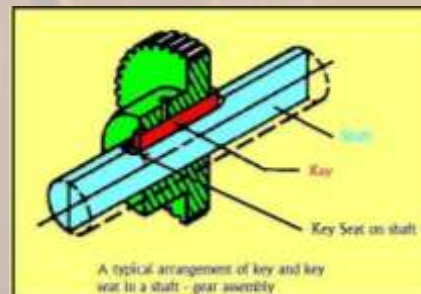


PASAK DAN SPLINE

RINI YULIANINGSIH

PASAK

- Pasak berfungsi untuk menghubungkan antara bagian penggerak seperti pulley, sproket rantai dan roda gigi dengan poros/as.
- Torsi dan daya di transmisikan melalui pasak dari dan menuju poros.



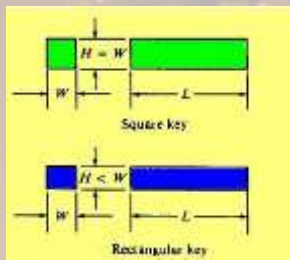
Tujuan

Setelah materi selesai, mahasiswa diharapkan mampu untuk:

- Menjelaskan berbagai jenis pasak
- Menentukan ukuran pasak pada kondisi poros tertentu
- Menentukan bahan pasak yang sesuai
- Mendesai pasak secara lengkap, termasuk alur pasak

Tipe-tipe pasak

1. Square and rectangular Parallel keys

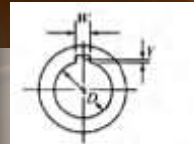


Dapat diaplikasikan pada semua aplikasi
Ukuran pasak didasarkan pada ukuran poros

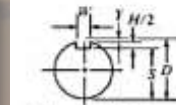
Tabel Pemilihan pasak

Nominal shaft diameter		Nominal key size		
Over	To (incl.)	Width, W	Height, H	
			Square	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1	1/4	1/4	3/16
1 1/8	1 1/8	5/16	5/16	1/4
1 1/4	1 1/4	3/8	3/8	1/4
1 1/2	2 1/8	1/2	1/2	3/8
2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	7/16
2 1/4	3 1/8	3/4	3/4	1/2
3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	5/8
3 1/4	4 1/8	1	1	3/4
4 1/8	5 1/8	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/8	6 1/8	1 1/2	1 1/2	1
6 1/8	7 1/8	1 3/4	1 3/4	1 1/8
7 1/8	9 1/8	2	2	1 1/4
9 1/8	11 1/8	2 1/4	2 1/4	1 3/8
11 1/8	13 1/8	3	3	2
13 1/8	15 1/8	3 1/2	3 1/2	2 1/8
15 1/8	18 1/8	4		3
18 1/8	22 1/8	5		3 1/2
22 1/8	26 1/8	6		4
26 1/8	30 1/8	7		5

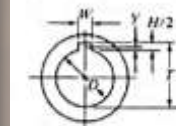
Source: Reprinted from ANSI Standard B17.1-1975(R1981), by permission of the American Society of Mechanical Engineers. All rights reserved.



(a) Chordal height



(b) Depth of shaft keyseat



(c) Depth of hub keyseat

$$Y = \frac{D - \sqrt{D^2 - W^2}}{2}$$

$$S = D - Y - \frac{H}{2} \\ = \frac{D - H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2}$$

$$T = D - Y + \frac{H}{2} + C \\ = \frac{D + H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2} + C$$



C: kelonggaran

+ 0.005 in kelonggaran untuk pasak paralel

- 0.020 in interference untuk pasak meruncing

D: Diameter nominal poros, in

H: Tinggi nominal pasak, in

W: Lebar nominal pasak, in

Y: Tinggi chordal, in

Ukuran jari-jari fillet dan chamfer yang dianjurkan

$H/2$, keyseat depth		Fillet radius	45° chamfer
Over	To (incl.)		
1/8	1/4	1/32	3/64
1/4	1/2	1/16	5/64
1/2	7/8	1/8	5/32
7/8	1 $\frac{1}{4}$	3/16	7/32
1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1/4	9/32
1 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$	3/8	13/32

Source: Reprinted from ASME B17.1-1967 by permission of the American Society of Mechanical Engineers. All rights reserved.
Note: All dimensions are given in inches.

