

# **BAHAN KULIAH ELEMEN MESIN 2**

**Materi**

**SABUK DAN PULLI**

**Disadur dari buku:**

**Elemen Mesin  
Kurmi Gupta**



Oleh:

**Mumu Komaro**

**Nip. 19660503 199202 1001**

**JURUSAN PENDDIKAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2008**

## Sabuk dan Tali

### 17-1 Pendahuluan

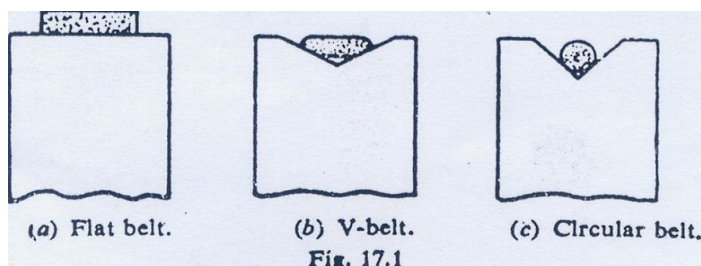
Sabuk atau tali di gunakan untuk mentransmisikan tenaga dari satu poros ke poros lain melalui puli yang mana berputar dengan kecepatan yang sama atau berbeda. Jumlah tenaga yang ditransmisikan tergantung dari beberapa factor:

1. kecepatan pada sabuk
2. kekencangan sabuk pada puli
3. hubungan antara sabuk dan puli kecil
4. kondisi pemakaian sabuk.

Catatan:

- a) Poros harus sejajar untuk menyamakan tegangan tali.
- b) Puli tidak harus saling berdekatan didalam kontak dengan puli yang lebih kecil atau mungkin yang besarnya sama.
- c) Puli tidak harus terpisah jauh karena sabuk akan menjadi beban pada poros. Ini mengakibatkan pergesekan pada bearing.
- d) Panjangnya sabuk cenderung untuk mengayun dari sisi ke sisi menyebabkan sabuk bergerak keluar jalur dari puli yang mana membentuk lengkungan pada sabuk.
- e) Kekencangan sabuk harus sesuai jadi kelonggaran akan meningkatkan kontak kinerja pada puli.
- f) Untuk memperoleh hasil yang baik dengan sabuk datar, jarak maksimum antara poros tidak boleh melebihi dari 10 meter dan minimum tidak boleh kurang dari 3-5 kali diameter puli terbesar.

### 17-2 Jenis sabuk



Ada banyak jenis sabuk yang digunakan sehari-hari. Dibawah ini point-point pentingnya:

1. Sabuk datar

Sabuk datar banyak digunakan di pabrik dan bengkel(tempat kerja), dimana tenaga di transmisikan dari puli satu ke puli lain. Yang mana kedua puli tidak boleh terpisah lebih dari 10 meter .

2. V-belt

V-belt banyak digunakan di pabrik dan bengkel(tempat kerja) yang mana baik digunakan untuk mentransmisikan tenaga dari puli satu ke puli lain. Yang mana kedua puli sangat dekat atau berdekatan satu sama lain.

3. Sabuk bundar atau tali

Sabuk bundar atau tali banyak digunakan di pabrik dan bengkel(tempat kerja), dimana tenaga di transmisikan dari puli satu ke puli lain. Yang mana kedua puli tidak boleh terpisah lebih dari 5 meter .

Jika jumlah tenaga sangat besar untuk ditransmisikan kemudian sabuk tunggal tidak mungkin cukup. Dalam kasus ini puli besar(untuk V-belt atau tali) dengan jumlah alur yang digunakan . kemudian sabuk dalam masing-masing alur mentransmisikan untuk tenaga yang dibutuhkan dari satu puli ke puli lain.

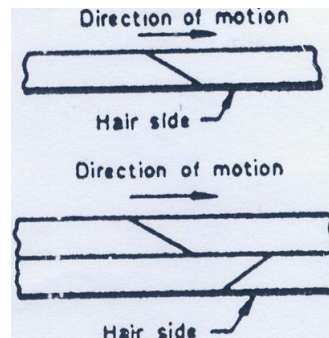
### **17-3. Bahan yang digunakan untuk sabuk**

Bahan yang digunakan untuk tali dan sabuk harus kuat, fleksible dan tahan lama . material tersebut harus mempunya I koefisien gesek yang tinggi.bahan yang digunakan untuk sabuk diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1. Sabuk kulit*

Bahan yang paling utama untuk sabuk datar adalah kulit. Sabuk kulit dibuat dari 1-2 meter sampai 1.5 meter potongan dari bagian sisi tulang punggung sapi mudal. Bagian sisi kulit lebih keras dan lebih lembut dibanding sisi daging. Tetapi sisi daging lebih kuat. Serat pada sisi kulit tegak lurus kepada permukaan. Sedang sisi kilat pada itu adalah interwoven dan paralel kepada permukaan kulit. Oleh karena itu untuk pertimbangan ini sisi rambut suatu sabuk

harus dalam hubungan dengan permukaan puli yang ditunjukkan pada gambar. 17-2. Ini memberi suatu menghubungi antara sabuk dan puli dan tempat kekuatan-tarik terbesar dari bagian sabuk pada bagian atas luar di mana tegangannya maximum ketika sabuk lewat diatas puli.



Kulit yang baik didalamnya terdapat oaktanned maupun mineral garam dan kromium. Ini berguna untuk meningkatkan ketebalan sabuk, potongan kuli dicampur bersama-sama. Sabuk ditetapkan menurut banyaknya lapisan tunggal, ganda atau melipat tiga lapisan dan menurut ketebalan kulit menggunakan cahaya ringan, medium atau berat.

## 2. Sabuk kapas

Kebanyakan pabrik sabuk membuat sabuk dari bahan canvass atau kapas di bagi kedalam tiga bagian atau lebih lapisan tergantung atas ketebalan dan di jahit bersama-sama Sabuk ini ditenun juga ke dalam suatu potongan ketebalan dan lebar yang yang diinginkan. Sabuk diisi dengan beberapa pengisi seperti minyak linsed dalam rangka membuat sabuk tahan air dan untuk mencegah luka-luka/kerugian pada serat sabuk. Kapas sabuk sangat baik digunakan dan lebih murah di dalam iklim hangat, di dalam atmosfir uap dan didalam posisi yang teratur. Karena sabuk kapas memerlukan perlakuan ringan, oleh karena itu sabuk ini kebanyakan digunakan di dalam permesinan kebun, sabuk angkut dll.

## 3. Sabuk karet

Karet Sabuk dibuat dari lapisan pabrik yang diisi dengan komposisi karet dan mempunyai suatu lapisan karet yang tipis pada permukaannya. Sabuk ini sangat fleksibel tetapi dengan cepat hancuroleh panas, minyak atau pelumas.

Salah satu keuntungan sabuk ini adalah mudah di buat dan diaplikasikan. Sabuk ini baik di gunakan untuk penggilingan gergaji, pabrik kertas dan tempat yang lembab.

#### 4. Sabuk balata

Sabuk ini adalah berupa sabuk karet atau getah yang digunakan sebagai pengganti karet. Sabuk ini tahan asam dan tahan air dan tidak rusak oleh minyak hewani atau alkali. Sabuk tidak boleh melebihi dari 40°C sebab pada temperatur ini sabuk mulai lembek dan menjadi lengket.

Kekuatan balata sabuk adalah 25% lebih tinggi dibanding sabuk karet.

#### 17-4. Massa jenis bahan sabuk

Massa jenis berbagai bahan sabuk terdapat dalam tabel berikut:

<i>bahan</i>	<i>massa jenis (dalam kg/cm<sup>3</sup>)</i>
Kulit	1.00
Kanvas	1.22
Karet	1.14
Balata	1.11
Anyaman tunggal	1.17
Anyaman ganda	1.25

#### 17-5. Tekanan pada sabuk

Kekuatan akhir(ultimate stenght) sabuk kulit bervariasi dari 210 kg/cm<sup>3</sup> sampai 350 kg/cm<sup>3</sup> dan faktor keamanan diambil 8 sampai 10. Bagaimanapun, pemakaian/ pengausan suatu sabuk lebih penting dibanding kekuatan nyata. Hal tersebut telah ditunjukkan oleh pengalaman itu di bawah rata-rata kondisi-kondisi suatutekanan yang bisa diijinkan 28 kg/cm<sup>3</sup> atau lebih sedikit akan memberi suatu kondisi sabuk yang layak. Suatu tekanan yang bisa diijinkan 17-5 kg/cm<sup>3</sup> mungkin diharapkan untuk memberi umur sabuk sekitar 15 tahun.

## 17-6. Kecepatan sabuk

### *Ketegangan kecil*

Tegangan yang kecil akan menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan sabuk, gaya sentrifugal juga meningkat yang mana gaya tersebut mencoba untuk menarik sabuk menjauh dari puli. Ini akan mengakibatkan pengurangan tenaga yang ditransmisikan oleh sabuk. Sabuk telah ditemukan itu untuk mentransmisikan tenaga yang efisien, kecepatan sabuk yang dipergunakan adalah 20 m/sec sampai 22-5 m/sec.

## 17-7. Koefisien gesek antara puli dan sabuk

Koefisien gesek antara sabuk dan puli tergantung berdasar pada faktor berikut .

1. Bahan sabuk,
2. Bahan puli,
3. Gelincir sabuk, dan
4. Kecepatan sabuk.

Koefisien gesek antara sabuk kuli dan puli besi, pada titik gelinci dapat diambil persamaan:

$$\mu = 0.54 - \frac{42.6}{152.6 + v}$$

dimana  $v$  = kecepatan sabuk dalam m/sec.

Berikut table nilai koefisien gesek untuk bahan pada sabuk:

Bahan sabuk	Bahan puli besi cor			kayu	Kertas press	kulit	karet
	kering	basah	lemak				
1.kulit oaktaneed	0-25	0-2	0'13	0-3	0-33	0-38	0-40
2. kulit chrom	0'35	0-32	0'22	0-4	045	0-48	0-50
3. kanvas	0-20	0-15	0-12	0'23	0-25	0-27	0-30

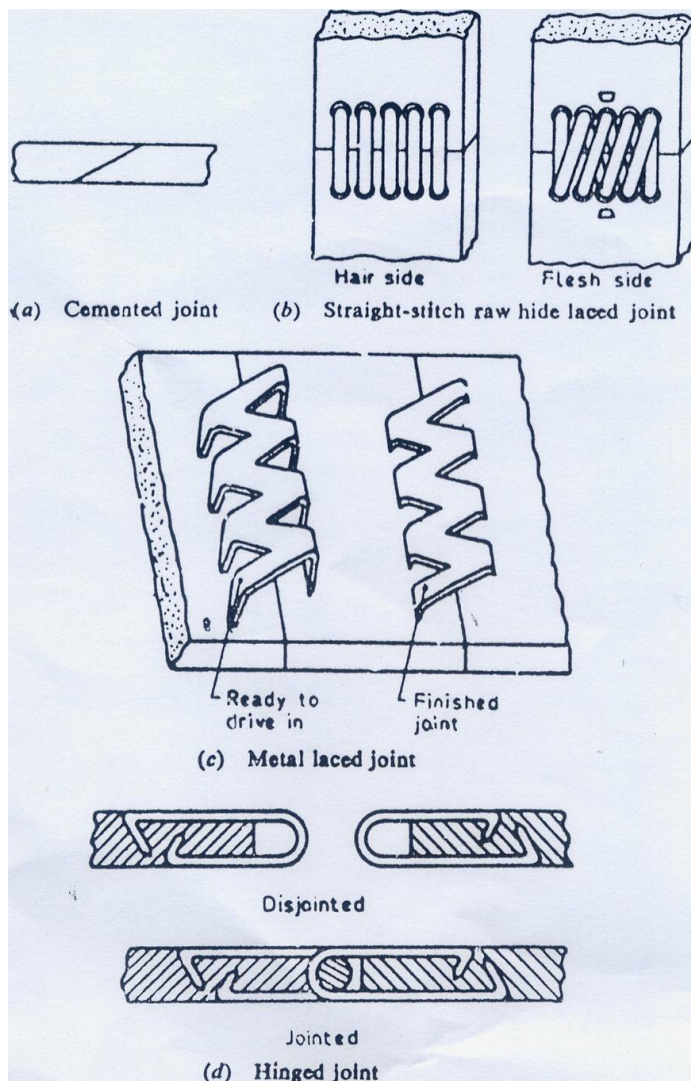
4. kapas	0-22	0-15	0-12	0-25	0-28	0-27	0-30
5. karet	0-30	0-18	-	0-32	0-35	0-40	0-42
6. Balata	0-32	0-20	—	0-35	0-33	0-40	0-42

