



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013



ELEMEN MESIN



SEMESTER 2

KELAS

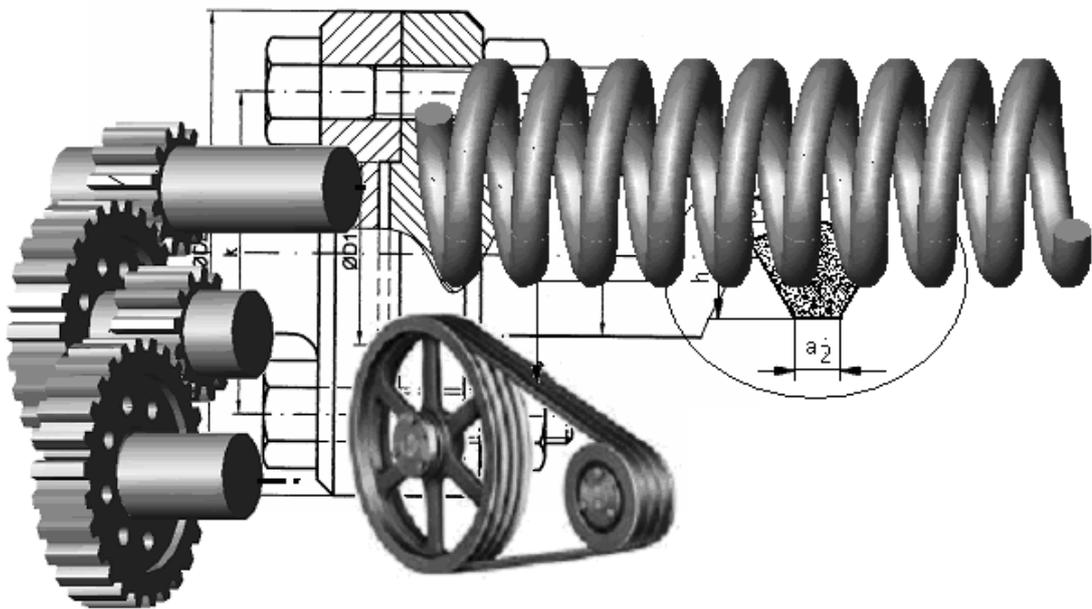
X



BAHAN AJAR
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

BIDANG STUDI KEAHLIAN TEKNOLOGI DAN REKAYASA
PROGRAM STUDI KEAHLIAN TEKNIK MESIN
SESUAI KURIKULUM 2013

ELEMEN MESIN



Disusun oleh:

Widiyanto
Eka Yogaswara

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2013

PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi mengetahuan, ketrampilan dan sikap secara utuh, proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirancang sebagai kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut

Sesuai dengan konsep kurikulum 2013 buku ini disusun mengacu pada pembelajaran *scientific approach*, sehinggah setiap pengetahuan yang diajarkan, pengetahuannya harus dilanjutkan sampai siswa dapat membuat dan trampil dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak bersikap sebagai mahluk yang mensyukuri anugerah Tuhan akan alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui kehidupan yang mereka hadapi.

Kegiatan pembelajaran yang dilakukan siswa dengan buku teks bahan ajar ini pada hanyalah usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan, sedangkan usaha maksimalnya siswa harus menggali informasi yang lebih luas melalui kerja kelompok, diskusi dan menyunting informasi dari sumber sumber lain yang berkaitan dengan materi yang disampaikan.

Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, siswa diminta untuk menggali dan mencari atau menemukan suatu konsep dari sumber sumber yang pengetahuan yang sedang dipelajarinya, Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pembelajaran pada buku ini. Guru dapat memperkaya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dai lingkungan sosial dan alam sekitarnya

Sebagai edisi pertama, buku teks bahan ajar ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaannya, untuk itu kami mengundang para pembaca dapat memberikan saran dan kritik serta masukannya untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas konstribusi tersebut, kami ucapkan banyak terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan hal yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi emas dimasa mendatang .

Bandung , November 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETA KEDUDUDUKAN BUKU TEKS BAHAN AJAR	v
GLOSARIUM	vi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi.....	1
B. Prasyarat	1
C. Petunjuk Penggunaan.....	2
D. Tujuan Akhir	2
E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar	2
F. Cek Kemampuan Awal	4
BAB 2	6
KEGIATAN BELAJAR	6
A. Deskripsi.....	7
B. Kegiatan Belajar 1: SAMBUNGAN BAUT	7
1. Tujuan Pembelajaran	7
2. Uraian Materi	7
3. Rangkuman.....	30
4. Tugas	31
5. Tes Formatif.....	31
C. Kegiatan Belajar 2: SAMBUNGAN KELINGAN	34
1. Tujuan Pembelajaran	34
2. Uraian Materi	34
3. Rangkuman.....	47
4. Tugas	48
5. Tes Formatif.....	48
D. Kegiatan Belajar 3: SAMBUNGAN LAS	51
1. Tujuan Pembelajaran	51
2. Uraian Materi	51
3. Rangkuman.....	62
4. Tugas	64
5. Tes Formatif.....	64
E. Kegiatan Belajar 4: POROS DAN TAP	65
1. Tujuan Pembelajaran	65

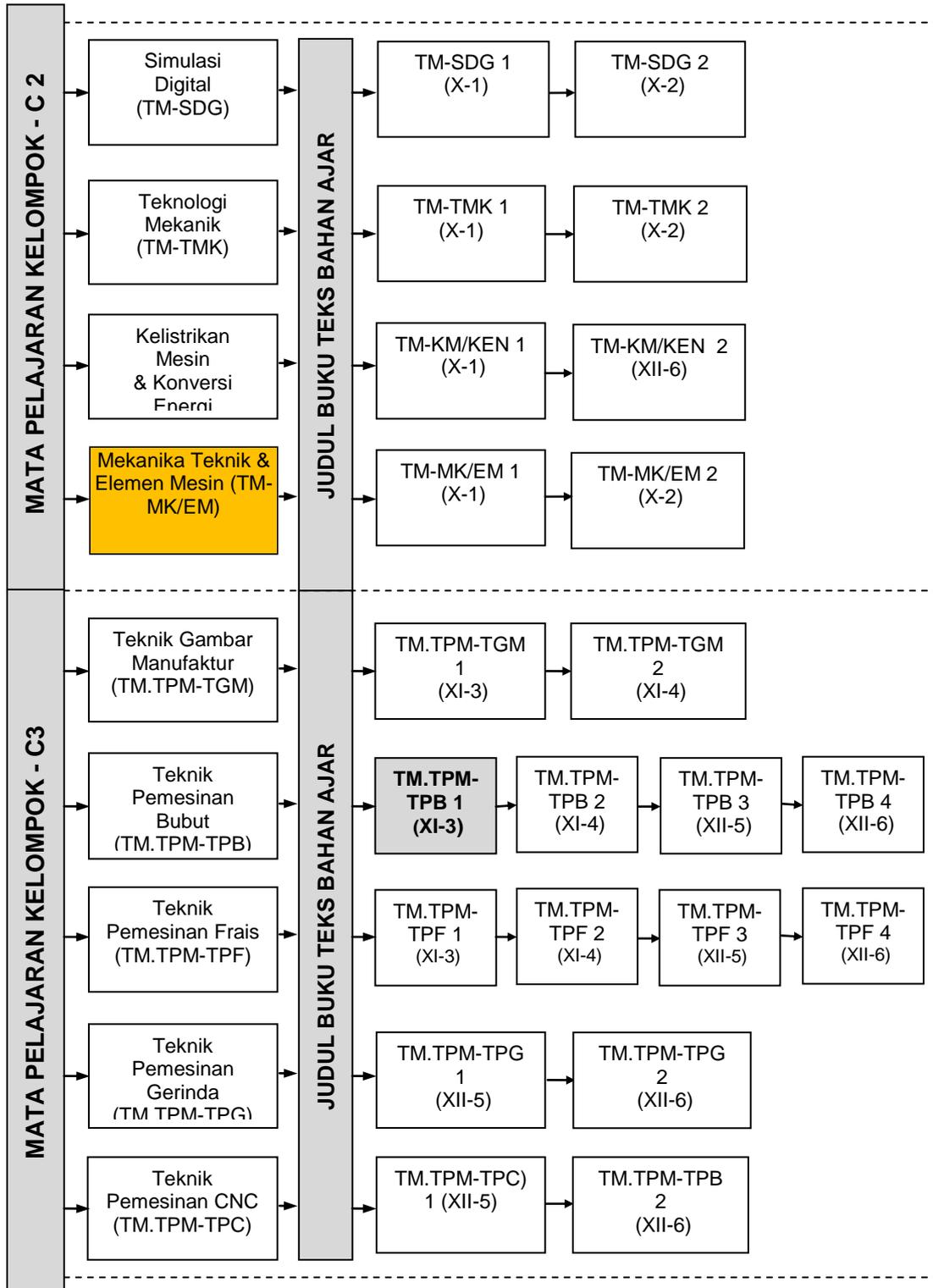
2. Uraian Materi	65
3. Rangkuman.....	91
4. Tugas	92
5. Tes Formatif.....	92
F. Kegiatan Belajar 5: BANTALAN	99
1. Tujuan Pembelajaran	99
2. Uraian Materi	99
3. Rangkuman.....	110
4. Tugas	111
5. Tes Formatif.....	112
G. Kegiatan Belajar 6: PULI DAN SABUK	114
1. Tujuan Pembelajaran	114
2. Uraian Materi	115
3. Rangkuman.....	128
4. Tugas	130
5. Tes Formatif.....	130
H. Kegiatan Belajar 7: KOPLING	132
1. Tujuan Pembelajaran	132
2. Uraian Materi	133
3. Rangkuman.....	146
4. Tugas	147
5. Tes Formatif.....	148
I. Kegiatan Belajar 8: RANTAI DAN RODA RANTAI	149
1. Tujuan Pembelajaran	149
2. Uraian Materi	150
3. Rangkuman.....	159
4. Tugas	160
5. Tes Formatif.....	160
J. Kegiatan Belajar 9: RODA GIGI	161
1. Tujuan Pembelajaran	161
2. Uraian Materi	161
3. Rangkuman.....	195
4. Tugas	196
5. Tes Formatif.....	197
K. Kegiatan Belajar 10: RING PEGAS DAN SIL.....	199
1. Tujuan Pembelajaran	199
2. Uraian Materi	199

L. Kegiatan Belajar 11: PEGAS	208
1. Tujuan Pembelajaran	208
2. Uraian Materi	209
3. Rangkuman.....	220
4. Tugas	221
5. Tes Formatif.....	222
BAB III	223
EVALUASI	223
DAFTAR PUSTAKA	233

PETA KEDUDUDUKAN BUKU TEKS BAHAN AJAR

Bidang Keahlian : Teknologi Dan Rekayasa

Program Keahlian : Teknik Mesin



GLOSARIUM

BAB I

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, ketrampilan serta sikap secara utuh. Tuntutan proses pencapaiannya melalui pembelajaran pada sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai satu kesatuan yang saling mendukung dalam mencapai kompetensi tersebut. Buku teks bahan ajar ini berjudul “**ELEMEN MESIN**” berisi empat bagian utama yaitu: pendahuluan, pembelajaran, evaluasi, dan penutup yang materinya membahas sejumlah kompetensi yang diperlukan untuk SMK Program Keahlian Teknik Mesin. Materi dalam buku teks bahan ajar ini meliputi: Sambungan; Kelingan; Poros, Bantalan, Puli Dan Sabuk, Kopleng, Rantai Dan Roda Rantai, Roda Gigi, Ring Pegas Dan Sil, Pegas.