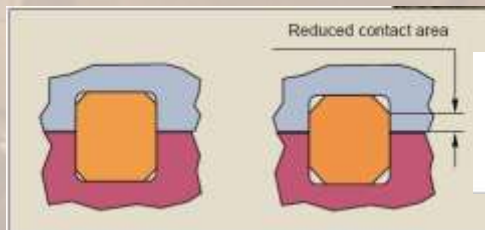
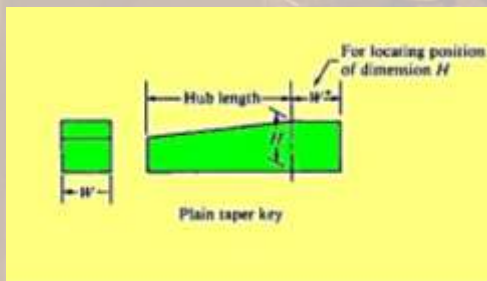


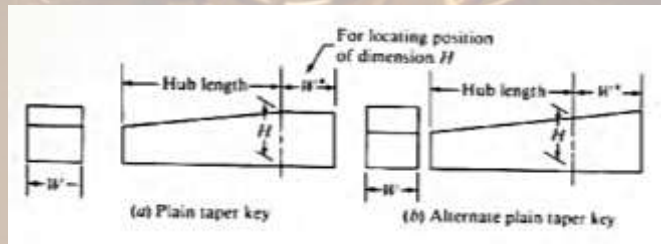
Figure 2 — The corners of a key are chamfered (left) to avoid interference with radii in the keyway. But chamfers that are too large (right) reduce contact areas so that high loads may cause key deformation.

2. Tapered Keys / pasak meruncing

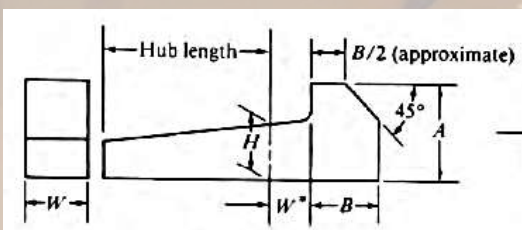


- pasak memiliki penampang melintang persegi empat dengan ukuran yang bervariasi.
- Penggunaan: Diutamakan untuk kemudahan pemasangan dan pelepasan pasak

- pasak diperpanjang sedikit melebihi naf
- Kemiringan pada umumnya 1/8 in/ft
- Luas bantalan lebih kecil → harus di cek tegangan bearingnya
- H diukur pada ujung naf

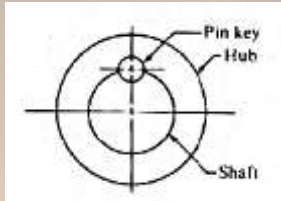


3. Gib head Key



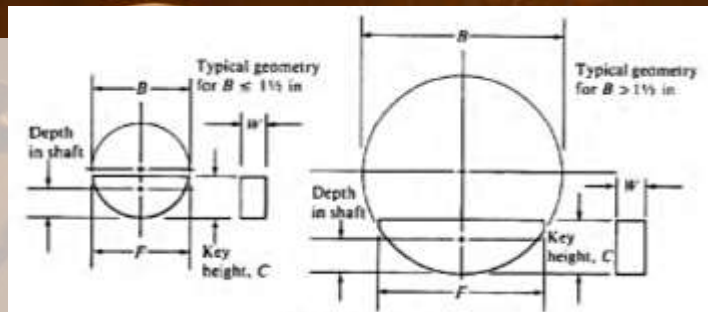
- Sama dengan pasak meruncing namun ujungnya memiliki kepala
- pasak mudah di cabut

4. Pin Keys



- Berupa pin silinder yang terdapat pada lubang silinder pada poros dan naf
- Konsentrasi tegang rendah

5. Woodruff Keys



- Digunakan untuk beban yang ringan dan diinginkan kemudahan dalam bongkar pasang

Key number	Nominal key size, $W \times B$	Actual length, F	Height of key, C	Shaft keyseat depth	Hub keyseat depth
202	$1/16 \times 1/4$	0.248	0.104	0.0728	0.0372
204	$1/16 \times 1/2$	0.491	0.200	0.1668	0.0372
406	$1/8 \times 3/4$	0.740	0.310	0.2455	0.0685
608	$3/16 \times 1$	0.992	0.435	0.3393	0.0997
810	$1/4 \times 1 1/4$	1.240	0.544	0.4170	0.1310
1210	$3/8 \times 1 1/2$	1.240	0.544	0.3545	0.1935
1628	$1/2 \times 3$	2.880	0.935	0.6830	0.2560
2428	$3/4 \times 3$	2.880	0.935	0.5580	0.3810

Source: Reprinted from ASME B17.2-1967, by permission of the American Society of Mechanical Engineers. All rights reserved.