### **17-8. sambungan sabuk**

Sabuk yang tak ada akhirnya tidaklah tersedia, kemudian sabuk memotong dari gulungan besar dan akhirnya di gunakan pengancing. berbagai jenis sambungan adalah

1. sambungan tanam
2. sambungan yang diikat
3. sambungan yang dapat berputar

Sambungan yang di tanam ditunjukkan di dalam gambar. 17-3 ( a), dibuat oleh pabrikan untuk membentuk suatu sabuk yang tak ada akhirnya, jenis ini lebih disukai dibanding sambungan lain. Sambungan ikat dibentuk dengan hantaman lubang secara berderet atau menyilang sabuk, sisa-sisa suatu garis tepi antara]tepi dan lubang. Suatu kulit kasar potongan digunakan untuk hantaman keduanya bersama-sama untuk membentuk suatu sambungan. Jenis ini ditunjukan dalam gambar 17.3 (b).



logam mengikat sambungan ditunjukkan di dalam gambar17.3 (c) dibuat dari suatu bahan pokok sambungan. Pengikat berada pada sisi sabuk dan berpitingan pada di dalam. Kadang-kadang, engsel besi diikatkan kepada ujung sabuk dan dihubungkan oleh suatu serat atau baja penjepit yang ditunjukkan oleh gambar 17.3 (d).



Tabel berikut menunjukkan efisiensi dari sambungan :

Tabel 17-3

Jenis sambungan	efisiensi
1. sambungan tanam, tak ada akhirnya, pada pabrik	90-100
2. sambungan tanam pada toko	80-90
3. Kawat yang diikat oleh machinc	75-85
4. Kawat yang diikat oleh plester	70-80
5. Raw-Hide mengikat	60-70
6. Sabuk pengikat besi	35-40

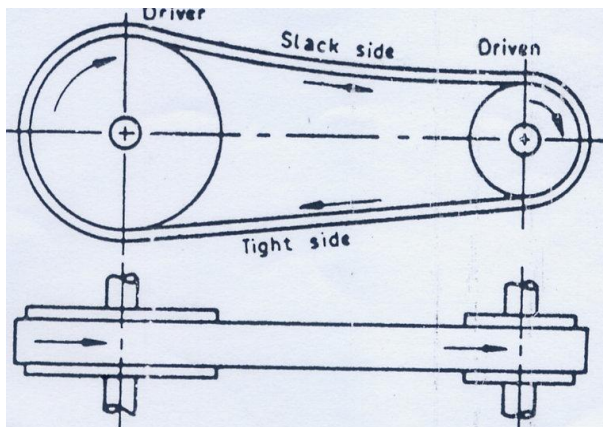
### 17-9. Jenis gerakan pada sabuk datar

Energi dari suatu puli di transmisikan kemanapun. Berikut jenis gerakan pada sabuk datar:

#### 1. gerakan sabuk terbuka

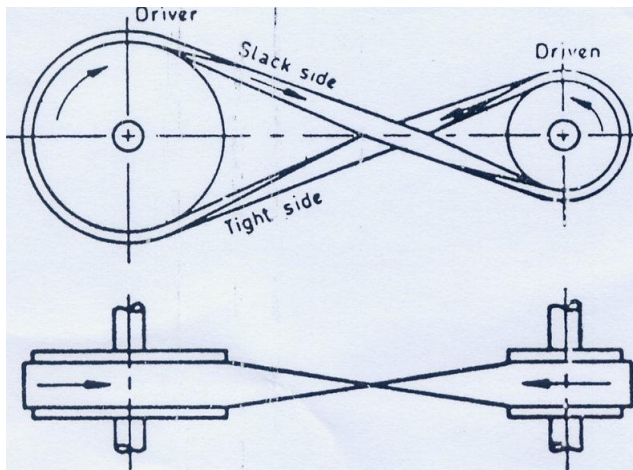
Gerakan sabuk terbuka ditunjukkan di dalam gambar 17.4, jenis ini digunakan diporos

Berputar dan paralel yang diatur ke arah yang sama. Ketika memusat jarak antara kedua poros besar, kemudian sisi yang ketat sabuk harus lebih rendah.'



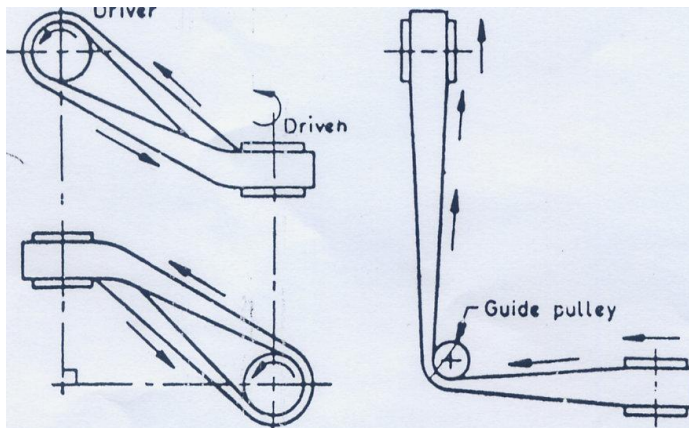
### 2. *gerakan membelit atau melingkar pada sabuk*

Gerakan membelit atau melingkar ditunjukkan di dalam gambar 17.5, digunakan poros pengatur berputar dan paralel di dalam arah kebalikannya. Tegangan yang kecil akan menunjukkan bahwa pada suatu titik silang sabuk, hal ini akan menggosok melawan terhadap satu sama lain dan di sana akan terjadi kerusakan disebabkan gesekan berlebih dalam rangka menghindari ini, poros harus ditempatkan pada suatu jarak yang maksimum  $20b$ , dimana  $b$  menjadikan sabuk melebar dan kecepatan sabuk harus kurang dari  $15\text{m/sec}$ .



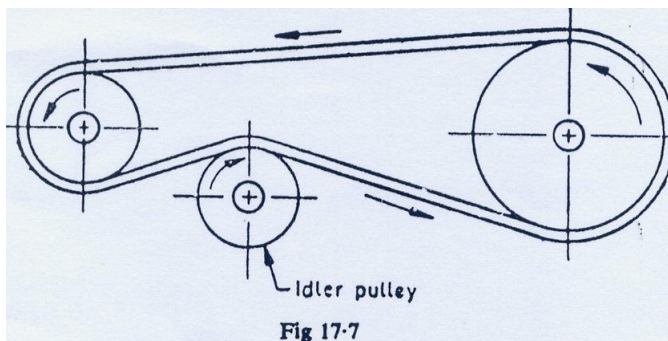
### 3. *gerakan putaran seperempat sabuk*

Gerakan putaran seperempat sabuk ditunjukkan di dalam gambar. 17.6 (a), digunakan dengan poros untuk mengatur pada sudut  $90$  derajat dan berputar didalam satu arah. Dalam rangka mencegah sabuk lepas dari puli, maka muka permukaan puli harus lebih besar atau sepadan dengan  $1.4b$ , sabuk  $b$  adalah lebar sabuk.



Pengaturan puli ditunjukkan pada gambar 17.6 ( a) atau ketika gerakan yang dapat dibalik diinginkan, kemudian seperempat memutar sabuk bergerak dengan rol penyekat. Seperti ditunjukkan pada gambar 17.6 ( b) mungkin mungkin dapat digunakan.

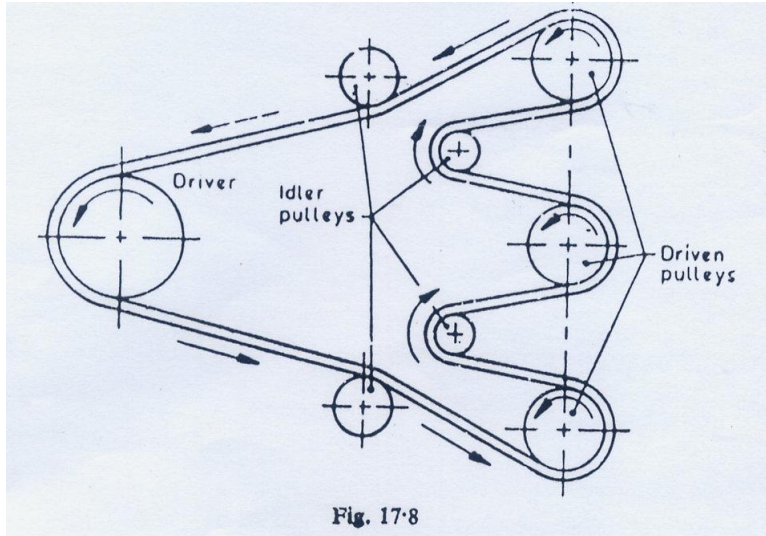
4. *gerakan sabuk dengan puli pengarah.*



Gerakan sabuk dengan puli pengarah ditunjukkan didalam gambar 17.7, dengan menggunakan poros yang digunakan untuk pengaturan paralel dan ketika sabuk terbuka tidak adapat digunakan dalam sudut yang kecil dan penghubung pada puli kecil. Pengarah jenis ini disajikan untuk memperoleh perbandingan percepatan tinggi dan ketika tegangan sabuk yang diperlukan tidak bisa diperoleh oleh alat-alat lain.

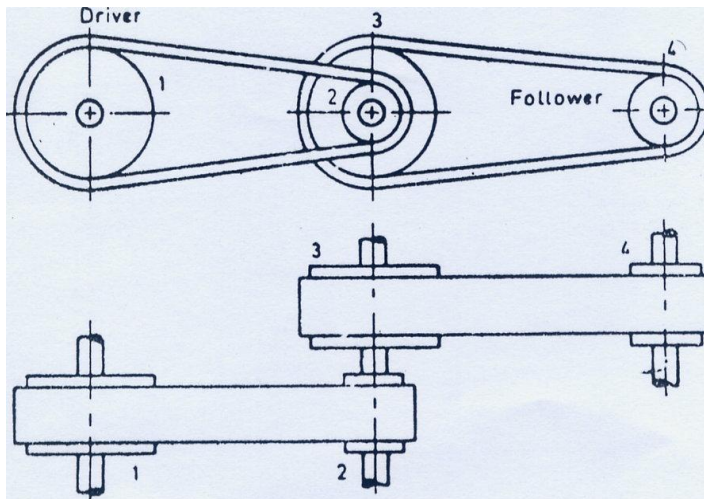
Ketika itu diinginkan untuk mentransmisikan gerakan dari satu poros ke beberapa poros, semua diatur didalam paralel, suatu sabuk menggerakkan dengan

banyak puli, seperti ditunjukkan di dalam gambar 17.8, kemungkinan cara kerjanya..