Buku Teks Bahan Ajar ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan oleh siswa untuk mencapai sejumlah kompetensi yang diharapkan dalam dituangkan dalam kompetensi inti dan kompetensi dasar. sesuai dengan pendekatan saintifik (*scientific approach*) yang dipergunakan dalam kurikulum 2013, siswa diminta untuk memberanikan dalam mencari dan menggali kompetensi yang ada dalam kehidupan dan sumber yang terbentang disekitar kita, dan dalam pembelajarannya peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dalam mempelajari buku ini. Maka dari itu, guru diusahakan untuk memperkaya dengan mengkreasi mata pembelajaran dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan bersumber dari alam sekitar kita.

Penyusunan Buku Teks Bahan Ajar ini dibawah kordinasi Direktorat Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan kebudayaan, yang akan dipergunakan dalam tahap awal penerepan kurikulum 2013. Buku Teks Bahan Ajar ini merupakan dokumen sumber belajar yang senantiasa dapat diperbaiki, diperbaharui dan dimutakhirkan sesuai dengan kebutuhan dan perubahan zaman. Maka dari itu, kritik dan saran serta masukan dari berbagai pihak diharapkan dapat meningkatkan dan menyempurnakan kualitas isi maupun mutu buku ini.

B. Prasyarat

Dalam struktur kurikulum 2013, secara garis besar materi dikelompokkan kedalam tiga kelompok besar yaitu:

1. Kelompok C1 yang memuat materi Ilmu budaya dan social
2. Kelompok C2 yang merupakan dasar program keahlian
3. Kelompok C3 yang merupakan paket dari masing masing keahlian.

Buku Teks Bahan Ajar ini merupakan salah satu mata pelajaran kelompok C2 yang diberikan pada kelas X.

C. Petunjuk Penggunaan

Dalam melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan buku teks bahan ajar ini, siswa perlu memperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. Langkah-langkah belajar yang ditempuh

- a. Menyiapkan semua bukti penguasaan kemampuan awal yang diperlukan sebagai persyaratan untuk mempelajari modul ini.
- b. Mengikuti test kemampuan awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari buku teks bahan ajar ini
- c. Mempelajari modul ini secara teliti dan seksama

2. Perlengkapan yang perlu disiapkan

- a. Buku sumber/ referensi yang relevan
- b. Buku catatan harian
- c. Alat tulis dan,
- d. Perlengkapan lainnya yang diperlukan

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari buku teks bahan ajar ini peserta diklat diharapkan dapat:

1. Mengidentifikasi jenis-jenis elemen mesin dan fungsinya
2. Menghitung kekuatan elemen–elemen mesin

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar
Mata Pelajaran: ELEMEN MESIN

KOMPETENSI INTI (KELAS X)	KOMPETENSI DASAR
KI-1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Menyadari sempurnanya ciptaan Tuhan tentang alam dan fenomenanya dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari. 1.2 Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari
KI-2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotongroyong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1 Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingintahu, inovatif dan tanggungjawab dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari. 2.2 Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari. 2.3 Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan social sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melakukan tugas mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik
KI-3 Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidangkerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Mendeskripsikan besaran vektor, sistem satuan dan hukum newton 3.2 Mendeskripsikan gaya, tegangan dan momen pada suatu konstruksi 3.3 Mendeskripsikan gaya aksi dan reaksi dari macam macam tumpuan. 3.4 Mendeskripsikan perhitungn diagram benda bebas dan teori keseimbangan . 3.5 Mendeskripsikan tegangan dan regangan 3.6 Mendeskripsikan jenis dan fungsi sambungan 3.7 Mendeskripsikan poros dan pasak, transmisi (pulley & belt, rantai, kopling, roda gigi) 3.8 Mendeskripsikan macam-macam gaya, tegangan dan momen pada sambungan: keling, pasak , baut dan las 3.9 Mendeskripsikan elemen-elemen mesin
KI-4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak	4.1 Menerapkan besaran vektor, sistem satuan dan hukum newton 4.2 Menerapkan gaya, tegangan dan momen pada suatu konstruksi 4.3 Menerapkan perhitungan gaya aksi dan reaksi

KOMPETENSI INTI (KELAS X)		KOMPETENSI DASAR	
terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung			dari macam-macam tumpuan.
		4.4	Menerapkan perhitungan diagram benda bebas dan teori keseimbangan
		4.5	Menerapkan perhitungan tegangan dan regangan
		4.6	Menerapkan jenis dan fungsi sambungan
		4.7	Menerapkan perhitungan poros dan pasak, transmisi (pulley & belt, rantai, kopling, roda gigi)
		4.8	Menerapkan perhitungan macam-macam gaya, tegangan dan momen pada sambungan: keling, pasak, baut dan las
	4.9	Menerapkan elemen-elemen mesin	

F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum memulai kegiatan pembelajaran “ Elemen Mesin”, diharapkan siswa melakukan cek kemampuan awal untuk mendapatkan informasi tentang kemampuan dasar yang telah dimiliki. Yaitu dengan cara memberi tanda berupa *cek list* (√) pada kolom pilihan jawaban berikut ini.

No.	Daftar Pertanyaan	Pilihan Jawaban	
		Sudah	Belum
A.	Sambungan Baut		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi sambungan pada elemen mesin		
2.	Apakah anda sudah dapat menyebutkan macam-macam sambungan ulir		
3.	Apakah anda sudah dapat menghitung kekuatan sambungan baut		
B.	Sambungan Keling		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam-macam sambungan keling		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi sambungan keling		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan ukuran standar paku keling		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung kekuatan sambungan keling		

No.	Daftar Pertanyaan	Pilihan Jawaban	
		Sudah	Belum
C.	Sambungan Las		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam-macam sambungan las		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi sambungan las		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan symbol symbol dalam sambungan las		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung kekuatan sambungan las		
D.	Poros dan Tap		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam macam poros		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi poros		
3.	Apakah anda sudah dapat menghitung kekuatan poros		
4.	Apakah anda sudah dapat fungsi tap		
E	Bantalan		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam-macam bantalan		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi bantalan		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan bagian-bagian bantalan		
4.	Apakah anda sudah dapat melakukan perhitungan dasar bantalan		
F	Puli Dan Sabuk		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam-macam puli dan sabuk		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi puli dan sabuk		
3.	Apakah anda sudah dapat menghitung reaksi tumpuan		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung angka transmisi		
5.	Apakah anda sudah dapat menghitung dasar perhitungan puli dansabuk		
G	Kopling		

No.	Daftar Pertanyaan	Pilihan Jawaban	
		Sudah	Belum
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi kopling		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam-macam kopling		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan bagian-bagian kopling		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung kekuatan kopling		
H	Rantai Dan Roda Rantai		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi rantai dan roda rantai		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan keuntungan dan kerugian rantai sebagai transmisi		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan ukuran standar rantai		
4.	Apakah anda sudah dapat menghitung kekuatan rantai		
I	Roda Gigi		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi roda gigi		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam-macam roda gigi		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan keuntungan dan kerugian roda gigi sebagai transmisi		
4.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan ukuran utama roda gigi		
J	Ring Pegas Dan Sil		
1.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi ring		
2.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan macam-macam ring		
3.	Apakah anda sudah dapat menjelaskan fungsi sil		

BAB 2
KEGIATAN BELAJAR

A. Deskripsi

Buku teks bahan ajar ini berjudul “Elemen Mesin” berisi empat bagian utama yaitu: pendahuluan, pembelajaran, evaluasi, dan penutup yang materinya membahas sejumlah kompetensi yang diperlukan untuk SMK Program Keahlian Teknik Mesin yang diberikan pada kelas X semester 2. Materi dalam buku teks bahan ajar ini meliputi: Sambungan Baut, Sambungan Kelingan, Sambungan Las, Poros Dan Tap, Bantalan, Puli Dan Sabuk, Kopling, Rantai Dan Roda Rantai, Roda Gigi, Ring Pegas Dan Sil

B. Kegiatan Belajar 1: **SAMBUNGAN BAUT**

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan macam macam sambungan baut
- b. Menjelaskan keuntungan dan kerugian sambungan baut
- c. Menghitung kekuatan sambungan baut..

2. Uraian Materi

Silahkan mengati foto konstruksi jembatan berikut atau obyek disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan bagaimana konstruksi jembatan itu disusun/disambung dari apa yang telah anda amati.



Gambar 1.1 Foto konstruksi jembatan

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai jenis sambungan pada konstruksi jembatan atau obyek yang lain, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis sambungan yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana konstruksi jembatan itu disusun oleh kerangka-kerangka melalui suatu jenis sambungan. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitung kekuatan sambungan tersebut..

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis dan fungsi sambungan yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan.

a. Fungsi Sambungan

Suatu konstruksi mesin terdiri atas elemen elemen mesin yang dirakit dan disatukan satu sama lainnya dengan cara disambung dan tersusun menjadi suatu mesin yang utuh . Salah satu bentuk sambungan elemen mesin tersebut adalah sambungan ulir .

Sambungan ulir pada elemen mesin berfungsi sebagai sambungan sementara yaitu sambungan yang dapat dibuka dan dipasang kembali tanpa merusak elemen mesin mesin itu sendiri atau alat penyambungannya . Sambungan ulir terdiri atas baut dan mur oleh karena itu sambungan ulir disebut juga dengan sambungan mur baut.

Sambungan mur baut banyak digunakan pada sambungan konstruksi mesin, sasis, konstruksi jembatan, konstruksi bangunan rangka baja, mesin automotive dan elemen elemen mesin lainnya . Hampir sembilan-puluh persent dari suatu mesin disambung dengan menggunakan ulir yaitu dengan menggunakan baut , sekeruf dan mur . Sambungan dengan menggunakan ulir ini sangat praktis dengan pertimbangan:

- Mudah dalam pemasangan
- Penggantian suku cadang praktis .
- Untuk pembongkaran dan pemasangan kembali memerlukan alat yang sederhana yaitu berupa kunci kunci yang dapat dibawa .
- Dalam keadaan darurat pembongkaran dan pemasangan kembali dapat dilakukan dimana saja . Contoh melepas roda kendaraan yang pecah untuk ditambal .

- Tidak merusak bagian-bagian komponen yang disambung maupun alat penyambungannya .
- Sambungan dengan ulir bersifat sambungan-sementara.
- Sambungan dapat dilaksanakan pada komponen mesin yang bergerak maupun yang tidak dapat bergerak .

Sambungan bergerak misalnya sambungan antara poros engkol dengan batang penggerak , sambungan poros dengan bantalan , dan sebagainya . Sambungan yang tidak dapat bergerak yaitu sambungan pada konstruksi jembatan, konstruksi bangunan , anker anker , dan sebagainya.

Ulir terdiri atas ulir luar dan ulir dalam , ulir luar disebut dengan baut dan ulir dalam disebut dengan mur.