Note: All dimensions are given in inches.

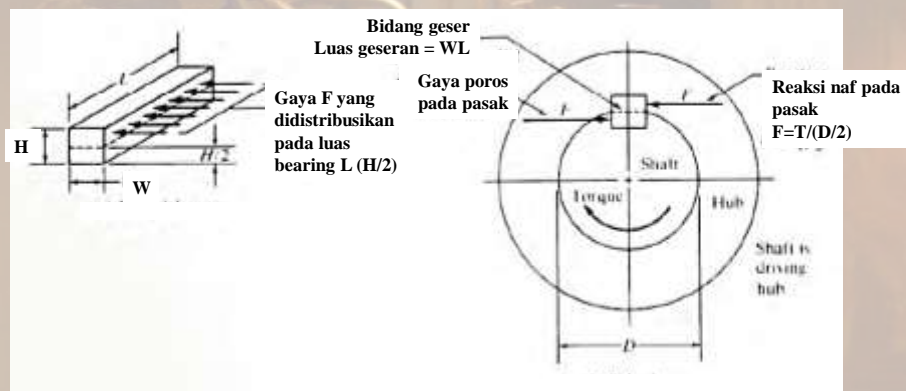
Bahan pasak

- Bahan yang sering digunakan adalah karbon rendah, besi beton.
- Contoh AISI 1020 CD memiliki ultimate tensile strength 420 Mpa, yield strength 352 Mpa, perpanjangan 15 %

Analisis Tegangan untuk menentukan panjang pasak

Dua hal yang menyebabkan kegagalan pasak dalam meneruskan daya adalah:

1. Geseran pada interface poros dan naf
2. Kegagalan kompresi karena aksi bearing antara pasak dengan bahan poros atau naf.



Gaya reaksi pada naf terhadap pasak menghasilkan gaya yang berlawanan arah terhadap gaya pada pasak.

$$\text{Besarnya gaya geser: } F = \frac{T}{D/2}$$

$$\text{Sehingga tegangan geser : } \tau = \frac{F}{A} = \frac{T}{\frac{D}{2}WL} = \frac{2T}{WDL}$$

$$\text{Tegangan desain untuk geseran adalah: } \tau_d = \frac{0.5S_y}{N}$$

$$\text{Sehingga } L = \frac{2T}{\tau_d WD} \dots\dots\dots(1)$$

Kegagalan pada bantalan berhubungan dengan tegangan tekan pada sisi kuni, sisi poros dan sisi naf.

Luas kompresi sama yaitu $L \times H/2$

Kegagalan terjadi pada yield strenght tekan terendah

$$\text{Tegangan desain untuk kompresi adalah } \tau_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\text{Tegangan tekan adalah } \sigma = \frac{F}{A_c} = \frac{T}{\frac{D}{2} \times L \times \frac{H}{2}} = \frac{4T}{DHL}$$

$$\text{Sehingga panjang pasak } L = \frac{4T}{\tau_d HD} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk desain pasak bujur sangkar, maka persamaan 1 dan 2 menghasilkan nilai yang sama.

Substitusi tegangan desain menghasilkan:

$$L = \frac{4TN}{DWS_y} \dots\dots\dots (3)$$

Jika kekuatan bahan poros/naf lebih rendah dari pasak, evaluasi dengan persamaan 2 harus dilakukan

Prosedur Desain pasak Paralel

1. Sempurnakan desain poros (diameter, bahan, tempat pasak)
2. Pilihlah ukuran pasak dari Tabel
 - Pilih pasak bujur sangkar jika diameter poros < 6.5 in
 - Pilih persegi panjang jika diameter poros > 6.5 in → W > H → persamaan 1 dan 2 harus dievaluasi
3. Tentukan bahan pasak. Pada umumnya AISI 1020 CD Steel atau yang memiliki kekuatan lebih besar
4. Tentukan yield strenght dari bahan pasak, poros dan naf

5. Jika digunakan pasak bujur sangkar dan bahan pasak memiliki kekuatan yang paling rendah, maka gunakan persamaan 3 untuk evaluasi
 6. Jika digunakan pasak persegi panjang, atau jika bahan poros atau naf memiliki kekuatan yang lebih rendah dari pasak, gunakan persamaan 2 untuk evaluasi panjang berdasarkan tegangan bearing, dan persamaan 1 dan 3 untuk menghitung panjang minimum yang dibutuhkan didasarkan pada geseran
- pastikan panjang hasil perhitungan lebih pendek dari panjang naf, jika tidak pilih bahan pasak dengan kekuatan yang lebih tinggi.
Alternatif lain: menggunakan 2 pasak atau spline