#### 5. gerakan sabuk campuran

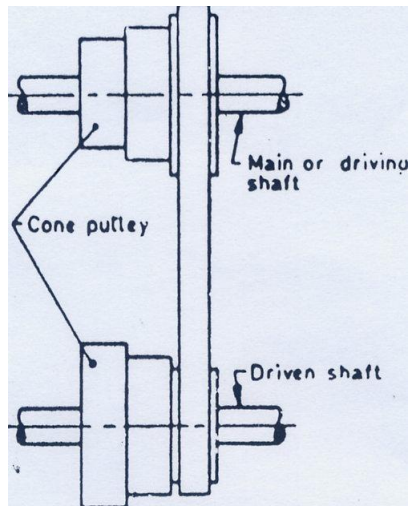
Suatu gerakan sabuk campuran ditunjukkan didalam gambar 17.9 digunakan ketika energi ditransmisikan dari satu poros ke poros yang lain melalui beberapa puli.



#### 6. gerakan langkah atau puli tirus.

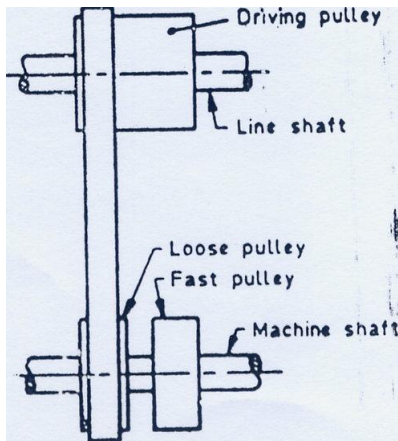
Gerakan langkah atau puli tirus. ditunjukkan di dalam gambar 17.10. digunakan untuk mengubah kecepatan dari gerakan poros utama bergerak

kecepatan tetap. ini terpenuhi dengan pergeseran sabuk dari satu memisahkan dari langkah-langkah kepada lainnya.



#### 7. Gerakan cepat dan katrol lepas

Gerakan cepat dan katrol lepas ditunjukkan oleh gambar 17.11 digunakan ketika yang digerakan atau poros mesin (diharapkan) untuk mulai atau dihentikan kapan saja dinginginkan tanpa campur tangan dengan poros penggerak . suatu puliyang mana adalah kunci dari poros mesin biasa di sebut fast puli atau penggerak dengan kecepatan yang sama dengan poros mesin. Suatu puli lepas bergerak dengan bebas diatas batang mesin dan tidak mampu untuk mentransmisikan energi manapun. ketika batang yang digerakan perlu dihentikan. sabuk didorong ke atas puli lepas dengan bantuan gesekan antara puli dengan poros.



### 17-10. perbandingan kecepatan gerakan suatu sabuk

Perbandingan kecepatan gerakan suatu sabuk pengarah dan pengikut .  
Mungkin secara matemati dinyatakan dalam bentuk di bawah ini.:

$d_1$  = diameter pengarah

$d_2$  = diameter pengikut

$N_1$  = kecepatan pengarah di dalam rpm

$N_2$  = kecepatan pengikut di dalam rpm

Panjang sabuk di abaikan dalam gerakan pengarah satu dalam gerakan satu menit.

$$= \pi d_1 N_1$$

Dengan cara yang sama, panjang sabuk diabaikan gerakan pengikut dalam satu menit.

$$= \pi d_2 N_2$$

Karena panjang sabuk diabaikan gerakan pengarah didalam satu menit memadai; sama dengan panjang sabuk yang lewat di atas pengikut dalam satu menit

$$\pi d_1 N_1 = \pi d_2 N_2$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

Atau

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} + \frac{t}{t}$$

Velocity ratio

$$\frac{N_4}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} \times \frac{d_3}{d_4}$$

atau

$$\frac{\text{kec akhir pergerakan}}{\text{kec awal pergerakan}} = \frac{\text{diameter}}{\text{diameter}}$$

### 17-11. Gelincir pada sabuk sabuk

Didalam artikel yang sebelumnya kita sudah membahas gerakan sabuk dan batang yang mengumpamakan suatu gesekan antara sabuk dan poros. Tetap terkadang gesekan menjadi tidak baik. Mungkin karena beberapa gerakan membawa keluar jalur sabuk. Ini juga menyebabkan sabuk depan membawa keluar jalur dari putaran puli. Ini disebut gelincir sabuk dan biasanya dinyatakan sebagai persentase.

Hasil dari keselipan sabuk akan mengurangi perbandingan percepatan dari sistem. Keselipan sabuk adalah suatu Peristiwa umum begitu sabuk harus tidak pernah ada digunakan dimana suatu perbandingan percepatan terbatas adalah importanse dalam kasus jam, menit dan detik/second

S1% = Selip di antara pengarah dan belt,

S2% = Selip di antara sabuk dan pengikut

V = Kecepatan menyangkut sabuk, mengabaikan gerakan per menit.

Kemudian

$$v = \frac{\pi d_1 N_1 - \pi d_1 N_1 \times \frac{s_1}{100}}{\dots(1)}$$

$$= \pi d_1 N_1 \left(1 - \frac{s_1}{100}\right)$$

Dengan cara yang sama

$$\pi d_3 N_3 = v - v \times \frac{s_3}{100}$$

$$= v \left( 1 - \frac{s^3}{100} \right)$$

substitusikan nilai v dari persamaan (1)

$$\pi d_3 N_3 = \pi d_1 N_1 \left( 1 - \frac{s^1}{100} \right) \times \left( 1 - \frac{s^3}{100} \right)$$

$$\frac{N_3}{N_1} = \frac{d_1}{d_3} \left( 1 - \frac{s^1}{100} - \frac{s^3}{100} \right)$$

Atau

$$= \frac{d_1}{d_3} \left( 1 - \left( \frac{s^1 + s^3}{100} \right) \right)$$

$$= \frac{d_1}{d_3} \left( 1 - \frac{s}{100} \right) \quad \text{dimana } s = s^1 = s^3$$

Jika ketebalan sabuk dipertimbangkan, kemudian

$$\frac{N_3}{N_1} = \frac{d_1 + t}{d_3 + t} \left( 1 - \frac{s}{100} \right)$$

di mana/ t menjadi ketebalan dari sabuk.

Contoh 17.1.

Suatu mesin bergerak 150 r.p.m. sabuk bergerak pada sebuah poros. Diameter puli mesin adalah 75 cm dan jarak antara puli dengan poros adalah 45 cm. Diameter puli pada jalur poros gerak 15 cm. Puli tersambung poros dinamo. Cari kecepatan poros dinamo, ketika

(1) tidak ada tergelincir

(2) ada suatu tergelincir 2% pada masing-masing pengarah

solusi:

kecepatan poros mesin pada penggerak 1

$$N_1 = 150 \text{ rpm}$$

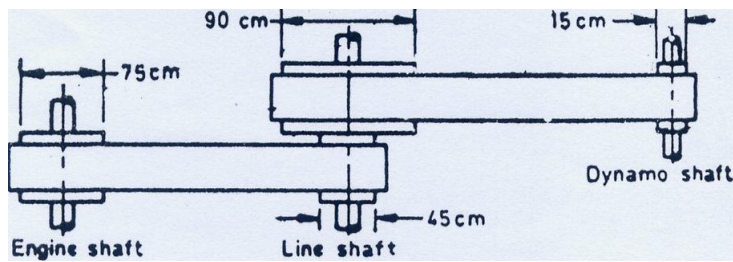
diameter puli mesin pada penggerak 1

$$d_1 = 75 \text{ cm}$$

diameter puli mesin pada penggerak 2

$$d_2 = 45 \text{ cm.}$$





Diameter puli dengan poros pada penggerak 3,

$$d_3 = 90 \text{ cm}$$

diameter puli pada batang dinamo pada penggerak 4,

$$d_4 = 15 \text{ cm}$$

$n_4 = \text{kecepatan poros dinamo}$

ketika tidak ada slip

Gunakan hubungan

$$\frac{N_4}{N_1} = \frac{d_1 \times d_3}{d_3 \times d_4}$$

dengan notasi umum

$$N_4 = \frac{N_1 \times d_1 \times d_3}{d_3 \times d_4} = \frac{150 \times 75 \times 90}{45 \times 15}$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

ketika ada slip 2% pada penggerak

gunakan hubungan

$$\frac{N_4}{N_1} = \frac{d_1 \times d_3}{d_3 \times d_4} \left(1 - \frac{s_1}{100}\right) \times \left(1 - \frac{s_3}{100}\right)$$

dengan notasi umum

$$N_4 = \frac{N_1 \times d_1 \times d_3}{d_3 \times d_4} \left(1 - \frac{2}{100}\right) \times \left(1 - \frac{2}{100}\right)$$

$$\frac{150 \times 75 \times 90}{45 \times 15} \times \frac{98}{100} \times \frac{98}{100}$$

$$= 1440 \text{ rpm}$$

**17-12. Panjang sabuk penggerak terbuka.**

Dalam hal ini puli berputar ke arah yang sama ditunjukkan dalam gambar 17.13

$O_1$  dan  $O_3$  = sumbu pusat antara dua puli,

$r_1$  dan  $r_3$  = radius puli besar dan kecil.

$X$  = jarak antara  $O_1$  dan  $O_3$ .

$L$  = total panjang sabuk

Sabuk mulai dari puli yang besar pada E dan G dan puli kecil pada F dan H ditunjukkan pada gambar 17-13.

Dengan  $O_2$  sama  $O_2M$  paralel ke FE.

Dari geometri pada gambar, kita dapat menemukan  $O_2M$  akan tegak lurus ke  $O_1E$ .

Kemudian sudut  $MO_2O_1 = \alpha$  radian

Kita tahu bahwa panjang dari sabuk:

$$\begin{aligned} &= \text{Arc } GJE + EF + \text{Arc } FKH + HG \\ &= 2(\text{Arc } JE + EF + \text{Arc } FK) \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

Dari geometri pada gambar kita juga mendapat:

$$\sin \alpha = \frac{r_1 - r_2}{x}$$

Jika sudut  $\alpha$  sangat kecil maka diambil

$$\sin \alpha = \alpha = \frac{r_1 - r_2}{x} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Arc } JE = r_1 \left( \frac{\pi}{2} + \alpha \right) \dots\dots\dots(3)$$

Dengan cara yang sama  $\text{Arc } FK = r_2 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \dots\dots(4)$

Dan  $EF = MO_2 = \sqrt{x^2 - (r_1 - r_2)^2}$

$$= x \sqrt{1 - \left( \frac{r_1 - r_2}{x} \right)^2}$$

Dengan mengembangkan persamaan ini menggunakan teori binomial:

$$EF = x \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{r_1 - r_2}{x} \right)^2 + \dots \right]$$

$$= x - \frac{(r_1 - r_2)^2}{2x} \dots\dots\dots(5)$$

Substitusikan nilai busur JE dari persamaan (3), busur FK dari persamaan (4) dan EF dari persamaan (5) ke dalam persamaan (1), kita dapatkan:

$$L = 2 \left[ r_1 \left( \frac{\pi}{2} + \alpha \right) + x - \frac{(r_1 - r_2)^2}{2x} + r_2 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \right]$$

$$= 2 \left[ r_1 \frac{\pi}{2} + r_1 \alpha + x - \frac{(r_1 - r_2)^2}{2x} + r_2 \frac{\pi}{2} - r_2 \alpha \right]$$

$$= 2 \left[ \frac{\pi}{2} (r_1 + r_2) + \alpha (r_1 - r_2) + x - \frac{(r_1 - r_2)^2}{2x} \right]$$

$$= \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2\alpha (r_1 - r_2) + 2x - \frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right]$$

Substitusi nilai  $\alpha = \frac{(r_1 - r_2)}{x}$  dari persamaan (2)

$$L = \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2 \times \frac{(r_1 - r_2)}{x} (r_1 - r_2) + 2x - \frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right]$$

$$= \left[ \pi (r_1 + r_2) + \frac{2(r_1 - r_2)^2}{x} + 2x - \frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right]$$

$$= \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2x + \frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right]$$

**17-13. Panjang dari Sabuk Penggerak Bersebrangan**

Dalam kasus ini kedua puli berputar berlawanan arah seperti ditunjukkan pada gambar 17-14.