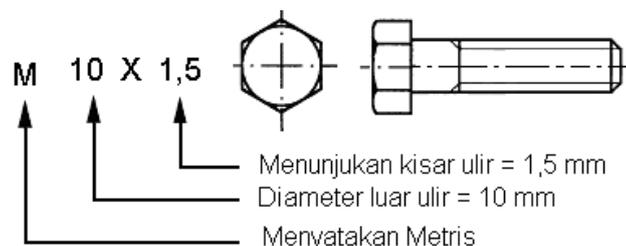
b. Macam Macam Ulir

Ulir yang digunakan pada mur baut pada umumnya adalah ulir segitiga yaitu ulir yang mempunyai penampang dengan bentuk profil segitiga . Jenis ulir segitiga yang standar terdiri atas :

- Ulir metris
- Ulir whitwort
- Ulir UNC dan UNF
- Ulir standar pabrik

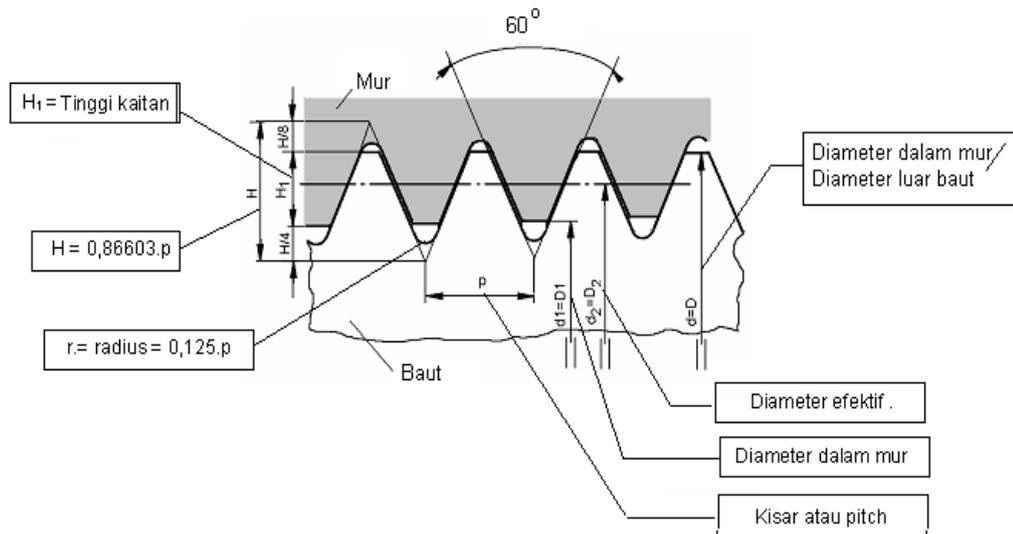
1. Ulir metris

Pada baut baut atau mur yang mempunyai standar metris ,untuk menunjukan atau memberikan tanda pada baut atau mur tersebut yaitu dengan huruf M sebagai simbol dari ulir metris kemudian diikuti dengan angka yang menyatakan ukuran diameter luar dari ulir dan kisar ulir . Penunjukan ulir ini selain terdapat pada mur atau baut juga terdapat pada sney dan tap .



Gambar 1.2 Ulir metric.

Profil ulir metris (ISO Metric) mempunyai bentuk profil segi tiga dengan sudut puincak 60° . Penampang dari sepasang profil ulir metris yang terdiri dari mur dan baut atau ulir luar dan ulir dalam serta ukurannya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1.3 Profil ulir metris

Ukuran standar ulir metris

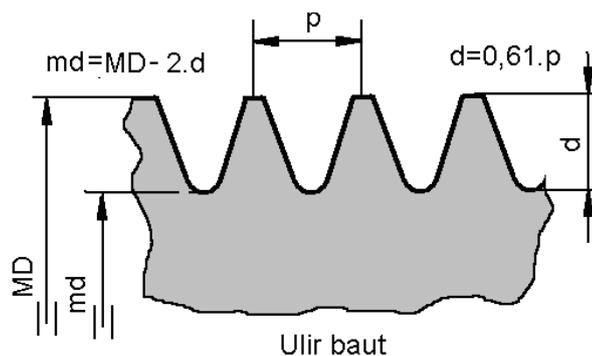
- $H_1 = 0,541266 p$
- $D_1 = D - 1,082532 p$
- $D_2 = D - 0,64951 p$

Ukuran baut Metris

Ukuran dari kedalaman ulir pada baut adalah : $d = 0,61 . p$

Ukuran diameter minor atau ukuran diameter terkecil pada baut menjadi :

$$md = M D - 2.d = MD - 2(0,61).p = MD - 1,22.p$$

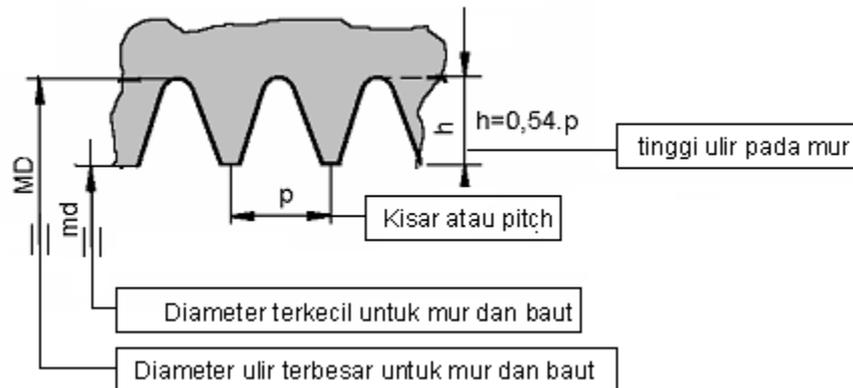


Gambar 1.4 Ukuran baut metris

Ukuran tinggi ulir pada mur adalah $h = 0,54 \cdot p$ (dibulatkan)

Ukuran diameter minor atau diameter terkecil dari mur menjadi :

$md = M - 2 \cdot h = MD - 2 (0,54) p = MD - 1,08 \cdot p$ (dibulatkan)



Gambar 1.5 Ukuran mur metris

Tabel berikut adalah ukuran ulir standar Metrik (Metric M Profil) , yang terdiri atas : ukuran dasar , kisar , Diameter luar/ mayor , diameter dalam dan jenis ulir kasar atau halus dengan satuan [mm] . Ukuran standar diameter : bervariasi sampai dengan ukuran 200 mm.

Tabel 1.1 Ulir Standar Metrik (M Profile) Mur

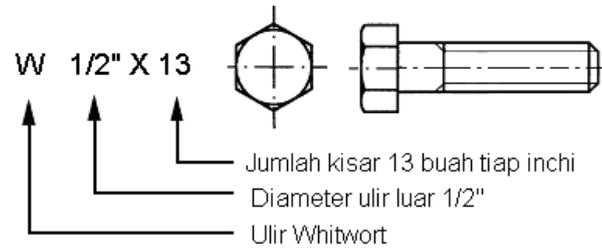
Ukuran dasar	Kisar	Diameter luar / Mayor	Diameter dalam /Minor	Jenis : (k) dan (H)
4	0,700	4,000	3,242	Kasar (K)
5	0,800	5,000	4,134	Kasar
6	1,000	6,000	4,917	Kasar
8	1,250	8,000	6,647	Kasar
8	1,000	8,000	6,917	Halus (H)
10	1,500	10,000	8,376	K
10	1,250	10,000	8,647	H
10	0,750	10,000	9,188	H
12	1,750	12,000	10,106	K
12	1,500	12,000	10,376	H
12	1,250	12,000	10,647	H
12	1,000	12,000	10,917	H
14	2,000	14,000	11,835	K

Ukuran dasar	Kisar	Diameter luar / Mayor	Diameter dalam /Minor	Jenis : (k) dan (H)
14	1,500	14,000	12,376	H
15	1,000	15,000	13,917	H
16	2,000	16,000	13835	K
16	1,500	16,000	14,376	H
17	1,000	17,000	15,917	H
18	1,500	18,000	16,376	H
20	2,500	20,000	17,294	K
20	1,500	20,000	18,376	H
22	2,500	22,000	19,294	K
22	1,500	22	20376	H
24	3,000	24	20,752	K
24	2,000	24	21,835	H
25	1,5000	25	23,376	H
27	3,000	27	23,752	K
27	2,000	27	24,835	H
30	3,500	30	26,211	K
30	2,000	30	27,835	H
30	1,500	30	28,376	H
33	2,000	33	30,835	H
35	1,500	35	33,376	H
36	4,000	36	31,670	K
36	2,000	36	33,835	H
39	2,000	39	36,835	H
40	1,500	40	38,376	H
42	4,500	42	37,129	K
42	2,000	42	39,8350	H
45	1,500	45	43,376	H
48	4,800	48	42,587	K

2. Ulir whitwort

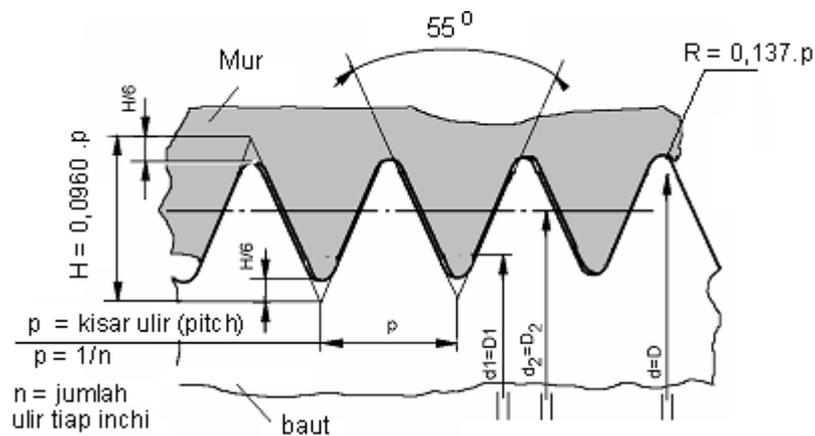
Ulir whitwort adalah jenis ulir segi tiga dengan sudut puncak 55 derajat , ulir whitwort ini mempunyai satuan inchi . Penunjukan ulir whitwort yaitu dengan

huruf W , kemudian diikuti dengan dua angka , angka pertama menunjukkan ukuran diameter luar dan angka yang kedua menunjukkan jumlah kisar tiap satu inchi .



Gambar 1.6 Ulir Whitwort

Bentuk standar profil ulir whitwort (BSW) dapat dilihat pada gambar berikut :



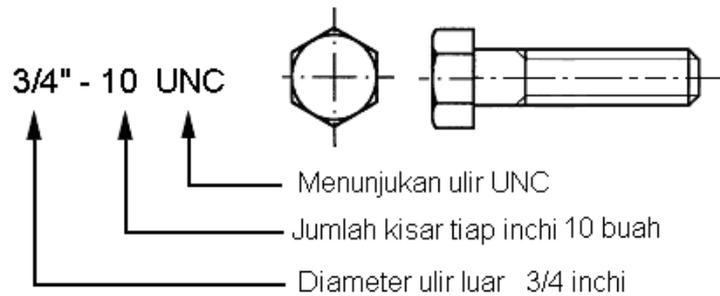
Gambar 1.7 Profil ulir Whitwort

Tabel 1.2 Ulir Whitwort

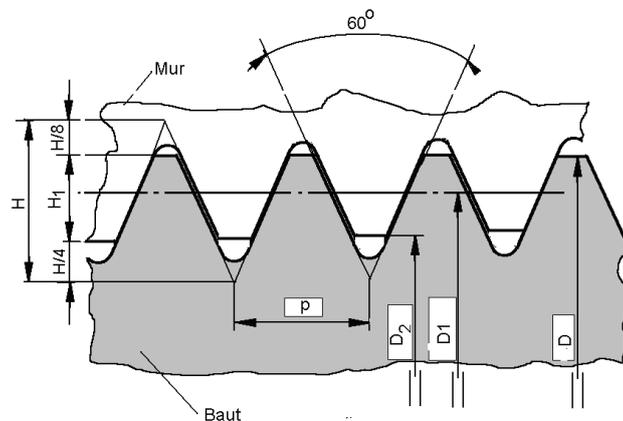
Diameter D [Inchi]	N	Diameter D [Inchi]	n
1/4	20	3/4	10
5/16	18	7/8	9
3/8	16	1	8
7/16	14	1 1/8	7
1/2	13	1 3/8	6
9/16	12	1 3/4	5
5/8	11	2	4

3. Ulir UNC

Ulir UNC termasuk ulir segi tiga yang mempunyai satuan inchi seperti ulir Whitworth, hanya sudut puncaknya mempunyai sudut 60 derajat dan profilnya sama dengan profil ulir metris. Penunjukan ulir Uni diawali dengan angka yang menyatakan nomor ulir atau diameter ulir luar dan jumlah kisar tiap inchi



Gambar 1.8 Profil ulir UNI



Gambar 1.9 Profil ulir UNI

Untuk menentukan ukuran utama ulir UNC dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan atau berdasarkan tabel standar :

Ukuran ukuran utama dari ulir UNC dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan – persamaan berikut :

$$H = 0,866025 \cdot \frac{1}{n} \times 25,4 \text{ [mm]}$$

$$H_1 = 5/8H = 0,541266 \cdot \frac{1}{n} \times 25,4 \text{ [mm]}$$

$$D_1 = (D - 1,082532 \cdot \frac{1}{n}) \times 25,4 \text{ [mm]}$$

$$D_2 = (D - 0,649519 \cdot \frac{1}{n}) \times 25,4 \text{ [mm]}$$

Keterangan :

1 Inchi = 25,4 mm

H1 = tinggi kaitan dalam satuan [mm]

D1 = Diameter dalam ulir[mm]

D2 = Diameter efektif[mm]

D = Diameter luar dalam satuan inchi .

