + S_3 \text{ dan seterusnya } \dots + S_z \dots\dots\dots$$

Jadi  $Q = Z(1 + 1/\epsilon + 1/\epsilon^2 \text{ dan seterusnya } \dots + 1/\epsilon^{z-1}) \dots\dots\dots$

Atau  $Q = Z \frac{1 - 1/\epsilon^{z+1}}{1 - 1/\epsilon} \dots\dots\dots$

Atau  $Q = Z \frac{\epsilon^{z+1} - 1}{\epsilon^z (\epsilon - 1)} \dots\dots\dots$

Atau  $Z = Q \cdot \epsilon^z \frac{\epsilon - 1}{\epsilon^{z+1} - 1} \dots\dots\dots$

$$\text{Efisiensi puli: } \eta = \frac{\frac{Q}{z+1}}{Q \cdot \epsilon^z \frac{\epsilon-1}{\epsilon^{z+1}-1}}$$

$$\text{Jadi efisiensi: } \eta = \frac{1}{z+1} \times \frac{\epsilon^{z+1}-1}{\epsilon^z(\epsilon-1)} \dots$$

Tegangan-tegangan tali penggantungan (suspensi) dapat ditentukan sebagai berikut ini:

$$S_1 = Z = Q \cdot \epsilon^z \frac{\epsilon-1}{\epsilon^{z+1}-1}$$

$$S_2 = Z/\epsilon = Q \cdot \epsilon^{z-1} \frac{\epsilon-1}{\epsilon^{z+1}-1}$$

$$S_3 = Z/\epsilon^2 = Q \cdot \epsilon^{z-2} \frac{\epsilon-1}{\epsilon^{z+1}-1}$$

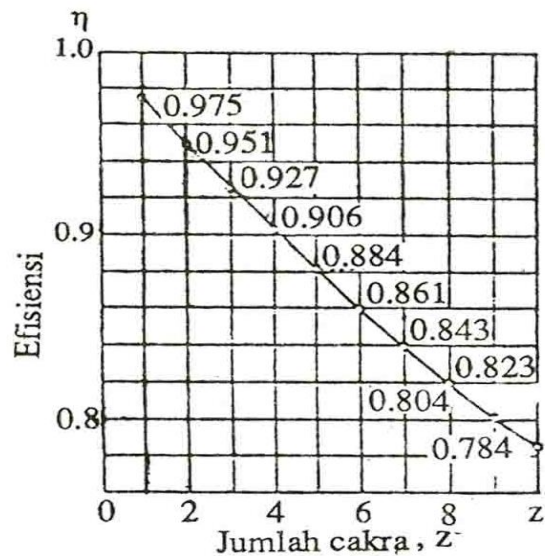
$$\text{Rumus umumnya: } S_z = Z/\epsilon^{z-1} = Q \cdot \epsilon \frac{\epsilon-1}{\epsilon^{z+1}-1} \dots$$

Panjang langkah penarikan:  $s = h(z+1) \dots\dots\dots$

Kecepatan penarikan beban  $c = v(z+1) \dots\dots\dots$

Sistem puli yang diperlihatkan dalam Gambar 3.10 dan Gambar 3.13 sangat sering dipakai pada mesin-mesin pengangkat, dengan faktor tahanan  $\epsilon = 1,05$ , sedang efficiency pulley system berdasarkan jumlah cakra (Number of Pulleys) dapat dibaca pada Gambar 3.15.

Pulley system seperti terlihat dalam Gambar 3.11 dan 3.14 dinamakan juga dengan sebutan *puli berganda* (multiple pulley system).



GAMBAR 3.15  
*Efisiensi sistem puli*