Keterangan:

- O<sub>1</sub> dan O<sub>2</sub> = pusat dari kedua puli
- r<sub>1</sub> dan r<sub>2</sub> = radii dari puli besar dan puli kecil
- x = jarak antara O<sub>1</sub> dan O<sub>2</sub>

$L$  = panjang total sabuk

Sabuk mulai dari puli besar pada E dan G puli kecil pada F dan H seperti diperlihatkan pada gambar 17-14

Dengan  $O_2$  sama  $O_2M$  paralel ke FE.

Dari geometri pada gambar, kita dapat temukan  $O_2M$  akan tegak lurus ke  $O_1E$ .

Kemudian sudut  $MO_2O_1 = \alpha$  radian

$$\begin{aligned} \text{Panjang sabuk} &= \text{Arc } GJE + EF + \text{Arc } FKH + HG \\ &= 2(\text{Arc } JE + EF + \text{Arc } FK) \quad \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

Dari geometri pada gambar kita juga mendapat:

$$\sin \alpha = \frac{r_1 - r_2}{x}$$

Juka sudut  $\alpha$  sangat kecil maka diletakkan

$$\sin \alpha = \alpha = \frac{r_1 - r_2}{x} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Arc } JE = r_1 \left( \frac{\pi}{2} + \alpha \right) \quad \dots\dots\dots(3)$$

Dengan cara yang sama  $\text{Arc } FK = r_2 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \quad \dots\dots(4)$

$$\begin{aligned} EF = MO_2 &= \sqrt{x^2 - (r_1 - r_2)^2} \\ &= x \sqrt{1 - \left( \frac{r_1 - r_2}{x} \right)^2} \end{aligned}$$

Dengan mengembangkan persamaan ini menggunakan teori binomial:

$$\begin{aligned} EF &= x \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{r_1 - r_2}{x} \right)^2 + \dots \right] \\ &= x - \frac{(r_1 - r_2)^2}{2x} \quad \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

Substitusikan nilai busur JE dari persamaan (3), busur FK dari persamaan (4) dan EF dari persamaan (5) ke dalam persamaan (1), kita dapatkan:

$$\begin{aligned}
L &= 2 \left[ r_1 \left( \frac{\pi}{2} + \alpha \right) + x - \frac{r_1 + r_2}{2x} + r_2 \left( \frac{\pi}{2} + \alpha \right) \right] \\
&= 2 \left[ r_1 \frac{\pi}{2} + r_1 \alpha + x - \frac{r_1 + r_2}{2x} + r_2 \frac{\pi}{2} + r_2 \alpha \right] \\
&= 2 \left[ \frac{\pi}{2} (r_1 + r_2) + \alpha (r_1 + r_2) + x - \frac{r_1 + r_2}{2x} \right] \\
&= \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2\alpha (r_1 + r_2) + 2x - \frac{r_1 + r_2}{x} \right]
\end{aligned}$$

Substitusi nilai  $\alpha = \frac{r_1 - r_2}{x}$  dari persamaan (2)

$$\begin{aligned}
L &= \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2 \times \frac{r_1 - r_2}{x} (r_1 + r_2) + 2x - \frac{r_1 + r_2}{x} \right] \\
&= \left[ \pi (r_1 + r_2) + \frac{2(r_1 - r_2)(r_1 + r_2)}{x} + 2x - \frac{r_1 + r_2}{x} \right] \\
&= \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2x + \frac{r_1 - r_2}{x} \right]
\end{aligned}$$

Catatan: rumus diatas merupakan fungsi dari  $(r_1 + r_2)$ . Begitu jelas jika penjumlahan radii dari kedua puli yang konstan, panjang dari sabuk akan memungkinkan sisa yang konstan juga, diberikan jarak tetap antara pusat peletakan kedua puli.

Contoh 17-2

Dicari panjang sabuk yang diperlukan untuk menggerakkan puli dengan diameter 80 cm bekerja paralel pada jarak 12 m dari penggerak puli utama dengan diameter 480 cm.

Jawaban

<b>Dik:</b> diameter puli kecil	$d_2 = 80 \text{ cm}$
Radius puli kecil	$r_2 = 40 \text{ cm}$
Jarak antara kedua puli	$x = 12 \text{ m} = 1200 \text{ mm}$
Diameter puli besar	$d_1 = 480 \text{ cm}$

$\therefore$  jari-jari puli besar  $r_1 = 240 \text{ cm}$

$L =$  panjang sabuk

a. jika sabuk terbuka

gunakan hubungan:

$$L = \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2x + \frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right]$$

$$= \pi (40 + 40) + 2 \times 1200 + \frac{(40 - 40)^2}{1200} \text{ cm}$$

$$= 3313,3 \text{ cm} = 33,133 \text{ mAns}$$

b. jika sabuk menyilang

gunakan hubungan:

$$L = \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2x + \frac{(r_1 + r_2)^2}{x} \right]$$

$$= \pi (40 + 40) + 2 \times 1100 + \frac{(40 + 40)^2}{1200} \text{ cm}$$

$$= 3345 \text{ cm} = 33,45 \text{ mAns}$$

#### 17-14. Daya yang Diteruskan Sabuk

Pada gambar 17-15 dapat dilihat pergerakan puli A (penggerak) dan pengikut B seperti telah dijelaskan puli penggerak menarik sabuk dari satu sisi dan mengirimkannya ke sisi lainnya. Hal ini mengakibatkan tegangan pada sisi ketat akan lebih besar dari pada sisi kendur seperti pada gambar 17-15.

Dimana  $T_1$  = tegangan pada sisi ketat (kg)

$T_2$  = tegangan pada sisi kendur (kg)

$v$  = kecepatan sabuk (m/sec)

Daya putar efektif pada lingkaran pengikut berbeda antara dua tegangan ( $T_1 - T_2$ )

∴ Usaha yang dilakukan per detik

$$= \text{gaya} \times \text{jarak} = (T_1 - T_2) \times v \text{ kg-m}$$

$$\therefore \text{Power} = \frac{(T_1 - T_2) \times v}{75} \text{ H.P}$$

Dalam satuan SI daya yang diteruskan akan memiliki satuan Watt dan kedua tegangan  $T_1 - T_2$  dalam Newton.

Sedikit pertimbangan akan menunjukkan bahwa torsi yang digunakan pada puli penggerak adalah  $(T_1 - T_2) r_1$ . Begitu pula puli yang digerakan adalah  $(T_1 - T_2) r_2$ .

### 17-15. Pergeseran sabuk

Telah kita lihat diatas bahwa tegangan pada dua sisi puli tidak sama. Tegangan pada satu sisi lebih besar dari sisi lainnya. Akibat perbedaan dua tegangan tersebut, sabuk terus menerus bergeser (bergerak dengan kecepatan yang dapat diabaikan) diatas puli. Gerakan sabuk itu sangat kecil dan sepenuhnya dapat diabaikan.

### 17-16. Perbandingan tegangan sabuk datar.

Dengan meninjau puli yang digerakan searah jarum jam seperti gambar 17-16 didapat.

$T_1$  = tegangan pada sisi ketat (kg)

$T_2$  = tegangan pada sisi kendur (kg)

$\theta$  = sudut kontak dalam radian (sudut yang dibentuk oleh busur A-B, sepanjang sabuk menyentuh puli, pada pusat).

Sekarang tinjau bagian sabuk PQ, membentuk sudut  $\delta\theta$  pada pusat puli seperti pada gambar 17-16. sabuk PQ dalam keseimbangan dibawah gaya-gaya berikut:

- (i) Tegangan  $T$  pada sabuk dititik P
- (ii) Tegangan  $T + \delta T$  pada sabuk dititik Q
- (iii) Reaksi normal  $R_n$
- (iv) Gaya gesekan  $F = \mu \times R_n$

Dimana  $\mu$  adalah koefisien gesek antara sabuk dan puli.

Pembagaian semua tenaga secara horizontal dan membaginya dengan rata

$$R_N = T + \delta T \sin \frac{\delta\theta}{2} + T \sin \frac{\delta\theta}{2} \dots(i)$$

Jika sudut  $\delta\theta$  sangat kecil maka diambil

$$\sin \frac{\delta\theta}{2} = \frac{\delta\theta}{2} \text{ pada persamaan (i)}$$

$$\begin{aligned} R_N &= T + \delta T \frac{\delta\theta}{2} + T \frac{\delta\theta}{2} \\ \therefore &= \frac{T\delta\theta}{2} + \frac{\delta T\delta\theta}{2} + \frac{T\delta\theta}{2} \\ &= T\delta\theta \left( \text{mengabaikan } \frac{\delta T\delta\theta}{2} \right) \dots\dots(ii) \end{aligned}$$

Sekarang pembagian tenaga vertical

$$\mu \times R_N = T + \delta T \cos \frac{\delta\theta}{2} - T \cos \frac{\delta\theta}{2} \dots\dots(iii)$$

Jika sudut  $\delta\theta$  sangat kecil maka diambil  $\cos \frac{\delta\theta}{2} = 1$  pada persamaan (iii)

$$\therefore \mu \times R_N = T + \delta T - T = \delta T$$

Atau 
$$R_N = \frac{\delta T}{\mu} \dots\dots(iv)$$

Samakan nilai dari  $R_N$  le persamaan (ii) dan (iv)

$$T\delta\theta = \frac{\delta T}{\mu}$$

Atau 
$$\frac{\delta T}{T} = \mu \cdot \delta\theta$$

Integralkan kedua sisinya dengan limit  $T_2$  dan  $T_1$  kita dapatkan

$$\int_{T_2}^{T_1} \frac{\delta T}{T} = \mu \int_{T_2}^{T_1} \delta\theta$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \mu\theta \dots\dots(v)$$

Atau 
$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\theta}$$



Persamaan (v) dapat dinyatakan dalam logaritma basis 10

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu\theta$$

Catatan: 1. tegangan maksimum pada sbuk sisi ketat dapat diperoleh dari hubungan

$$T_1 = f \cdot b \cdot t$$

Dimana:  $f$  = tegangan maksimum pada sabuk

$b$  = lebar sabuk

$t$  = tebal sabuk

2. ketika menentukan sudut kontak, perlu diingat bahwa ini adalah sudut kontak pada puli yang kecil, jika kedua puli berbahan sama. Kita tahu bahwa :

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{r_1 - r_2}{x} \text{ (untuk sabuk bekerja terbuka)} \\ &= \frac{r_1 + r_2}{x} \text{ (untuk sabuk bekerja menyilang)} \end{aligned}$$

Jadi sudut kontak dalam jalur

$$\theta = \left( 80^\circ - 2\alpha \frac{\pi}{180} \right) \text{ rad (untuk sabuk bekerja terbuka)}$$

$$\theta = \left( 80^\circ + 2\alpha \frac{\pi}{180} \right) \text{ rad (untuk sabuk bekerja menyilang)}$$

4. Ketika puli terbuat dari bahan yang berbeda, perhitungan didasarkan pada puli yang memiliki  $\mu\theta$  kecil.

#### Contoh 17-3

Dau puli, diameter puli pertama 450 mm dan yang satu lagi 200 mm pada poros yang sejajar berjarak 1,95 m dan dihubungkan dengan sebuah sabuk yang menyilang. Cari panjang sabuk yang dibutuhkan serta sudut kontak antara sabuk dan masing-masing puli.

Berapa daya kuda yang dapat diteruskan oleh sabuk tersebut jika puli besar berputar pada 200 rpm, jika tegangan izin maksimum pada sabuk 1 kN dan Koefisien gesek antara sabuk dan puli 0,25 ?