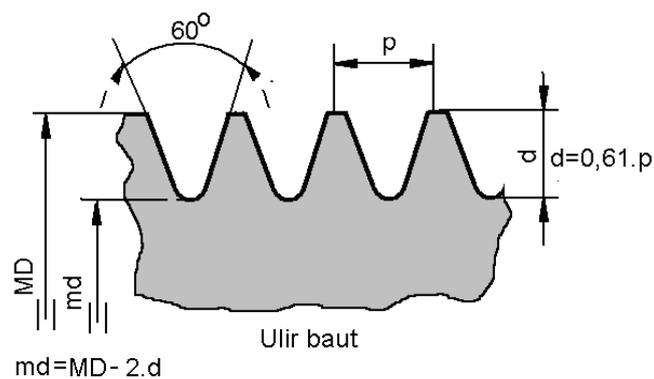
Ukuran dari kedalaman ulir pada baut adalah

$$d = 0,61 \cdot p$$

Ukuran diameter minor atau ukuran diameter terkecil pada baut menjadi :

$$md = MD - 2 \cdot d = MD - 2(0,61) \cdot p = MD - 1,22 \cdot p$$

p = pitch = $1/n$, dan n = jumlah ulir tiap satuan inchi .



Gambar 1.10 Ukuran baut UNC

Ukuran tinggi ulir pada mur adalah

$$h = 0,54 \cdot p \text{ (dibulatkan)}$$

Ukuran diameter minor atau diameter terkecil dari mur menjadi :

$$md = M - 2 \cdot h = MD - 2(0,54)p = MD - 1,08 \cdot p$$

Keterangan:

MD = Diameter ulir terbesar untuk mur dan baut

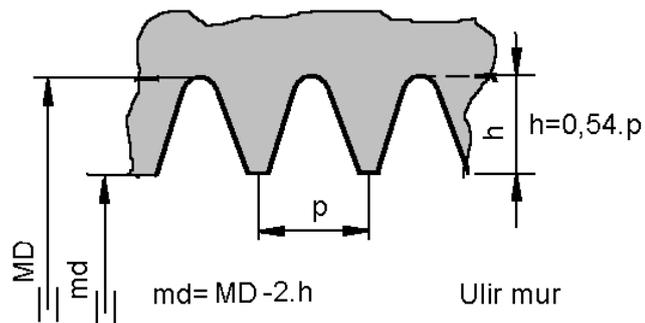
md. = Diameter terkecil untuk mur dan baut

p = Kisar atau pitch = $25,4/n$ [mm]

n = jumlah ulir tiap inchi .

d = dalam ulir pada baut

h = tinggi ulir pada mur



Gambar 1.11 Ukuran mur UNC

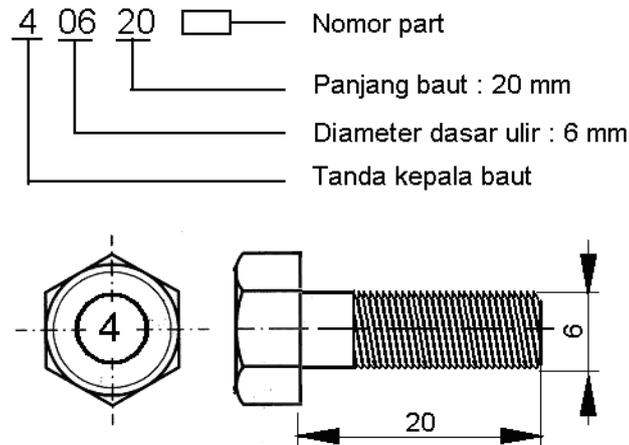
Untuk mengetahui ukuran ulir UNC selain dengan cara menghitung seperti di atas juga ukurannya dapat ditentukan berdasarkan table standar, yaitu untuk menentukan ukuran dasar, diameter mayor, diameter minor dan jumlah ulir tiap inchi. Lihat table berikut

Tabel 1.3 Standar Ulir UNC

Ukuran dasar [inchi]	Diameter Mayor (MD)		Jumlah ulir tiap inchi	Ukuran bor/tap [mm]
	Inchi	[mm]		
3/8	0,375	9,5	16	8,0
7/16	0,4375	11,11	14	9,4
1/2	0,500	12,7	13	10,8
9/16	0,5625	14,28	12	12,2
5/8	0,625	15,88	11	13,5
11/16	0,6875	17,46	11	15,0
3/4	0,750	19,05	10	16,5
13/16	0,812	20,64	10	18,0
7/8	0,875	22,23	9	19,5
1	1,000	25,40	8	22,0
1 1/8	1,125	28,58	7	25,0
1 1/4	1,250	31,75	7	28,0
1 3/8	1,375	34,93	6	31,0
1 1/2	1,500	38,10	6	34,0

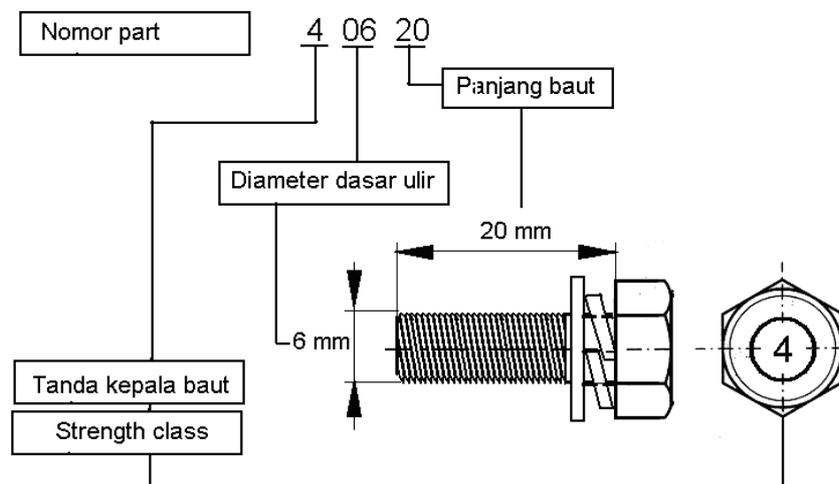
4. Ulir standar pabrik

Sebagai kebijakan dari pabrik otomotif untuk mempermudah dalam perakitan atau perawatan , spesifikasi dari baut dilengkapi dengan nomor part , tanda pada kepala baut , dan ukuran panjang maupun diameter dasar . Simbol dan penjelasan dari tanda kepala baut tersebut dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut .



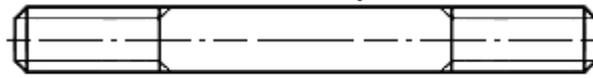
Gambar 1.12 Simbol baut

Simbol baut-pabrik untuk kelas pengerasan , diameter dan panjang baut yang digunakan pada kendaraan dapat dilihat pada gambar berikut :

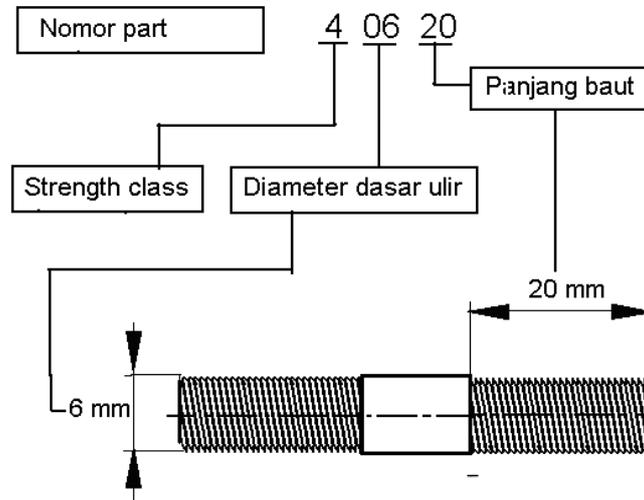


Gambar 1.13 Simbol baut

Baut tanam disebut juga dengan baut tap pada kedua ujungnya diulir dan tidak mempunyai kepala , seperti terlihat pada gambar berikut



Gambar 1.14 Baut tanam / baut tap



Gambar 1.15 Simbol baut tanam

Tabel 1.4 Spesifikasi Baut Standar Pabrik

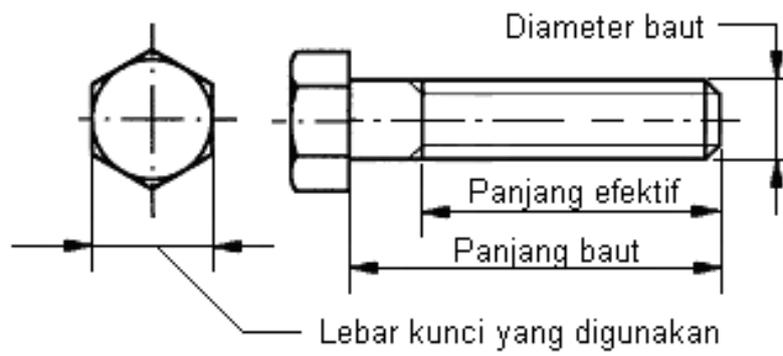
Kelas	Diameter dasar	Pit [mm]	Limit momen [kg.m]
4T	6	1	0.4-0.7
	8	1.25	1.0-1.6
	10	1.25	1.9-3.1
	10	1.5	1,8-3.0
	12	1.25(ISO)	3.5-5.5
	12	1.5	3.5-5.5
	12	1.75	3.0-5.0
	13	1.5	4.5-7.0
	14	1.5	5.0-8.0
	14	2	4.7-7.7
	16	1.5	7.5-11.0
	16	2	7.1-10.6
5T	6	1.	0,6-0,9
	8	1.25	1,5-2,2
	10	1.25	3,0-4,5
	10	1.5	2,7-4,2

Kelas	Diameter dasar	Pit [mm]	Limit momen [kg.m]
	12	1.25 (ISO)	5,0-8,0
	12	1.5	5,0-7,0
	12	1.75	4,8-6,8
	13	1.5	8,5-9,0
	14	1.5	7,5-11,0
	14	2.	7,0-10,5
	16	1.5	12,0-17,0
	16	2	11,5-16,5

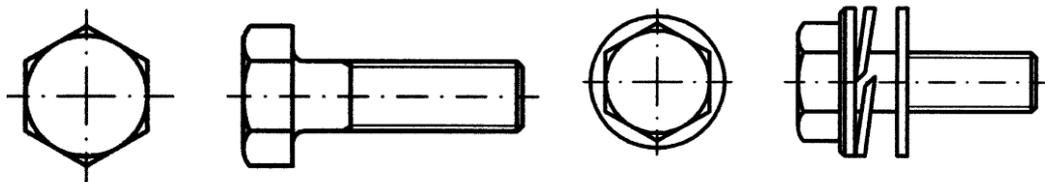
Tabel 1.5 Batas Momen Untuk Pengencangan Baut Pabrik