7. Tentukan panjang aktual, sama atau lebih panjang dari perhitungan.

$$W/d : 0.25 - 0.35$$

$$L/d: 0.75 - 1.5$$

7. Sempurnakan desain yaitu alur pada poros dan naf

Contoh

Suatu poros yang membawa roda gigi, memiliki diameter 2 in. Mentransmisikan torsi sebesar 2965 lb.in. Poros terbuat dari AISI 1040 CD dan roda gigi terbuat dari AISI 8650 OQT 1000 Steel. Lebar naf yang memegang roda gigi adalah 1.75 in. Desain pasak dengan mengambil nilai $N = 3$

Tabel pemilihan pasak

Bentuk bujur sangkar, sisi $\frac{1}{2}$ in

Pengecekan nilai yield strength

1040 CD: 71 Ksi

8650 OQT 1000: 755 Ksi

1020 CD: 51 Ksi

→ pasak memiliki nilai yield strength yang paling kecil → menggunakan persamaan 3

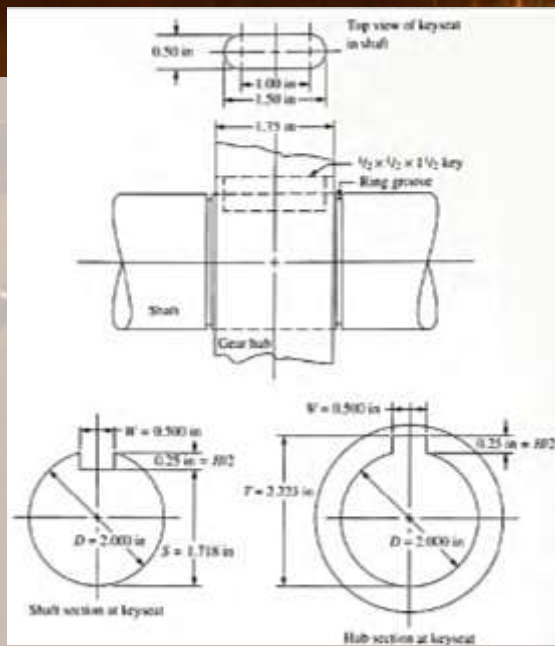
$$L = \frac{4TN}{DWS_y} = \frac{4(2965)(3)}{(2)(0.5)(51000)} = 0.698 \text{ in} \rightarrow \text{lebih pendek dari panjang naf}$$