Penyelesaian

Dik: diameter puli besar  $d_1 = 450 \text{ mm}$   
 $\therefore$  jari-jari puli besar  $r_1 = 225 \text{ mm} = 0,225 \text{ m}$   
Diameter puli kecil  $d_2 = 200 \text{ mm}$   
 $\therefore$  jari-jari puli kecil  $r_2 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$   
Jarak antara dua puli  $x = 1,95 \text{ m}$   
Kecepatan puli besar  $N = 200 \text{ rpm}$

$\therefore$  Kecepatan sabuk

$$v = \frac{\pi d_1 N}{60} = \frac{\pi \times 0,45 \times 200}{60} \text{ m/sec}$$
$$= 4714 \text{ m/sec}$$

Tegangan izin maksimum pada sabuk  $T_1 = 1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$

Koefisien gesek  $\mu = 0,25$

Panjang sabuk

$L =$  panjang sabuk

Gunakan hubungan

$$L = \left[ \pi (r_1 + r_2) + 2x + \frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right] \text{ dengan notasi biasa}$$

$$\pi = \pi (0,225 + 0,1) + 2 \times 1,95 + \frac{(0,225 - 0,1)^2}{1,95} \text{ m}$$

$$= 4975 \text{ m Ans}$$

Sudut kontak antar sabuk dan masing-masing puli ( $\theta$ )

Kita ketahui bahwa dari kerja sabuk menyilang :

$$\sin \alpha = \frac{r_1 - r_2}{x} = \frac{0,225 - 0,1}{1,95} = 0,1667$$

$$\therefore \alpha = 9^\circ \cdot 36'$$

$$\therefore \theta = 180^\circ + 2 \times 9^\circ \cdot 36' = 199^\circ 12'$$

$$= 199^{\circ}12' \times \frac{\pi}{180} = 3474 \text{ rad Ans}$$

Tenaga yang dipindahkan (P)

Kita ketahui

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta = 0,25 \times 3,474$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,25 \times 3,474}{2,3} = 0,3776$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = 2,385 \quad \text{dambil dari antilog } 0,376$$

$$\therefore T_2 = \frac{T_1}{2,385} = \frac{1000}{2,385} = 419,3 \text{ N}$$

Sekarang gunakan hubungan

$$\begin{aligned} P &= (T_1 - T_2) v \quad \text{dengan notasi biasa} \\ &= (1000 - 419,3) 4,714 = 2740 \text{ W} \\ &= 27,4 \text{ kW Ans} \end{aligned}$$

### 17-17. Tegangan sentripugal

Berhubung sabuk terus menerus berputar mengelilingi puli, beberapa gaya sentripugal timbul, yang mengakibatkan tegangan meningkat pada kedua sisi, baik disisi ketat maupun kendur. Tegangan yang ditimbulkan oleh gaya sentripugal disebut tegangan sentripugal. Pada kecepatan rendah tegangan sentripugal sangat kecil tetapi pada kecepatan tinggi akibatnya harus dipertimbangkan dan dimasukan pada perhitungan

Tinjau bagian PQ dari sabuk yang membentuk sudut  $d\theta$  pada pusat puli, seperti pada gambar 17-18

dimana  $w$  = berat sabuk per satuan panjang

$v$  = kecepatan linier sabuk

$r = \text{jari - jari puli}$

$T_c = \text{tegangan sentripugal aksi secara tangensial pada P dan Q}$

$\text{Panjang sabuk PQ} = r d\theta$

$\text{Berat sabuk PQ} = w \times r d\theta$

Kita ketahui bahwa gaya sentripugal  $= \frac{Wv^2}{gr}$

$\therefore$  gaya sentripugal pada sabuk PQ

$$= \frac{w \times r d\theta \times v^2}{g \times r} = \frac{w \bullet d\theta \bullet v^2}{g}$$

Tegangan sentripugal  $T_c$  beraksi secara tangensial pada P dan Q menjaga sabuk dalam keseimbangan.

Sekarang bagi gaya-gaya (gaya sentripugal dan tegangan sentripugal) secara mendatar dan sama rata

$$2T_c \sin \frac{d\theta}{2} = \frac{w d\theta \bullet v^2}{g}$$

Jika sudut  $d\theta$  sangat kecil maka diambil

$$\sin \frac{d\theta}{2} = \frac{d\theta}{2}$$

$$\therefore 2T_c \frac{d\theta}{2} = \frac{w d\theta \bullet v^2}{g}$$

$$T_c = \frac{wv^2}{g}$$

Catatan : ketika tegangan sentripugal dimasukkan ke dalam perhitungan, maka tegangan total pada sisi ketat  $T_{t1} = T_1 + T_0$

Dan tegangan total di sisi kendur  $T_{t2} = T_2 + T_0$

### 17- 18. Syarat memindahkan daya maksimum

Kita tahu bahwa daya kuda yng dipindahkan oleh sabuk

$$P = \frac{(T_1 - T_2) v}{75} \dots\dots(i)$$

Dimana:  $T_1 = \text{teganagn pada sisi ketat (kg)}$

$T_2 = \text{tegangan pada sisi kendur (kg)}$

$v =$  kecepatan sabuk (m/sec)

Dari pelajaran 17-16 kita telah melihat bahwa

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\theta}$$

Atau  $T_2 = \frac{T_1}{e^{\mu\theta}} \dots\dots(ii)$

Substitusikan nilai  $T_2$  ke persamaan (i)

$$P = \frac{\left(T_1 - \frac{T_1}{e^{\mu\theta}}\right) \times v}{75}$$

$$P = \frac{\left(1 - \frac{1}{e^{\mu\theta}}\right) \times v}{75}$$

$$= T_1 \times v \times C \dots\dots(iii)$$

Dimana  $C = \frac{\left(1 - \frac{1}{e^{\mu\theta}}\right)}{75}$

Kita tahu bahwa  $T_1 = T - T_c$

Diamana  $T =$  tegangan maksimum yang dapat diterima sabuk dalam kg

$T_c =$  tegangan sentripugal dalam kg

Substitusikan nilai  $T_1$  ke persamaan (iii)

$$P = (T - T_c) \times v \times C$$

$$= \left(T - \frac{wv^2}{g}\right) \times v \times C \quad \left(\text{substitusi } T_c = \frac{wv^2}{g}\right)$$

$$= \left(Tv - \frac{wv^3}{g}\right) \times C$$

Untuk daya kuda maximum

$$\frac{dP}{dv} = 0$$

$$\text{Atau } T - \frac{3wv^2}{g} = 0 \quad \dots\dots(\text{iv})$$

$$T - 3Tc = 0 \quad \text{substitusikan } \frac{wv^2}{g} = Tc$$

$$\text{Atau } T = 3Tc$$

Menunjukkan bahwa jika daya kuda yang dipindahkan maksimum, 1/3 dari tegangan maksimum diserap sebagai tegangan sentripugal.

Catatan : dari persamaan (iv) kecepatan sabuk untuk daya maksimum

$$v = \sqrt{\frac{Tg}{3w}} \quad \text{dalam satuan metrik}$$

$$= \sqrt{\frac{T}{3m}} \quad \text{dalam satuan S.I}$$

#### Contoh 17-4

Sebuah sabuk kulit 9 mm x 250 mm digunakan untuk menggerakkan sebuah puli besi tuang berdiameter 90 cm pada 336 rpm. Jika busur yang aktif pada puli kecil 120° dan tegangan pada sisi ketat 20 kg/cm<sup>2</sup>. Cari kapasitas daya kuda dari sabuk yang beratnya 0,00098 kg/cm<sup>3</sup>. koefisien gesek kulit pada besi tuang adalah 0,35.

#### Penyelesaian

Dik: tebal sabuk	t = 9 mm = 0,9 cm
Lebar sabuk	b = 250 mm = 25 cm
Luas penampang sabuk	a = b x t = 25 x 0,9 = 22,5 cm <sup>2</sup>
Diameter puli	d = 90 cm
Kecepatan puli	N = 336 rpm

$$\therefore \text{kecepatan sabuk } v = \frac{\pi d N}{60} = \frac{\pi \times 90 \times 336}{60}$$

$$= 1583,4 \text{ cm/sec}$$

$$= 15,834 \text{ m/sec}$$

Sudut kontak dari puli kecil

$$\theta = 120^\circ = 120 \times \frac{\pi}{180}$$

$$= 2,1 \text{ rad}$$

Tekanan pada sisi ketat,  $f = 20 \text{ kg/cm}$

$$\begin{aligned} \therefore \text{tegangan yang terjadi pada sisi ketat} \quad T_1 &= f \times a \\ &= 20 \times 22,5 = 450 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\text{Massa jenis sabuk} \quad \rho = 0,00098 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Koefisien gesek} \quad \mu = 0,35$$

$T_2 =$  tegangan pada sisi kendur sabuk

Gunakan hubungan

$$\begin{aligned} 2,3 \log \frac{T_1}{T_2} &= \mu \theta \text{ dengan notasi biasa} \\ &= 0,35 \times 2,1 = 0,735 \end{aligned}$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,735}{2,3} = 0,3196$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = 2,085$$

$$\text{Dan} \quad T_2 = \frac{T_1}{2,085} = \frac{450}{2,085} = 215,8 \text{ kg}$$

Berat sabuk per meter

$$\begin{aligned} w &= \text{Area} \times \text{Panjang} \times \text{Kepadatan} \\ &= 22,5 \times 100 \times 0,00098 = 2,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$\therefore$  tegangan sentripugal

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{w}{g} v^2 \\ &= \frac{2,2}{9,81} (5,834)^2 = 56,2 \end{aligned}$$

Tegangan total pada sisi ketat

$$\begin{aligned} T_{t1} &= T_1 + T_c \\ &= 450 + 56,2 = 506,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dan total tegangan sisi kendur

$$\begin{aligned} T_{t2} &= T_2 + T_c \\ &= 215,8 + 56,2 = 272 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kapasitas daya kuda sabuk (P)

Gunakan hubungan

$$\begin{aligned} P &= \frac{T_{t1} - T_{t2}}{75} \times v \text{ dengan notasi biasa} \\ &= \frac{506,2 - 272}{75} \times 15,834 \\ &= 49,4 \text{ hp Ans} \end{aligned}$$

Catatan: karena  $T_{t1} - T_{t2} = (T_1 + T_c) - (T_2 + T_c) = T_1 - T_2$ , maka tegangan sentripugal pada sabuk tidak memiliki dampak. Dengan demikian daya kuda dapat ju diperoleh dengan menggunakan hubungan  $P = \frac{T_1 - T_2}{75} \times v$

Contoh 17-5

Sebuah sabuk dengan lebar 10 cm dan tebal 1 cm memindahkan daya pada kecepatan 1000 m/min tegangan bersih sabuk ketat 1,8 kali tegangan pada sisi kendur. Jika tegangan izin yang aman pada sabuk  $16 \text{ kg/cm}^2$ . hitung daya kuda maksimum yang dapat dipindahkan pada kecepatan tersebut. Diasumsikan massa jenis kulit  $1 \text{ gr/cm}^3$ .

Hitung daya kuda absolut maksimum yang dapat dipindahkan sabuk tersebut, serta kecepatan dimana daya tersebut dipindahkan?