Komponen yang dikencangkan	Momen	
	Satuan [kgm]	Satuan [Lb.ft]
Kepala silinder dengan blok silinder	5,4 – 6,6	40 – 47
Roker arm suport dengan kepala silinder	1,8 – 2,4	14 – 17
Manifold dengan kepala silinder	2,0 – 3,0	15 – 21
Kap bantalan poros engkol dengan blok silinder	5,4 – 6,6	40 – 47
Kap batang torak dengan batang torak	4,0 – 5,2	29 – 37
Puli poros engkol dengan poros engkol	7,5 – 10,5	55 – 75
Roda gaya / flywheel dengan poros engkol	5,4 – 6,6	40 – 47
Timing poros kam dengan poros kam	5,4 – 6,6	40 - 47

Macam macam bentuk baut yang biasa digunakan pada otomotif dapat dilihat pada gambar berikut :

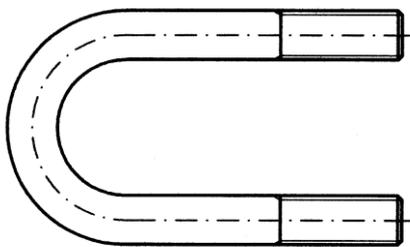


Gambar 1.16 Bagian bagian baut

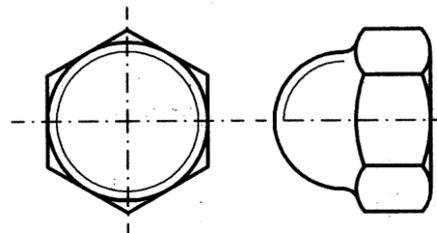


baut dengan kepala segi enam /
hexagonal

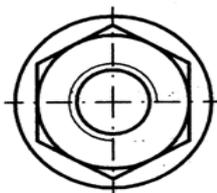
baut dengan washer



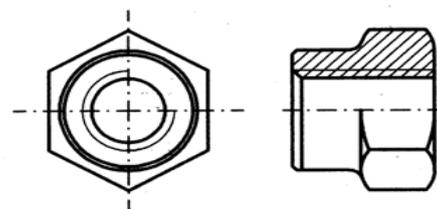
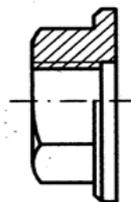
baut U



mur bertopi / Capped nut



Mur dengan flens



Mur pengunci

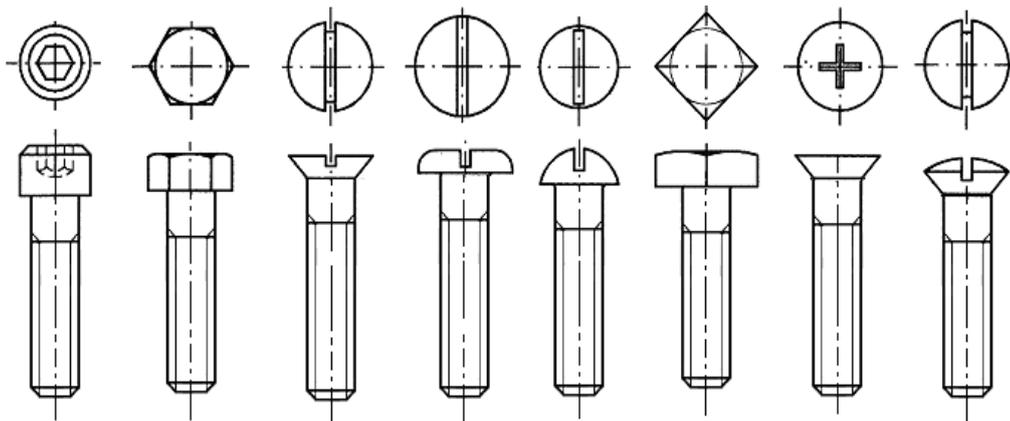
Gambar 1.17 Macam baut dan mur

2. Bentuk kepala baut / sekeruf

Bentuk kepala sekeruf mempunyai bermacam macam diantaranya kepala sekeruf dengan bentuk sok , untuk memutar sekeruf tersebut diperlukan obeng sok biasanya berupa kunci L .

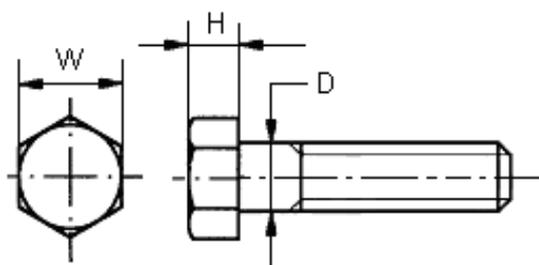
Sekeruf dengan kepala trapezium dengan alur lurus atau alur menyilang, sekeruf dengan kepala segi enam atau segi empat .

Macam macam bentuk kepala baut tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1.18 Macam macam kepala sekeruf

Tabel berikut adalah ukuran ulir standar Metrik untuk kepala baut, yang terdiri atas: ukuran dasar ,tinggi baut , dan lebar kunci .



Gambar 1.19 ukuran kepala baut

Tabel 1.6 Ukuran Kepala Baut Metrik

Ukuran	W max [mm]	H max [mm]
M5	8	3,95
M6	10	4,38
M8	13	5,68

M10	16	7,95
M12	18	9,25
M14	21	10,75
M16	24	13,40
M20	30	15,90
M24	36	19,75
M30	46	23,55
M36	55	27,05
M42	65	31,07

c. Bahan Ulir / Baut Dan Mur

Bahan untuk baut dan mur biasanya baja carbon , baja konstruksi biasa , atau baja batangan yang difinish dingin . Macam macam bahan untuk baut dan mur dapat dilihat pada table berikut :

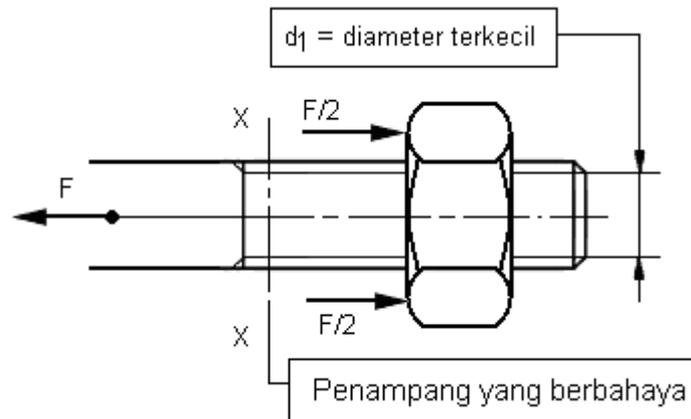
Tabel 1.7 Bahan Baut Dan Mur

Bahan	Lambang	Kekuatan tarik σ_t [N / mm ²]
Baja carbon konstruksi biasa JIS G 3102	S20C	391-400
	S35C	490-500
	S40C	589-600
	S45C	687-700
Baja konstruksi biasa JIS G 3011	S41B	392-400
	S50B	490-500
Baja batangan difinis dingin JIS 3123	S20C-D	490-500
	S35C-D	589-600

d. Perhitungan Sambungan Baut/Ulir

1. Tegangan tarik pada baut

Baut baut yang digunakan untuk sambungan dengan beban tarik atau beban aksial , dimana arah gayanya searah dengan sumbu baut , dan daerah yang berbahaya yaitu kemungkinan baut itu putus adalah pada penampang yang mempunyai ukuran diameter terkecil yaitu pada penampang x-x seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1.20 Beban tarik pada baut

Jika suatu baut mempunyai ukuran diameter dalam atau diameter terkecil d_1 [mm] mendapatkan gaya tarik akibat dari gaya aksial sebesar F [N] maka tegangan tarik pada baut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

- σ_t = tegangan tarik
- F = Gaya tarik
- A = luas penampang

Jika baut mempunyai ukuran diameter terkecil adalah d_1 mm maka luasnya penampangnya adalah :

$$A = \frac{\pi}{4} d_1^2$$

Dengan memasukan persamaan $A = \frac{\pi}{4} d_1^2$ pada persamaaan $\sigma_t = \frac{F}{A}$ maka didapat

$$\sigma_t = \frac{4.F}{\pi.d_1^2} \dots\dots\dots [N / mm^2]$$

Supaya baut tidak patah saat dibebani maksimum , hendaknya nilai tegangan tarik yang terjadi sama atau lebih kecil dari tegangan tarik yang diizinkan .

$$\sigma_t \leq \bar{\sigma}_t$$

Atau dengan cara memasukan vaktor keamanan pada persamaan di atas ,
maka tegangan tarik yang di izinkan adalah :

$$\bar{\sigma}_t = \frac{\sigma_t}{V}$$

σ_t = Tegangan tarik putus

$\bar{\sigma}_t$ = Tegangan tarik yang di izinkan

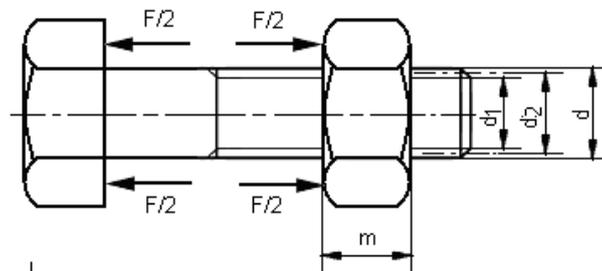
V = vaktor keamanan

Ukuran ulir-dalam atau ukuran diameter terkecil dapat di turunkan dari
persamaan tegangan tarik di atas yaitu :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4.F}{\pi.\bar{\sigma}_t}} \dots\dots\dots [\text{mm}]$$

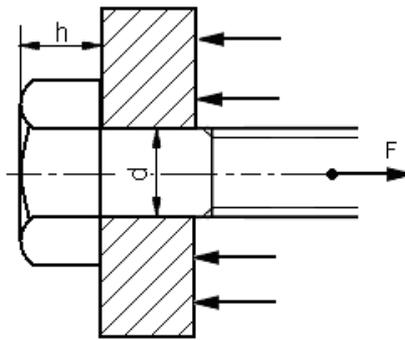
Keterangan :

- o d_1 = Diameter ulir dalam [mm]
- o F = Gaya tarik (aksial) [N]
- o σ_t = Tegangan tarik putus dari bahan baut [N/mm²]
- o $\bar{\sigma}_t$ = Tegangan tarik yang di izinkan [N/mm²]



Gambar 1.21 Gaya aksial pada baut

2. Tegangan geser pada kepala baut



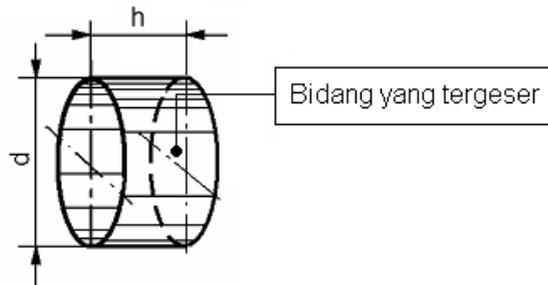
Gambar 1.22 Gaya aksial pada baut

Lihat gambar di atas, gaya aksial pada baut , selain menyebabkan tegangan tarik pada batang baut juga menyebabkan pula tegangan geser pada kepala baut . Jika gaya aksial yang bekerja pada baut adlah F [N] , tinggi kepala baut mempunyai ukuran h [mm] dan diameter baut d [mm] , tegangan geser pada kepala baut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

Tegangan geser adalah :

$$\tau_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots [\text{N/mm}^2]$$

dan A = luas penampang yang tergeser yaitu :



Gambar 1.23 Bidang yang tergeser pada kepala baut

Luas bidang yang tergeser merupakan luas selimut silinder , dengan panjang berupa keliling silinder dan tingginya adalah h mm , maka luasnya adalah :

$$A = \pi.d.h \dots\dots\dots[\text{mm}^2]$$

maka tegangan geser pada kepala baut menjadi :

$$\tau_g = \frac{F}{\pi.d.h} \dots\dots\dots[\text{N/mm}^2]$$

Keterangan :

- o τ_g = Tegangan geser pada kepala baut dalam satuan [N/mm²]

- A = Luas penampang yang tergeser dalam satuan [mm²]
- d = Diameter baut dalam satuan [mm]
- h = Tinggi kepala baut dalam satuan [mm]

Contoh 1.1:

Tentukan ukuran diameter terkecil dan tinggi ulir mur dan baut untuk membuat ulir ISO Metrik yang mempunyai ukuran dasar 10 dengan pitch = 1,5 mm

Penyelesaian :

Diketahui ulir ISO Metric

- Diameter mayor MD = 10 mm
- Pitch = 1,5 mm

Ditanyakan

- Ukuran ulir pada baut
- Ukuran ulir pada mur

Jawaban :

- Ukuran ulir pada baut :

Kedalaman ulir :

$$d = 0,61 \cdot p$$

$$d = 0,61 \times 1,5 = 0,92 \text{ mm}$$

Diameter minor atau terkecil baut

$$md = MD - 2 \cdot d = 10 - 2(0,92)$$

$$md = 10 - 1,82 = 8,18 \text{ mm}$$

- Ukuran ulir pada mur :

Tinggi ulir : $h = 0,54 \cdot p = 0,54 \times 1,5 = 0,81 \text{ mm}$

Diameter terkecil atau minor mur : $md = MD - 2 \cdot h = 10 - 2(0,81) = 10 - 1,62$

$$md = 8,38 \text{ mm}$$

Contoh 1.2:

Hitung diameter minor dari ulir Whitworth (BSW) $\frac{3}{4}$ in, jika kedalaman ulir = 0,64p.