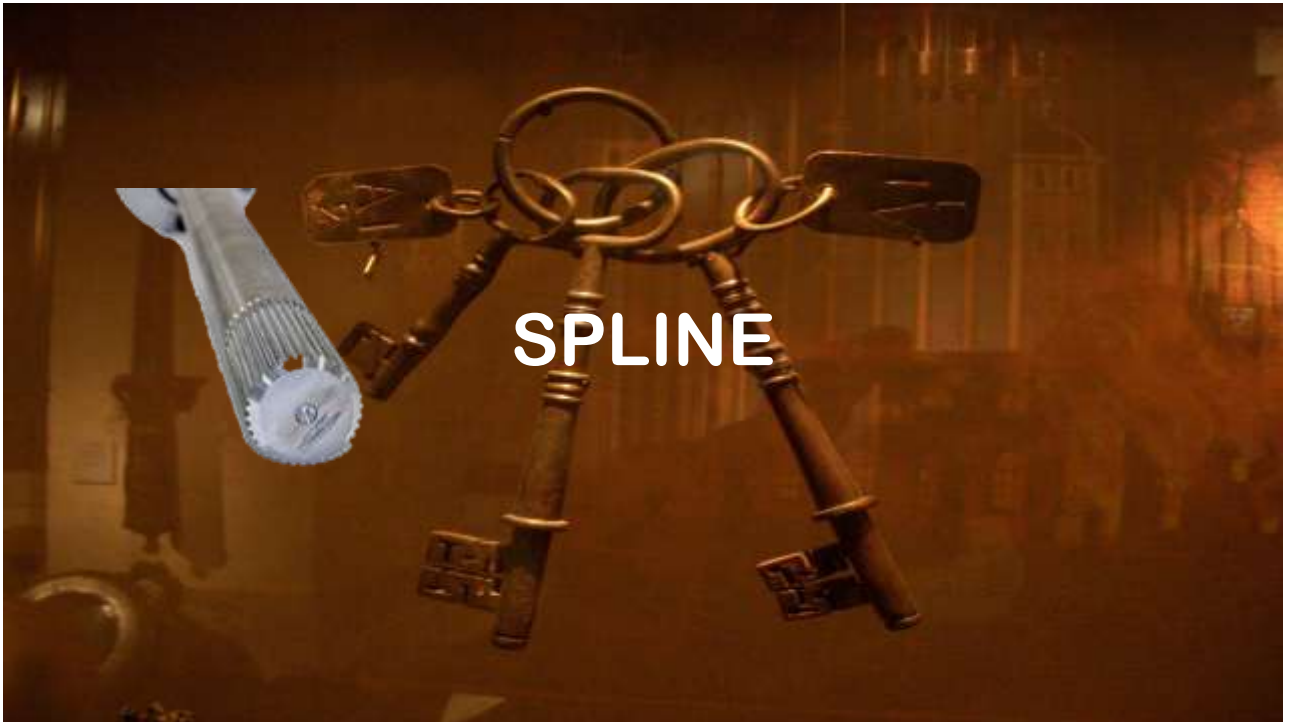
→ dapat diterima

W/d : 0.25 – 0.35

L/d: 0.75 – 1.5

→ Panjang yang di ambil adalah 1.5 in





SPLINE

- Dapat didefinisikan sebagai seri pasak aksial
- Fungsi: mentransmisikan torsi
- Keunggulan:
 - Transfer lebih seragam
 - Beban lebih kecil

Spline lurus

- Standar: SAE (Society Automotive of Engineer)
- Jumlah spline yang umum, 4, 6, 10 dan 16

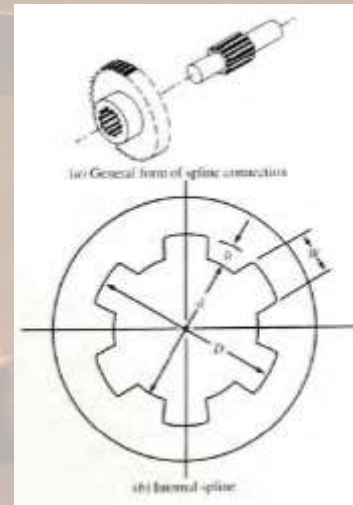


TABLE 11-4 Formulas for SAE straight splines

No. of splines	W, for all fits	A: Permanent fit		B: To slide without load		C: To slide under load	
		h	d	h	d	h	d
Four	0.241D	0.075D	0.850D	0.125D	0.750D		
Six	0.250D	0.050D	0.900D	0.075D	0.850D	0.100D	0.800D
Ten	0.156D	0.045D	0.910D	0.070D	0.860D	0.095D	0.810D
Sixteen	0.098D	0.045D	0.910D	0.070D	0.860D	0.095D	0.810D

Note: These formulas give the maximum dimensions for W, h, and d.

Kapasitas Torsi untuk SAE didasarkan pada batas tegangan tahanan 1000 psi

$$T = 1000 NRh$$

Dimana: N= jumlah spline

R = jari-jari rata-rata spline

h = kedalaman spline (dari tabel)

$$\text{Karena } R = \frac{1}{2} \left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2} \right) = \frac{D+d}{4}$$

$$h = \frac{1}{2} (D - d)$$

$$\text{Maka } T = 1000N \frac{(D+d)}{4} \frac{(D-d)}{2} = 1000N \frac{(D^2-d^2)}{8}$$

Contoh: Spline berjumlah 6 Tipe B, berapakah diameter yang dibutuhkan

Jawab: Untuk $N = 6$, $d = 0.850 D$, $d^2 = 0.7725 D^2$

$$\text{Maka } T = 1000(6) \frac{[D^2 - 0.7725D^2]}{8} = 208D^2$$

Sehingga diameter yang diperlukan:

$$D = \sqrt{T/208}$$

Tabel Kapasitas Torsi pada Spline Lurus

Number of splines	Fit	Torque capacity	Required diameter
4	A	$139D^2$	$\sqrt{T/139}$
4	B	$219D^2$	$\sqrt{T/219}$
6	A	$143D^2$	$\sqrt{T/143}$
6	B	$208D^2$	$\sqrt{T/208}$
6	C	$270D^2$	$\sqrt{T/270}$
10	A	$215D^2$	$\sqrt{T/215}$
10	B	$326D^2$	$\sqrt{T/326}$
10	C	$430D^2$	$\sqrt{T/430}$
16	A	$344D^2$	$\sqrt{T/344}$
16	B	$521D^2$	$\sqrt{T/521}$
16	C	$688D^2$	$\sqrt{T/688}$