Penyelesaian

Dik: lebar sabuk	$b = 10 \text{ cm}$
Tebal sabuk	$t = 1 \text{ cm}$
Luas penampang sabuk	$a = 10 \times 1 = 10 \text{ cm}^2$
Kecepatan sabuk	$v = 1000 \text{ m/min} = \frac{50}{3} \text{ m/sec}$



Tegangan gerakan bersih

$$T_1 - T_2 = 1.8 \cdot T_2$$

Tarikan izin yang aman sabuk

$$f = 16 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan maksimum sabuk

$$T = f \times a = 10 \times 16 = 160$$

Massa jenis sabuk

$$= 1 \text{ gm/cm}^3$$

$\therefore$  berat sabuk per meter panjang

$$w = \frac{1 \times 10 \times 1 \times 100}{1000} = 1 \text{ kg/m}$$

Dimana  $T$  = tegangan sentripugal

$T_1$  = tegangan pada sisi ketat

$T_2$  = tegangan pada sisi kendur

Dengan menggunakan hubungan

$$T_c = \frac{w}{g} v^2$$

$$= \frac{1 \times \left(\frac{50}{3}\right)^2}{9,8} = 28,34 \text{ kg}$$

$$\therefore T_1 = T - T_c = 160 - 28,34 \\ = 131,66 \text{ kg}$$

Kita tahu bahwa  $T_1 - T_2 = 1,8T_2$

$$\therefore T_2 = \frac{T_1}{2,8} = \frac{131,66}{2,8} = 47 \text{ kg}$$

Pemindahan tenaga (P)

Gunakan hubungan:

$$P = \frac{T_1 - T_2}{75} \times v \text{ dengan notasi biasa}$$

$$= \frac{31,66 - 47 \frac{50}{3}}{75} = 18,81 \text{ Hp}$$

Kecepatan dimana daya absolut maksimum dapat dipindahkan (v)

Gunakan hubungan

$$v = \sqrt{\frac{Tg}{3w}}$$

$$= \sqrt{\frac{160 \times 9,8}{3 \times 1}} = 22,87 \text{ m/sec}$$

Daya absolut maksimum

Kita ketahuai bahwa tegangan pada sisi ketat

$$T_1 = T - T_c = 160 - \frac{160}{3} = \frac{320}{3} \text{ kg}$$

Dan tegangan pada sisi kendur

$$T_2 = \frac{T_1}{2,8} = \frac{320}{3 \times 2,8} = 38,1 \text{ kg}$$

Lagi gunakan hubungan

$$P = \frac{(T_1 - T_2) \times v}{75}$$

$$= \frac{\left(\frac{320}{3} - 38,1\right) \times 22,87}{75} = 210 \text{ Hp}$$

Contoh 17-6

Sebuah sabuk datar dibutuhkan untuk meneruskan 45 hp dari sebuah puli dengan diameter efektif 150 cm, berputar pada 300 rpm. Sudut kontak terbentang diatas  $11/24$  I keliling dan koefisien gesek 0,3. tentukan dengan memasukan tegangan sentripugal kedalam perhitungan, lebar sabuk yang dibutuhkan. Ditentukan bahwa ketebalan sabuk 9,5 mm, massa jenis sabuk  $1,1 \text{ gr/cm}^3$ , dan tegangan kerja izin gabungan  $25 \text{ kg/cm}^2$ .

Penyelesaian

Dik: daya yang dipindahkan  $P = 45 \text{ hp}$

Diameter puli efektif  $d = 150 \text{ cm} = 1,5 \text{ m}$

Kecepatan puli  $N = 300$  rpm

$\therefore$  Kecepatan sabuk:  $v = \frac{\pi d N}{60} = \frac{\pi \times 1,5 \times 300}{60} = 23,57$  m/sec

Sudut kontak:  $\theta = \frac{11}{24} \times 360^\circ = 165^\circ$   
 $= 165 \times \frac{\pi}{180} = 2,881$  rad

Koefisien gesek:  $\mu = 0,3$

Ketebalan sabuk  $t = 9,5$  mm = 0,95 cm

Massa jenis sabuk  $= 1,1$  gr/cm<sup>3</sup>

Tegangan kerja yang dizinkan  $f = 25$  kg/cm<sup>2</sup>

Gunakan hubungan:

$$P = \frac{(T_1 - T_2) \times v}{75}$$

Atau  $45 = \frac{(T_1 - T_2) \times 23,57}{75}$

$\therefore T_1 - T_2 = \frac{45 \times 75}{23,57} = 142,5$  kg .....(i)

Sekarang gunakan hubungan :

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \text{ dengan notasi biasa}$$
$$= 0,3 \times 2,881 = 0,8643$$

Atau  $\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,8643}{3,2} = 0,3758$

$\therefore \frac{T_1}{T_2} = 2,375$  .....(ii)

Dari persamaan (i) dan (ii)

$$T_1 = 246$$
 kg

Lebar sabuk yang dibutuhkan (b)

Kita tahu bahwa tegangan maksimum yang dapat diterima sabuk

$T = \text{luas penampang sabuk} \times \text{tegangan izin}$

$$= b \times t \times f = b \times 0,95 \times 25 = 23,75b \text{ kg}$$

Dan berat dari sabuk per meter:

$w = \text{luas penampang} \times \text{panjang} \times \text{massa jenis}$

$$= \frac{b \times 0,95 \times 100 \times 1,1}{1000} = 0,1045b \text{ kg}$$

$\therefore$  tegangan santrifugal :

$$T_c = \frac{wv^2}{g} = \frac{0,1045b \times 23,57^2}{9,81} = 5,92b$$

Kita tahu bahwa:

$$T - T_c = T_1$$

$$23,75b - 5,92b = 246$$

$$\therefore b = \frac{246}{17,83} = 13,7 \text{ cm}$$

### 17-19. Tegangan inisial sabuk

Ketika sebuah sabuk menghubungkan dua puli, dua ujungnya disambungkan sehingga sabuk dapat terus berputar pada puli, dimana gerakan dari sabuk (dari penggerak) dan puli yang digerakkan (dari sabuk) diatur oleh cengkaman yang tetap dari gesekan antara sabuk dan puli. Untuk meningkatkan cengkaman tersebut, maka sabuk dikencangkan. Pada keadaan ini walau puli dalam keadaan diam sabuk mendapat beberapa tegangan yang disebut tegangan inisial.

Ketika penggerak mulai berputar akan menarik sabuk pada satu sisi (meningkatkan tegangan sabuk pada sisi ini) dan mengirimkannya ke sisi lainnya (mengurangi tegangan sabuk pada sisi itu). Peningkatan tegangan pada satu sisi sabuk disebut tegangan pada sisi ketat dan penurunan tegangan pada sisi lainnya disebut tegangan pada sisi kendur.

$T_0 = \text{tegangan inisial sabuk}$

$T_1 = \text{tegangan pada sisi ketat sabuk}$

$T_2 = \text{tegangan pada sisi kendur sabuk}$

$\alpha$  = koefisien peningkatan panjang sabuk per satuan gaya

sedikit pertimbangan akan menunjukkan bahwa peningkatan tegangan pada sisi ketat adalah  $= T_1 - T_0$  dan peningkatan panjang sauk pada sisi ketat

$$= \alpha (T_1 - T_0) \quad \dots(i)$$

Pengurangan tegangan pada sisi kendur adalah  $= T_0 - T_2$

Dan pengurangan panjang sabuk pada sisi kendur

$$= \alpha (T_0 - T_2) \quad \dots(ii)$$

Dengan asumsi bahwa bahan sabuk elastis sempurna dimana panjang sabuk tetap baik dalam keadaan diam ataupun bergerak, sehingga penambahan panjang pada sisi ketat sama dengan pengurangan panjang pada sisi kendur. Dengan demikian persamaan (i) dan (ii)

$$\alpha (T_1 - T_0) = \alpha (T_0 - T_2)$$

$$(T_1 - T_0) = (T_0 - T_2)$$

$$\therefore T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (\text{abaikan tegangan sentripugal})$$

$$= \frac{T_1 + T_2 + 2Tc}{2} \quad (\text{mempertimbangkan tegangan sentripugal})$$

Catatan: pada praktik sebenarnya bahan sabuk tidak elastis sempurna sehingga jumlah tegangan  $T_1$  dan  $T_2$ , ketika sabuk memindahkan daya, selalu lebih besar 2 kali tegangan inisial. Berdasarkan C. G. Barth, hubungan antara  $T_0$ ,  $T_1$ , dan  $T_2$

$$\sqrt{T_1} + \sqrt{T_2} = 2\sqrt{T_0}$$

#### Contoh 17-7

Dua poros paralele yang garis tengahnya terpisah 4,8 m dihubungkan dengan sebuah sabuk terbuka. Diametrer puli besar 1,5 m dan puli keci 1,05 m. tegangan inisial pada sabuk ketika diam adalah 3 kN. Massa sabuk adalah 1,5 kg/m. koefisien gesek 0,3. dengan memperhitungkan tegangan sentripugal ke dalm perhitungan, hitung daya kuda ynag di pindahkan ketika puli kecil berputar 400 rpm

#### Penyelesaian

Dik: jarak antar poros  $x = 4,8$  m

Diameter puli besar  $d_1 = 1,5$  m

Jari-jari	$r_1 = 0,75 \text{ m}$
Diameter puli kecil	$d_2 = 1,05 \text{ m}$
Jari-jari	$r_2 = 0,525 \text{ m}$
Tegangan inisial	$T_0 = 3 \text{ kN} = 3000 \text{ N}$
Massa sabuk	$m = 1,5 \text{ kg/m}$
Koefisien gesek	$\mu = 0,3$
Kecepatan puli kecil	$N = 400 \text{ rpm}$

$$\therefore \text{kecepatan puli kecil: } v = \frac{\pi d_2 N}{60} = \frac{\pi \times 1,05 \times 400}{60} = 22 \text{ m/s}$$

Kita tahu bahwa tegangan sentrifugal:

$$T_c = mv^2 = 1,5 \times 22^2 = 726 \text{ N}$$

Dimana  $T_1$  = tegangan pada sisi ketat

$T_2$  = tegangan pada sisi kendur

Gunakan hubungan:

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2 + 2T_c}{2} \text{ dengan notasi biasa}$$

$$3000 = \frac{T_1 + T_2 + 2 \times 726}{2}$$

$$\therefore T_1 + T_2 = 4548 \text{ N} \quad \dots(i)$$

Kita juga ketahui bahwa untuk sabuk bergerak terbuka:

$$\sin \alpha = \frac{r_1 - r_2}{x} = \frac{0,75 - 0,625}{4,8} = 0,0468$$

$$\therefore \alpha = 2^\circ 41'$$

$\therefore$  sudut lintasan puli kecil

$$\begin{aligned} \theta &= 180^\circ - 2\alpha = 180^\circ - 2 \times 2^\circ 41' \\ &= 174^\circ 38' = 3,05 \text{ rad} \end{aligned}$$

Sekarang gunakan hubungan

$$\begin{aligned} 2,3 \log \frac{T_1}{T_2} &= \mu \theta \text{ dengan notasi biasa} \\ &= 0,3 \times 3,05 \end{aligned}$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,3 \times 3,05}{2,3} = 0,3978$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = 2,5$$

Atau  $T_1 = 2,5 \cdot T_2$

Substitusikan nilai  $T_1$  ke persamaan (i)

$$2,5T_2 + T_2 = 4548$$

$$T_2 = 1299,4 \text{ N}$$

$$T_1 = 4548 - 1299,4 = 3248,6 \text{ N}$$

Daya kuda yang dipindahkan (P)

Dengan hubungan

$$\begin{aligned} P &= (T_1 + T_2) \cdot v \\ &= (3248,6 + 1299,4) \cdot 22 = 20880 \text{ W} \\ &= 20,88 \text{ Kw} \end{aligned}$$

### 17-20. Sabuk – V

Terbuat dari kain dan kawat tercetal dalam karet dan terbungkus dengan kain dan karet seperti pada gambar 17-19 (a). Sabuk ini berbentuk seperti trapesium dan dibuat tanpa ujung. Sangat cocok khususnya untuk penggerak pendek. Sudut sabuk V biasanya antara  $30^\circ - 40^\circ$ . Daya dipindahkan dengan aksi baji antara sabuk dan lekukan V pada puli atau katrol. Jarak disediakan pada dasar lekukan seperti pada gambar 17-19 (b), untuk mencegah menyentuh dasar, karena untuk mencegah keausan. Sabuk V dapat dipasang dengan berbagai sudut dengan sisi sempit berada di atas atau di bawah. Untuk meningkatkan keluaran daya beberapa sabuk V dapat dioperasikan dari sisi ke sisi. Perlu diketahui bahwa pada sabuk V multiple, semua sabuk harus direntangkan dengan kekencangan yang sama sehingga beban terbagi dengan rata pada semua sabuk. Ketika salah satu sabuk putus, semua sabuk harus diganti bersama-sama. Jika hanya satu sabuk yang diganti, sabuk yang baru akan terentang lebih ketat dan bergerak dengan kecepatan yang berbeda.