Penyelesaian

Diketahui ulir whitworth

- MD = $\frac{3}{4}$ In
- d = 0,64 p.

Ditanyakan :

Ukuran diameter minor

Jawaban:

Lihat tabel, ulir whitworth yang mempunyai ukuran $\frac{3}{4}$ in mempunyai ulir 10 ulir tiap inchi .

Maka $p = 1/10$ in

Kedalam ulir $d = 0,64 \times 1/10 = 0,064$ in

Diameter minor $md = MD - 2 \cdot d = 0,75 - 2(0,064) = 0,75 - 0,128 = 0,622$ inchi .

Contoh 1.3:

Suatu bahan akan dibuat ulir UNC dengan diameter dasar 1 inchi. Tentukan ukuran diameter minor untuk ulir baut dan mur UNC tersebut .

Diketahui ulir UNC

Diameter Mayor MD = 1 inchi = 25,4 mm

Ditanyakan ukuran minor dari baut dan mur

Jawaban :

Lihat tabel, ulir UNC yang mempunyai ukuran 1 inchi mempunyai ulir 8 ulir tiap inchi atau $n = 8$

Kisar ulir

- $P = 1/8$ inchi = 25,4/8 [mm]
- Ukuran baut
- Dalamnya ulir
- $d = 0,61 \cdot p$
- $d = 0,61 \times 1/8$ [inchi] = 0,076 inchi

Diameter minor baut

- $md = MD - 2 \cdot d = 1 - 2 \times 0,076 = 1 - 0,152 = 0,848$ inchi

Ukuran mur :

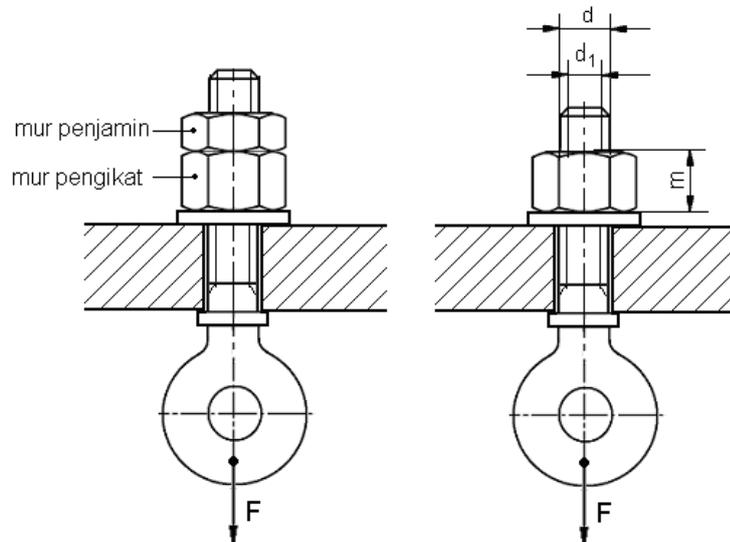
- Tinggi gigi
- $h = 0,54 p$
- $h = 0,54 \times 1/8 = 0,067$ inchi

Diameter minor mur

- $md = MD - 2 \cdot h = 1 - 2 \times 0,067 = 1 - 0,134 = 0,866$ inchi .
- Jika ukuran di atas dalam satuan mm maka ukuran tersebut dikalikan dengan 25,4 .

Contoh 1.4:

Suatu baut digunakan untuk mengikat mata rantai dengan konstruksi seperti terlihat pada gambar. Bahan baut S 40 C dengan vaktor keamanan $V=6$. Tentukan ukuran diameter terkecil dari baut tersebut , jika beban tarik $F = 20 \text{ KN}$



Gambar 1.24 Baut pengikat

Penyelesaian :

Tegangan tarik untuk S 40 C , lihat tabel $\sigma_t = 600 \text{ [N / mm}^2 \text{]}$

Faktor keamanan $f = 6$

Beban tarik $F = 20.000 \text{ [N]}$

Ditanyakan, ukuran ulir dalam

Jawaban :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \sigma_t}}$$
$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times 20000}{3,14 \times 100}} = \sqrt{\frac{800}{3,14}} = 15,962 \text{ mm}$$

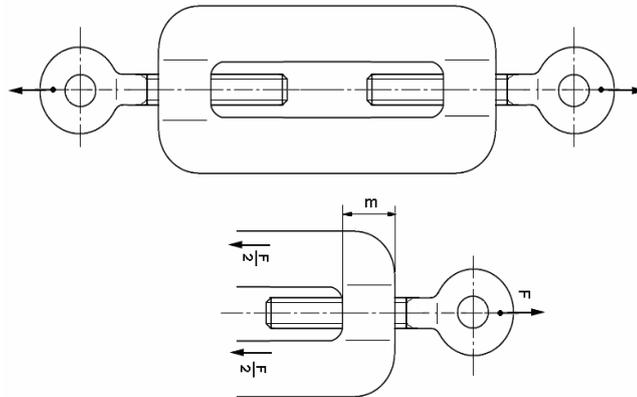
Ukuran baut standar yang digunakan dapat dilihat pada tabel-ulir :

- o Jika menggunakan ulir UNC , ukuran yang mendekati dan aman untuk digunakan adalah $\frac{3}{4}$ " – 10 UNC dengan ukuran : $d_1 = 16,299 \text{ mm}$ $d = 19,050 \text{ mm}$ dan $d_2 = 17,399 \text{ mm}$

- o Jika menggunakan ulir metris : ukuran yang mendekati adalah M 20 X 2,5 dengan ukuran : $d_1 = 20 - (1,082532 \times 2,5) = 17,29 \text{ mm}$

Contoh 1.5:

Suatu penarik /peregang tali seperti terlihat pada gambar, mendapat beban $F = 4000 \text{ N}$, bahan baut ST 40 C dengan faktor keamanan 6, Hitunglah ukuran diameter baut yang akan digunakannya .



Gambar 1.25 Gambar peregang

Jawaban :

Kekuatan / tegangan baut dapat dilihat pada tabel, yaitu untuk bahan ST 40 C, tegangan tariknya $\sigma_t = 600 \text{ N/mm}^2$.

Tegangan yang di izinkan :

$$\bar{\sigma}_t = 600/6 = 100 \text{ N/mm}^2 .$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \bar{\sigma}_t}}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times 4000}{3,14 \times 100}} = 22,56 \text{ mm}$$

Jika kita menggunakan ulir metris maka ukuran yang mendekati adalah M 26 X3 dengan ukuran $d_1 = 23,10 \text{ mm}$.

Contoh 1.6:

Jika kepala baut pada contoh di atas menggunakan M16 yang mempunyai ukuran $d = 16 \text{ mm}$ dan tinggi kepala baut $0,7 d$, hitung tegangan geser pada kepala baut tersebut.

Penyelesaian :

Diketahui :

- Beban aksial pada kepala baut : $F = 20.000$ [N]
- Ukuran tinggi kepala baut $h = 0,7 d$
- Diameter baut $d = 16$ mm

Ditanyakan tegangan geser pada kepala baut : τ_g

$$\text{Jawaban : } \tau_g = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot h}$$

Ukuran $h = 0,7d = 0,7 \times 16 = 11,2$ mm

maka :

$$\tau_g = \frac{20.000}{3,14 \times 11,2 \times 16} = \frac{20.000}{562,688} = 35,54 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

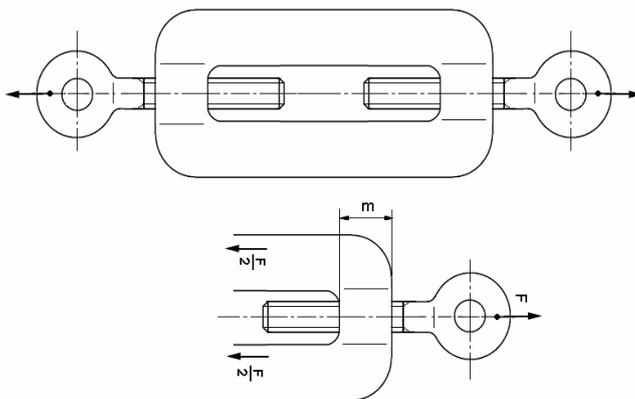
3. Rangkuman

- Suatu konstruksi mesin terdiri atas elemen elemen mesin yang dirakit dan disatukan satu sama lainnya dengan cara disambung dan tersusun menjadi suatu mesin yang utuh.
- Sambungan ulir pada elemen mesin berfungsi sebagai sambungan sementara yaitu sambungan yang dapat dibuka dan dipasang kembali tanpa merusak elemen mesin mesin itu sendiri atau alat penyambungannya.
- Sambungan ulir terdiri atas baut dan mur oleh karena itu sambungan ulir disebut juga dengan sambungan mur baut.
- Macam macam ulir
Ulir yang digunakan pada mur baut pada umumnya adalah ulir segitiga yaitu ulir yang mempunyai penampang dengan bentuk profil segitiga . Jenis ulir segitiga yang standar terdiri atas :
 - Ulir metris
 - Ulir whitwort
 - Ulir UNC dan UNF
 - Ulir standar pabrik
- **Macam-macam baut dan mur**
 - baut dengan kepala segi enam / hexagonal
 - baut dengan washer

- baut U
- mur bertopi / Capped nut
- mur dengan flens
- mur pengunci

4. Tugas

Suatu penarik /peregang tali seperti terlihat pada gambar, mendapat beban $F = 3000 \text{ N}$, bahan baut ST 35 C dengan faktor keamanan 6, Hitunglah ukuran diameter baut yang akan digunakannya.

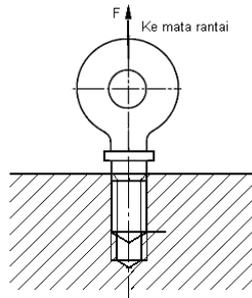


5. Tes Formatif

Isilah pertanyaan pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas !

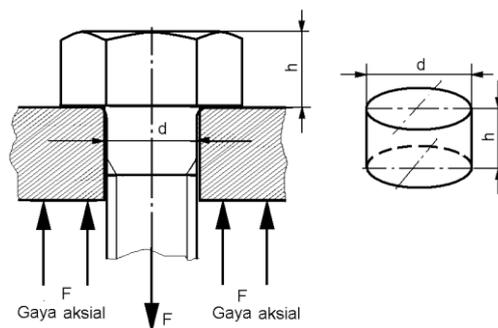
1. Apa fungsi sambungan pada komponen mesin ? jelaskan !
2. Apa yang dimaksud dengan sambungan sementara ? jelaskan dengan contohnya !
3. Tuliskan tiga macam ulir standar !
4. Apa yang dimaksud dengan tanda M 12 X 1,5 baut ? jelaskan !

5. Suatu bahan akan dibuat ulir UNC dengan diameter dasar 3/4 inchi
Tentukan ukuran diameter minor untuk ulir baut dan mur UNC tersebut, jika beban tarik pada baut 15 KN .
6. Suatu baut digunakan untuk mengikat mata rantai dengan konstruksi seperti terlihat pada gambar. Bahan baut mempunyai tegangan tarik putus $\sigma_t = 430 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ dengan vaktor keamanan $V=8$. Tentukan ukuran diameter terkecil dari baut tersebut .



Gambar 1.26 Baut pengikat mata rantai

7. Hitung tegangan geser pada kepala baut standar M10 dengan tinggi kepala baut $0,7 d$, jika beban geser adalah 10 KN

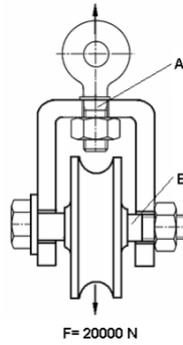


Gambar 1.27 Tegangan geser pada baut

8. Suatu kerek seperti terlihat pada gambar ditumpu oleh baut dengan tegangan tarik yang di izinkan $\sigma_t = 100 \text{ [N/mm}^2\text{]}$, dan tegangan geser yang di izinkan $\tau_g = 0,8 \sigma_t$

Tentukan :

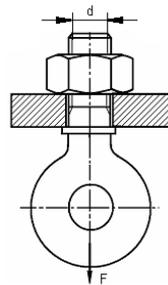
- Ukuran diameter baut A.
- Ukuran diameter baut B



Gambar 1.28 Baut penahan kerek

9. Diketahui seperti pada gambar, gaya tarik $F = 31400 \text{ N}$ dan baut yang digunakan jenis ulir M 12 X 1,75

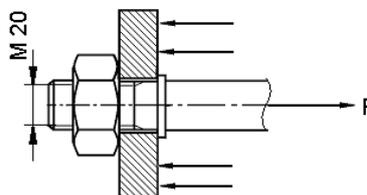
- Periksa tegangan tarik pada baut



Gambar 1.29 Tegangan tarik pada baut

10. Diketahui lihat gambar berikut : jenis ulir M 20 ; gaya tarik $F = 68000 \text{ N}$

- Periksa tekanan bidang pada telapak kaki mur



Gambar 1.30 Tekanan pada telapak kaki mur

C. Kegiatan Belajar 2: SAMBUNGAN KELINGAN

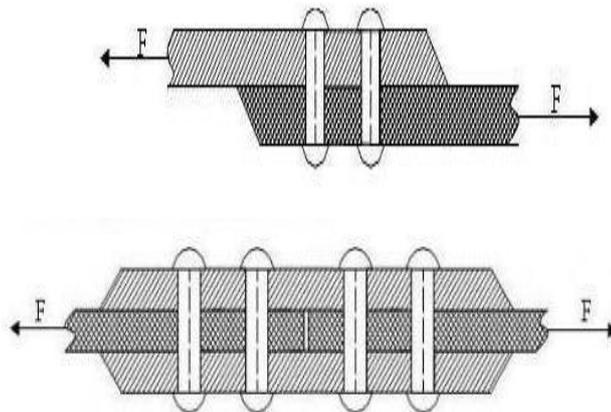
1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- Menjelaskan macam macam sambungan keeling
- Menjelaskan fungsi sambungan kelinga
- Menjelaskan ukuran standar paku keling
- Menghitung kekuatan sambungan keing..

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati gambar sambungan plat baja dibawah ini atau jenis sambungan yang ada disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan bagaimana jenis dan fungsi sambungan yang digunakan pada konstruksi tersebut dari hasil pengamatan.



Gambar 2. 1 Gambar sambungan pada plat

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai jenis sambungan pada gambar tersebut atau obyek yang lain, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis sambungan yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana konstruksi jenis sambungan tersebut menyatukan batang kerangka. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian,

selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitung kekuatan sambungan tersebut..

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis dan fungsi sambungan yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan.

a. Fungsi Sambungan Kelingan

Sambungan kelingan banyak digunakan pada produk atau benda benda kerja dari bahan pelat atau bahan profil , Sambungan kelingan tersebut berfungsi untuk menyambung bagian pelat satu dengan pelat lainnya atau menyambung bagian plat dengan profil dengan menggunakan paku keling sebagai bahan penyambungannya . Plat disatukan satu sama lain dengan cara ditumpangkan , kemudian dibor selanjutnya dipasang paku keling dan dikelingkan sehingga plat satu dengan plat lainnya menyambung .

b. Macam Macam Sambungan Kelingan

Macam macam sambungan kelingan dapat di tinjau dari kekuatan sambungan dsn bentuk sambungannya .

1. Macam macam kekuatan sambungan kelingan

Ditinjau dari kekuatan sambungannya sambungan kelingan terdiri atas :

- Sambungan ringan
- Sambungan kuat
- Sambungan rapat
- Sambungan kuat dan rapat

a. Sambungan ringan

Sambungan ringan yaitu sambungan yang berfungsi untuk menyambung dua bagian dari suatu produk dengan sambungan yang tidak mempunyai beban yang besar misalnya sambungan kelingan pada perabotan-rumah dan semacamnya.

b. Sambungan kuat

Sambungan kuat yaitu sambungan pada pekerjaan pelat yang mendapatkan beban sehingga memerlukan kekuatan tertentu seperti pada sambungan pelat pada bodi kendaraan , sambungan pada konstruksi jembatan atau konstruksi baja lainnya.

c. Sambungan rapat

Sambungan rapat yaitu sambungan yang memerlukan kerapatan dan tidak bocor, misalnya sambungan pelat pada bak air terbuka atau tangki air berukuran kecil .

d. Sambungan kuat dan rapat

Sambungan kuat rapat yaitu sambungan kelingan selain memerlukan kekuatan juga memerlukan kerapatan, sambungan kuat rapat tersebut biasanya digunakan pada sambungan pelat ketel atau sambungan pada pelat tabung gas yang bertekanan tinggi.

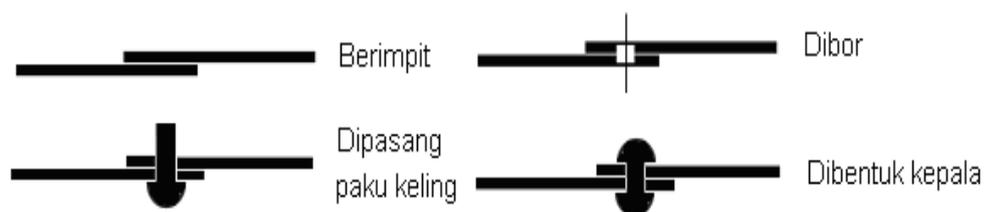
2. Macam macam bentuk sambungan kelingan

Ditinjau dari posisi pelat yang disambung dan bahan penyambung , macam macam bentuk sambungan kelingan terdiri atas :

- Sambungan berimpit
- Sambungan bilah tunggal
- Sambungan bilah ganda
- Sambungan rowe.

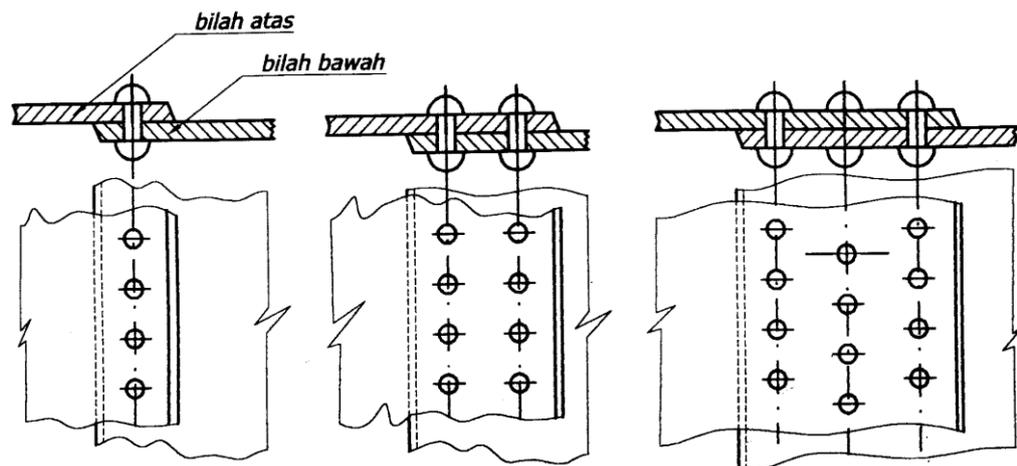
a. Sambungan berimpit

Untuk menyambung dua buah pelat dapat dilakukan dengan cara ditumpangkan , yaitu ujung pelat satu dengan ujung pelat lainnya berimpit satu sama lainnya kemudian dibor , dipasang paku keling dan dibentuk kepala paku sehingga membentuk sambungan kelingan , sambungan tersebut disebut dengan sambungan berimpit . lihat gambar berikut :



Gambar 2. 2 Sambungan berimpit

Pada sambungan berimpit dapat dilakukan dengan cara memasang satu baris paku keling dan disebut dengan sambungan berimpit dikeling tunggal , dipasang dua baris paku keling yang disebut dengan sambungan berimpit dikeling ganda dan tiga baris paku keling yang disebut dengan sambungan berimpit yang dikeling triple , lihat gambar berikut :

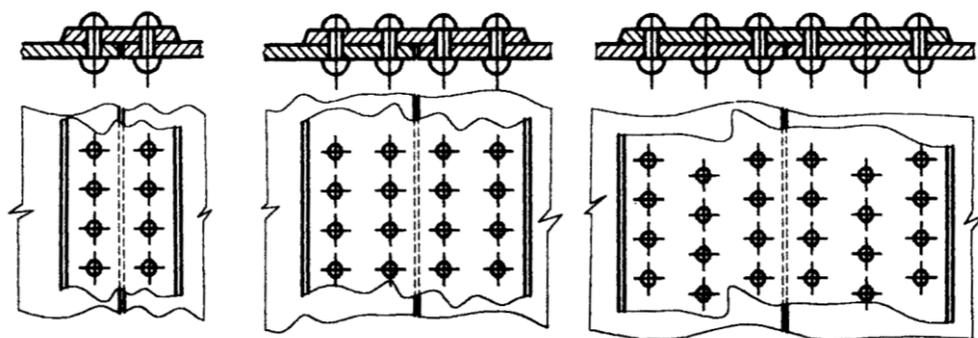


Gambar 2.3 Sambungan dikeling tunggal, ganda dan triple

b. Sambungan bilah tunggal

Jika ujung-ujung pelat disambung dengan menggunakan sebuah pelat lain yang berbentuk bilah maka sambungan kelingan tersebut disebut dengan sambungan bilah. Ditinjau dari jumlah bilah yang digunakan untuk menyambungannya, sambungan bilah terdiri atas: sambungan bilah tunggal dan sambungan bilah ganda.