Sabuk V dibuat dalam lima jenis, yaitu A, B, C, D, dan E. Dimensi standard sabuk V ditunjukkan pada tabel 17-4. Puli untuk sabuk V dapat dibuat dari besi tuang atau baja press untuk mengurangi bobot. Dimensi standard puli berlekuk V ditunjukkan pada table 17-5.

**Tabel 17-4**

Dimensi standard sabuk V

<i>Jenis sabuk</i>	<i>Cakupan daya kuda</i>	<i>Diameter lereng minimum puli (D) mm</i>	<i>Lebar puncak (b) mm</i>	<i>Ketebalan (t) mm</i>	<i>Berat per meter dalam kg</i>
A	1 – 5	75	13	8	0,106
B	3 – 20	125	17	11	0,189
C	10 – 100	200	22	14	0,343
D	30 – 200	355	32	19	0,596
E	40 – 500	500	38	23	-

**Tabel 17-5**

Dimensi standard puli berlekuk V

(semua dimensi dalam mm)

<i>Jenis sabuk</i>	<i>w</i>	<i>d</i>	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>Jumlah lekukan pada katrol</i>
A	11	12	3,3	8,7	10	15	6
B	14	15	4,2	10,8	12,5	19	9
C	19	20	5,7	14,3	17	25,5	14
D	27	28	8,1	19,9	24	37	14
E	32	33	9,6	23,4	29	44,5	20

Catatan : Lebar muka (B) = (n – 1) e + 2e

### 17-21. Panjang Lereng Standar Sabuk V

Berdasarkan IS:2494 – 1964, sabuk V ditunjukkan oleh jenisnya dan nominal panjang bagian dalam. Sebagai contoh, sebuah sabuk V jenis A dengan



panjang bagian dalam 914 mm ditunjukkan sebagai A 914 – IS:2494. panjang standard bagian dalam sabuk V dalam mm adalah:

610, 660, 711, 787, 813, 889, 914, 965, 991, 1016, 1067, 1092, 1168, 1219, 1295, 1372, 1397, 1422, 1473, 1524, 1600, 1626, 1651, 1727, 1778, 1905, 1981, 2032, 2057, 2159, 2286, 2438, 2464, 2540, 2667, 2845, 3048, 3150, 3251, 3404, 3658, 4013, 4115, 4394, 4572, 4953, 5334, 6045, 6807, 7569, 8331, 9093, 9885, 10617, 12141, 13665, 15189, 16713.

Panjang lereng diperoleh dengan menambahkan 36 mm untuk jenis A, 43 mm untuk jenis B, 56 mm untuk jenis C, 79 mm untuk jenis D, dan 92 mm untuk jenis E.

### **17-22. Keuntungan dan Kerugian Sabuk V Dibandingkan Sabuk Datar**

Berikut adalah keuntungan dan kerugian sabuk V dibandingkan dengan sabuk datar:

Keuntungan sabuk V:

1. Sabuk V memberikan kerapatan terhadap jarak yang kecil antar pusat puli.
2. Gerakannya positif, karena pergelinciran antara sabuk dengan puli dapat diabaikan.
3. Operasi sabuk dan puli lebih tenang.
4. Sabuk mempunyai kemampuan meredam guncangan pada saat mesin mulai bekerja.
5. Perbandingan kecepatan yang tonggi (maksimum 10) dapat dicapai.
6. Aksi baji sabuk dengan lekukan memberikan nilai tinggi dalam pembatasan perbandingan tegangan. Maka daya yang dipindahkan oleh sabuk V lebih dari sabuk rata pada koefisien gesek yang sama, busur kontak dan tegangan izin pada sabuk yang sama.
7. Sabuk V dapat beroperasi pada dua arah, dengansisi yang sempit berada diatas atau dibawah. Garis tengahnya dapat mendatar, tegak atau mendaki.

Kerugian sabuk V:

1. Sabuk V tidak dapat digunakan dengan jarak antar puli yang besar.
2. Sabuk V tidak seawet sabuk datar.
3. Konstruksi puli untuk sabuk V lebih rumit dari puli sabuk datar.

### 17-23. Perbandingan tegangan sabuk V pada saat bergerak

Sebuah sabuk V dengan puli berlekuk ditunjukkan oleh gambar 17-20

Dimana  $R_1$  = reaksi normal antara sabuk dengan tepi lekukan

$R$  = reaksi total pada lekukan

$2\alpha$  = sudut lekukan

$\mu$  = koefisien gesek antara sabuk dengan tepi lekukan

Menentukan reaksi vertical ada lekukan

$$\begin{aligned} R &= R_1 \sin \alpha + R_1 \sin \alpha \\ &= 2R_1 \sin \alpha \end{aligned}$$

Atau 
$$R_1 = \frac{R}{2 \sin \alpha}$$

Kita ketahui bahwa gaya gesek

$$\begin{aligned} &= 2\mu R_1 = 2\mu \times \frac{R}{2 \sin \alpha} = \frac{\mu R}{\sin \alpha} \\ &= \mu R \operatorname{cosec} \alpha \end{aligned}$$

Dengan mempertimbangkan sebagian sabuk seperti pada pembahasan 17-16 membentuk sudut  $\delta\theta$  ditengah-tengah, tegangan pada satu sisi akan sebesar  $T$  dan sisi lainnya  $T + \delta T$ . Sekarang berdasarkan hasil pembahasan 17-16 kita mendapat tahanan gesek sama dengan  $\mu R \operatorname{cosec} \alpha$  berlawanan dengan  $\mu R$ . Dengan demikian hubungan antara  $T_1$  dan  $T_2$  untuk sabuk adalah:

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \operatorname{cosec} \alpha$$

### 17-24. Sabuk V- flat

Pada beberapa kasus, khususny aketika sabuk datar diganti dengan sabuk V, akan lebih hemat menggunakan puli bermuka rata, sebagai ganti puli berlekuk

besar seperti pada gambar 17-21. Biaya untuk pembentukan lekukan dapat dihilangkan. Sabuk seperti itu dikenal sebagai sabuk V-flat.

#### Contoh 17-8

Sebuah kompresor membutuhkan 120 hp untuk berputar sekitar 250 rpm. Digerakkan oleh sabuk V oleh sebuah motor listrik yang berputar 750 rpm. Diametr puli pada poros kompresor tidak boleh lebih besar dari 1 m dimana jara antar pusat puli dibatasi 1,75 m. kecepatan sabuk tidak boleh melebihi 1600 m/min.

Tentukan jumlah sabuk V yang dibutuhkan untuk memindahkan daya tersebut jika masing-masing sabuk mempunyai luas penampang  $3,75 \text{ cm}^2$  dan berat  $0,001 \text{ kg/cm}^3$  dan tegangan tarik yang diizinkan  $25 \text{ kg/cm}^2$ . Sudut lekukan puli  $35^\circ$ . Koefisien gesek antara pulu 0,25. Hitung juga panjang asbuk yang dibutuhkan.

#### Penyelesaian

Dik: daya kuda yang dibutuhkan	$P = 120 \text{ hp}$
Kecepatan kompresor	$N_1 = 250 \text{ rpm}$
Kecepatan motor	$N_2 = 750 \text{ rpm}$
Diameter puli kompresor	$d_1 = 1 \text{ m}$
Jarak antar pusat puli	$x = 1,75 \text{ m}$
Kecepatan sabuk	$v = 1600 \text{ m/min} = \frac{1600}{60} = \frac{80}{3} \text{ m/sec}$
Luas penampang masing-masing sabuk	$a = 3,75 \text{ cm}^2$
Massa jenis sabuk	$= 0,001 \text{ kg/cm}^3$
Tegangan tarik yang dizinkan	$f = 25 \text{ kg/cm}^2$
Sudut lekukan puli	$2\alpha = 35^\circ$ $\alpha = 17,5^\circ$
koefisien gesek	$\mu = 0,25$

Kita ketahui bahwa berat dari sabuk per meter

$$w = \text{luas} \times \text{Panjang} \times \text{massa jenis}$$

$$= 3,75 \times 100 \times 0,001 = 0,375 \text{ kg}$$

∴ tegangan centripugal

$$T_c = \frac{w}{g} v^2$$

$$T_c = \frac{0,375}{9,81} \times \left(\frac{80}{3}\right)^2 = 27,2 \text{ kg}$$

Dan tegangan maksimum sabuk adalah:

$$\begin{aligned} T &= f \times a \\ &= 25 \times 3,75 = 93,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

∴ tegangan sisi ketat sabuk :

$$\begin{aligned} T_1 &= T - T_c \\ &= 93,8 - 27,2 = 66,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$d_2$  = diameter puli

gunakan hubungan

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1} \text{ dengan notasi yang biasa}$$

$$\therefore d_2 = \frac{N_1 \times d_1}{N_2} = \frac{250 \times 1}{750} = \frac{1}{3} \text{ m}$$

Kita ketahui bahwa untuk sebuah sabuk terbuka:

$$\begin{aligned} \sin \Phi &= \frac{r_1 - r_2}{x} = \frac{d_1 - d_2}{2x} \\ &= \frac{1 - \frac{1}{3}}{2 \times 1,75} = \frac{2}{10} = 0,1907 \end{aligned}$$

$$\therefore \Phi = 11^\circ$$

Dan sudut dari lintasan puli kecil

$$\begin{aligned} \theta &= 180^\circ - 2\Phi \\ &= 180^\circ - 2 \times 11 = 158^\circ \\ &= 158^\circ \times \frac{\pi}{180} = 2,76 \text{ rad} \end{aligned}$$

Sekarang gunakan hubungan

$$\begin{aligned}2,3 \log \frac{T_1}{T_2} &= \mu \theta \operatorname{cosec} \alpha \\ &= 0,25 \times 2,76 \operatorname{cosec} 17,5 \\ \log \frac{T_1}{T_2} &= \frac{0,25 \times 2,76 \operatorname{cosec} 17,5^\circ}{2,3} = 0,997\end{aligned}$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = 9,931 \text{ (dambil dari anti log 0,97)}$$

$$\text{Dan } T_2 = \frac{T_1}{9,931} = \frac{66,6}{9,931} = 6,7 \text{ kg}$$

Jumlah V-belt

Kita ketahui bahwa perpindahan daya kuda tiap sabuk:

$$\begin{aligned}&= \frac{(T_1 - T_2) v}{75} \\ &= \frac{(66,6 - 6,7) 80}{75 \times 3} = 21,3 \text{ hp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{jumlah dari V-belt} \\ &= \frac{\text{Perpindahan daya kuda total}}{\text{Daya kuda tiap tali}} \\ &= \frac{120}{21,3} = 5,65 \text{ atau } 6 \text{ Ans}\end{aligned}$$

Panjang dari tiap sabuk

L = Panjang dari tiap sabuk

Kita ketahui bahwa jari-jari dari puli pada poros kompresor

$$r_1 = \frac{d_1}{2} = \frac{1}{2} \text{ m}$$

Dan jari-jari puli pada poros motor

$$r_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{1}{3 \times 2} = \frac{1}{6} \text{ m}$$

Dengan hubungan

$$L = \left[ \pi \left( r_1 + r_2 \right) + 2x + \frac{\left( r_1 - r_2 \right)^2}{x} \right] \text{ dengan notasi biasa}$$

$$= \pi \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \right) + 2 \times 1,75 + \frac{\left( \frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right)^2}{1,75}$$

$$= 2,1 + 3,5 + 0,143 = 5,743 \text{ m}$$

Contoh 17-9

Dua poros dengan titik pusat berjarak 100 cm dihubungkan dengan sebuah sabuk V. Puli penggerak mempunyai daya 125 hp, dan memiliki diameter efektif 30 cm, berputar pada 1000 rpm. Puli yang digerakan berputar 375 rpm. Sudut lekukan puli  $40^\circ$ . Tegangan izin pada tiap  $4 \text{ cm}^2$  luas penampang sabuk adalah  $21 \text{ kg/cm}^2$ . Bahan sabuk memiliki berat  $1,11 \text{ gr/cm}^3$ . Puli yang digerakan bergantung, jarak pusat puli dari bantalan terdekat adalah 20 cm. koefisien gesek antara sabuk dan puli 0,28. Tentukan:

- jumlah sabuk yang diperlukan?
- Diameter poros puli yang digerakan, jika tegangan geser yang diizinkan  $420 \text{ kg/cm}^2$  ?

Penyelesaian

Dik: Jarak antar pusat poros	$x = 100 \text{ cm}$
Daya kuda yang mensupply puli	$P = 125 \text{ hp}$
Diameter efektif puli	$d_1 = 30 \text{ cm}$
Kecepatan puli penggerak	$N_1 = 1000 \text{ rpm}$
Kecepatan yang digerakan	$N_2 = 375 \text{ rpm}$
Sudut lekukan puli	$2 \alpha = 40^\circ \therefore \alpha = 20^\circ$
Luas penampang masing-masing sabuk	$a = 4 \text{ cm}^2$
Massa jenis sabuk	$= 1,11 \text{ gr/cm}^3$
Tegangan yang diizinkan	$f = 21 \text{ kg/cm}^2$
Jarak antara pusat puli yang digerakan dengan bantalan terdekat	$= 20 \text{ cm}$
koefisien gesek	$\mu = 0,28$

Kita ketahui bahwa berat sabuk tiap meter

$$w = \text{luas} \times \text{Panjang} \times \text{massa jenis} \\ = 4 \times 100 \times 1,11 = 444 \text{ gm} = 0,444 \text{ kg}$$

∴ tegangan sentripugal

$$T_c = \frac{w}{g} v^2$$

$$T_c = \frac{0,444}{9,81} \times \left( \frac{\pi \times 0,3 \times 1000}{60} \right)^2 = 11,2 \text{ kg} \quad \left[ \because v = \frac{\pi D_1 N_1}{60} \right]$$

Tegangan maksimum sabuk

$$T = f \times a \\ = 21 \times 4 = 84 \text{ kg}$$

∴ Tegangan pada sisi ketat

$$T_1 = T - T_c \\ = 84 - 11,2 = 72,8 \text{ kg}$$

$d_2$  = diameter puli yang digerakan

Dengan hubungan

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1} \text{ dengan notasi yang biasa}$$

$$\therefore d_2 = \frac{N_1 \times d_1}{N_2} = \frac{375 \times 30}{1000} = 11,25 \text{ cm}$$

Kita ketahui bahwa kecepatan buka sabuk adalah:

$$\sin \Phi = \frac{r_1 - r_2}{x} = \frac{d_1 - d_2}{2x} \\ = \frac{30 - 11,25}{2 \times 100} = 0,09375$$

$$\therefore \Phi = 5^\circ 23' = 5,38^\circ$$

Dan sudut dari lintasan puli kecil

$$\theta = 180^\circ - 2\Phi \\ = 180^\circ - 2 \times 5,38^\circ = 169,24^\circ$$

$$= 169,24^\circ \times \frac{\pi}{180} = 2,95 \text{ rad}$$

Sekarang gunakan hubungan

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \cos ec \alpha \text{ dengan notasi biasa}$$

$$= 0,28 \times 2,95 \cos ec 20^\circ$$

$$= 0,28 \times 2,95 \times 2,9238 = 2,42$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{2,42}{2,3} = 1,05$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = 11,22$$

$$\text{Dan } T_2 = \frac{T_1}{11,22} = \frac{66,6}{11,22} = 6,47 \text{ kg}$$

a. Jumlah sabuk yang diperlukan

Kita ketahui bahwa perpindahan daya kuda tiap sabuk:

$$\begin{aligned} &= \frac{D_1 - T_2}{75} = \frac{D_1 - T_2}{70 \times 60} N_1 \\ &= \frac{2,8 - 6,47}{4500} \times 0,3 \times 1000 = 13,88 \text{ hp} \end{aligned}$$

$\therefore$  jumlah sabuk yang diperlukan

$$= \frac{\text{Daya kuda total}}{\text{Daya kuda tiap sabuk}}$$

$$= \frac{125}{13,88} = 9$$

b. diameter poros puli yang digerakan

d = Diameter penggerak poros puli

Kita ketahui bahwa perpindahan torsi oleh poros puli yang digerakan

$$\begin{aligned} T &= \frac{P \times 4500}{2\pi N_2} \\ &= \frac{125 \times 4500}{2\pi \times 375} = 22,9 \text{ kg-m} \end{aligned}$$



$$= 2290 \text{ kg-cm}$$

Dan momen lentur

$$M = (T_1 + T_2 + T_c) r$$

$$= (72,8 + 6,47 + 2 \times 11,2) 20 = 2033,4 \text{ kg-cm}$$

∴ Momen puntir equivalent

$$T_e = \sqrt{T^2 + M^2}$$

$$= \sqrt{(2290)^2 + (2033,4)^2} = 3062 \text{ kg-cm}$$

Gunakan hubungan

$$T_e = \frac{\pi}{16} f_s d^3$$

$$\therefore d^3 = \frac{16 T_e}{\pi f_s}$$

$$= \frac{16 \times 3062}{0,420} = 37,13$$

$$\therefore d = \sqrt[3]{37,13} = 3,364 \text{ atau } 3,5 \text{ cm}$$

## 17-25 Tali

Tali untuk meneruskan daya biasanya terbuat dari manila, rami dan katun. Biasanya mempunyai penampang berbentuk lingkaran, seperti gambar 17-22 (a). salah satu keuntungan utama dari tali adalah beberapa penggerak terpisah dapat diambil dari satu puli penggerak.

Sebagai contoh pada banyakan penggilingan berputar, poros-poros pada setiap lantai digerakan oleh tali yang berhubungan langsung dengan puli dengan puli motor utama di lantai dasar. Sudut lekukan pada puli untuk tali biasanya  $45^\circ$ . sudut-sudut pada puli dibuat sempit dibagian bawah, sehingga tali terjepit diantara tepi-tepi dari lekukan V. untuk meningkatkan daya cengkram tali terhadap puli. Lekukan tersebut harus dibuat harus agar tidak mengikis tali. Diameter katrol harus besar untuk meningkatkan daya tahan tali terhadap gesekan dalam dan tegangan lentur. Ukuran yang tepat dari roda-roda katrol adalah  $40d$  dan ukuran minimalnya adalah  $36d$ , dimana  $d$  adalah diameter tali dalam cm.

Seperti halnya sabukV, perbandingan tegangan ketika bergerak adalah didapat dari

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \cos e c \alpha$$

Catatan: pada kasus daya diteruskan dengan jarak yang besar seperti penambangan, kerekan, dan sebagainya, tali kawat baja lebih banyak digunakan. Tali kawat bergerak pada puli berlekuk tetapi terletak pada dasar lekukan dan tidak terjepit diantara tepi-tepi lekukan. Tali kawat memiliki keuntungan dibandingkan tali katun diantaranya:

1. lebih ringan.
2. operasinya tidak berisik
3. dapat menahan beban kejut
4. lebih dapat diandalkan
5. tidak terlepas dengan tiba-tiba

Contoh 17-10

Sebuah tali memindahkan daya 350 hp dari puli berdiameter 120 cm, berputar pada kecepatan 350 rpm. Sudut lintasan dapat diambil  $\pi$  radian. Setengah dari sudut lekukan adalah  $22,5^0$ . Tali yang digunakan berdiameter 5 cm, beratnya 1,3 kg/m dan masing-masing tali memiliki tarikan maksimum 220 kg dan koefisien gesek dengan puli 0,3. Tentukan jumlah tali yang diperlukan.

Jika gantungan puli 50 cm tentukan ukuran yang tepat untuk poros puli jika terbuat dari baja dengan tegangan geser  $400 \text{ kg/cm}^2$ .

Penyelesaian

Dik: daya kuda yang dipindahkan	P = 350 hp
Diameter puli	d = 120 cm
Kecepatan	N = 300 rpm

$$\text{Kecepatan tali } v = \frac{\pi d N}{60} = \frac{\pi \times 120 \times 300}{60} = 1885 \text{ cm/sec} = 18,85 \text{ m/sec}$$

Sudut putaran	$\theta = \pi \text{ rad}$
Setengah sudut lekukan	$\alpha = 22,5^0$
Diameter tali	= 5 cm

Berat tali  $w = 1,3 \text{ kg/m}$   
 Tarikan maksimum tiap tali  $T = 220 \text{ kg}$   
 Koefisien gesek  $\mu = 0,3$   
 Tegangan geser pada bahan poros  $f_s = 400 \text{ kg/cm}^2$

Kita ketahi bahwa teangan sentripugal

$$T_c = \frac{w}{g} v^2 = \frac{1,3}{9,81} \times (8,85)^2 = 47 \text{ kg}$$

$\therefore$  tegangan sisi ketat tali

$$T_1 = T - T_c = 220 - 47 = 173 \text{ kg}$$

$T_2 =$  tegangan pada sisi kendur tali

Gunakan hubungan

$$\begin{aligned} 2,3 \log \frac{T_1}{T_2} &= \mu \theta \operatorname{cosec} \alpha \\ &= 0,3 \times \pi \times \operatorname{cosec} 22 \frac{1}{2}^\circ \\ &= 0,3 \times \pi \times 2,6131 = 2,46 \end{aligned}$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{2,46}{2,3} = 1,069$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = 11,72$$

Dan 
$$T_2 = \frac{T_1}{11,72} = \frac{173}{11,72} = 14,76 \text{ kg}$$

Jumlah tali yang diperlukan

Kita tahu bahwa daya kuda yang di pindahkan tiap tali

$$\begin{aligned} &= \frac{(T_1 - T_2) v}{75} \\ &= \frac{(173 - 14,76) \cdot 8,85}{75} = 39,8 \text{ hp} \end{aligned}$$

$\therefore$  jumlah tali yang diperlukan

$$= \frac{\text{Daya kuda total}}{\text{Daya kuda tiap tali}}$$

$$= \frac{350}{39,8} = 8,8 = 9$$

Diameter poros puli

$$d_1 = \text{Diameter poros puli}$$

Kita ketahui bahwa perpindahan torsi oleh poros puli

$$\begin{aligned} T &= \frac{P \times 4500}{2\pi N_2} \\ &= \frac{350 \times 4500}{2\pi \times 30} = 835,56 \text{ kg-m} \\ &= 83,556 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

Jika gantungan puli 50 cm maka momen lentur pada poros tergantung pada tarikan tali

$$\begin{aligned} M &= (T_1 + T_2 + T_c) \times 9 \\ &= (173 + 14,67 + 2 \times 47) \times 450 = 126.792 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

∴ momen puntir equivalent

$$\begin{aligned} T_e &= \sqrt{T^2 + M^2} \\ &= \sqrt{(83,556)^2 + (126.792)^2} = 151.850 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

Gunakan hubungan

$$T_e = \frac{\pi}{16} f_s d^3$$

$$\begin{aligned} \therefore d^3 &= \frac{16 T_e}{\pi f_s} \\ &= \frac{16 \times 151.850}{0,4 \times 400} = 1933,4 \end{aligned}$$

$$\therefore d = \sqrt[3]{1933,4} = 12,45 \text{ atau } 12,5 \text{ cm}$$