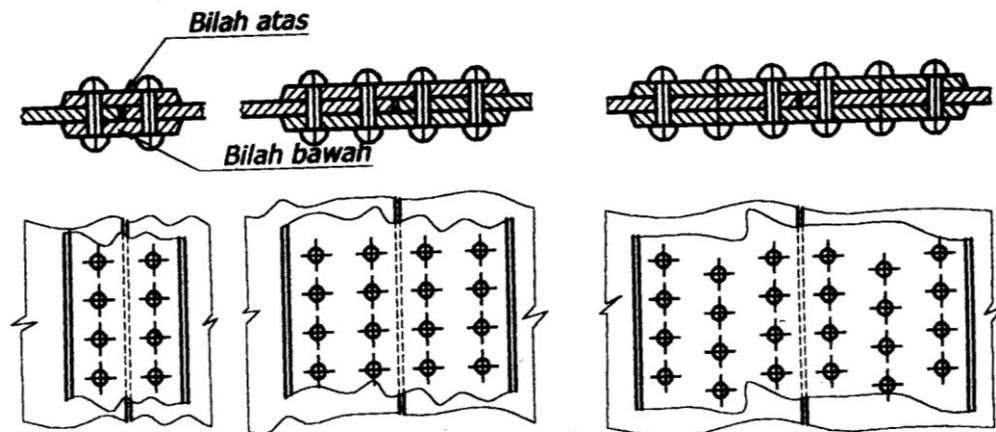
Sambungan bilah tunggal yaitu sambungan kelingan yang menggunakan satu buah bilah yang dipasang pada satu sisi atas pelat, sambungan bilah tunggal dapat dilaksanakan dengan memasang satu baris paku keling, dua baris atau tiga baris paku keling, lihat gambar berikut.



Gambar 2.4 Sambungan bilah tunggal

c. Sambungan bilah ganda

Jika sambungan ujung ujung pelat disambung dengan menggunakan dua buah pelat lain yang berbentuk bilah dan dipasang pada bagian atas dan bagian bawahnya disambung dengan paku keling , sambungan kelingan tersebut disebut dengan sambungan kelingan bilah ganda . Lihat gambar berikut !



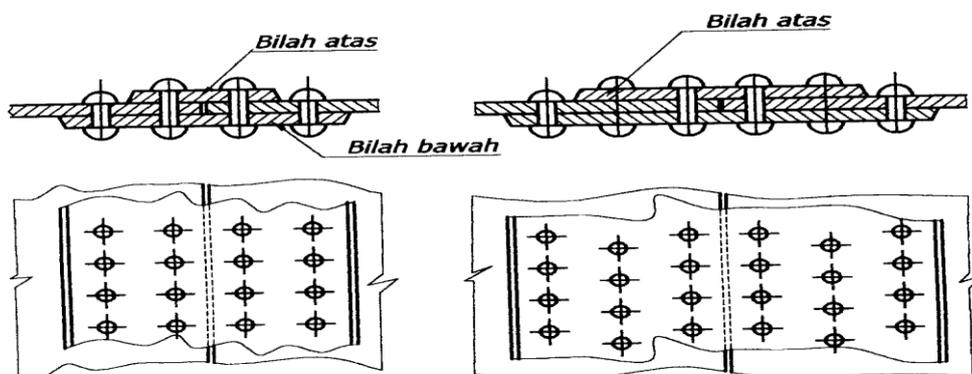
Gambar 2.5 Macam macam sambungan bilah ganda

d. Sambungan rowe

Sambungan rowe adalah sambungan kelingan semacam sambungan kombinasi antara sambungan bilah tunggal dengan sambungan bilah ganda, dengan ukuran bilah bawah lebih lebar dari bilah atas . Sambungan rowe tersebut terdiri atas :

- Sambungan rowe dikeling dua baris (kampuuh ganda)
- Sambungan rowe tiga baris (kampuuh triple) .

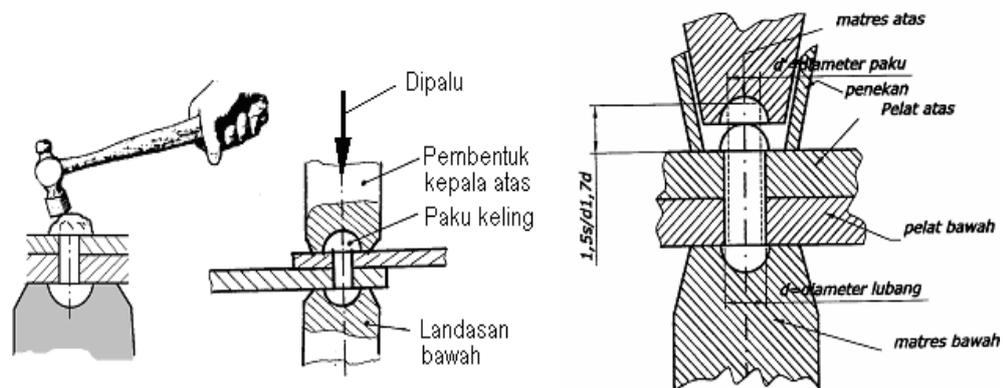
Kedua macam sambungan rowe tersebut dapat dilihat pada gambar berikut .



Gambar 2.6 Sambungan rowe

c. Cara Mengeling

Kedua pelat yang akan disambung dibor terlebih dahulu , kemudian dipasang paku keling pada lubang bor , kemudian kepala paku dibentuk dengan cara dipalu , sehingga paku keling tidak lepas dari pelatnya . Untuk membentuk kepala paku keling dapat dilakukan dengan menggunakan palu secara langsung yaitu dipukul sampai mengembang dan membentuk kepala paku keling atau dapat juga dengan menggunakan peralatan pembentuk kepala paku keling secara khusus. Dalam hal ini paku kelingnya tidak dipukul langsung melainkan alat pembentuknya saja yang dipukul dengan palu sehingga bentuk kepala paku keling lebih baik dibandingkan dengan bentuk kepala paku keling hasil pukulan palu secara langsung .



Gambar 2.7 Cara mengeling

Mengeling dengan mesin press

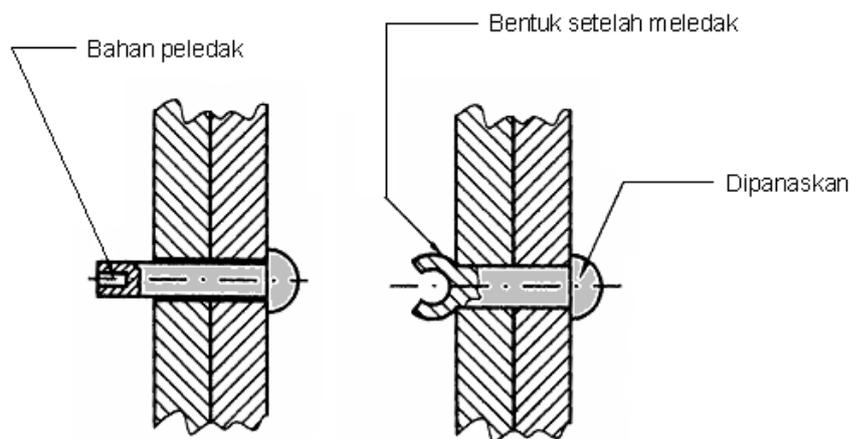
Langkah langkah atau proses mengeling dengan mesin pres adalah sebagai berikut :

- Persiapkan plat yang akan disambung dan dibor dengan ukuran mata bor $d=d'+(0,1s/d0,2)$ mm , d' adalah ukuran diameter paku keling .
- Pasang paku keeling , dengan sisa panjangnya mempunyai ukuran $(1,5 s/d 1,7)d'$.
- Tempatkan pelat yang akan disambung dengan posisi paku keling berada pada matres bawah .
- Tekan dengan penekan (2) , supaya plat atas dan plat bawah betul betul rapat.
- Tekan matres atas dengan gaya F yang cukup untuk membentuk kepala paku keeling .

Pembentukan kepala paku keling dapat dilakukan dengan cara panas , yaitu dengan cara membakar ujung paku keling sampai membara kemudian dipres. Pembentukan kepala paku keling dapat pula dilakukan dengan cara dingin .

Mengeling dengan paku keling berujung ledak

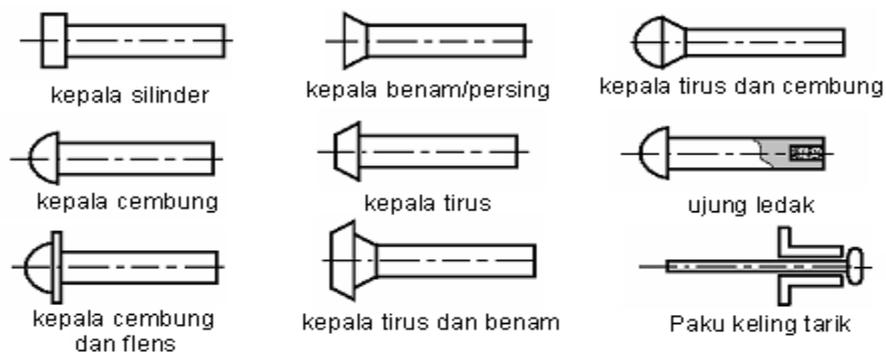
Cara menggunakan paku keling yang mempunyai ujung peledak yaitu dengan memanaskan kepala paku keeling yang telah terpasang pada sambungannya . Panas akan merambat dan meledakan bahan peledak yang ada pada ujung paku keling, sehingga ujung paku keling melebar seperti terlihat pada gambar berikut ;



Gambar 2.8 Paku keling dengan ujung peledak

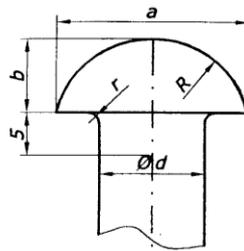
d. Macam Macam Paku Keling

Dilihat dari bentuk kepalanya macam macam paku keling dapat dijelaskan dengan gambar berikut :



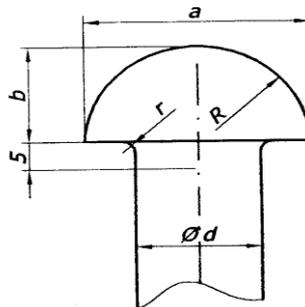
Gambar 2.9 Macam macam paku keling

Tabel 2.1 Paku keling dengan kepala cembung menurut N667 Tipe A



d	R	r	a	b
6	5,8	0,4	11	4,5
8	7,2	0,4	14	5,5
10	8,8	0,4	17	6,5
13	10,9	0,6	21	8
16	13,0	0,8	25	9,5
19	15,7	0,8	30	3,6
22	18,5	1	35	5,8
25	20,8	1	40	8,9
28	23,4	1	45	12,6
31	25,9	1,5	50	17,0

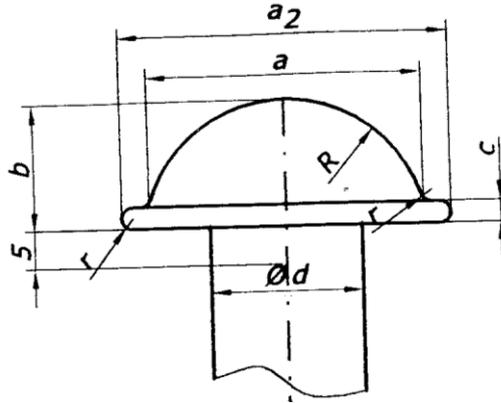
Tabel 2.2 Paku keling dengan kepala cembung menurut N667 Tipe B



d	R	r	a	b
10	8,8	0,4	17,5	8
13	10,9	0,6	21,5	9,5
16	13,0	0,8	26,0	11,5
19	15,7	0,8	31	13,5
22	18,5	1	36	15,5
25	20,8	1	41	17,5
28	23,4	1	46	19,5

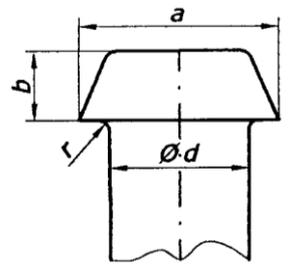
d	R	r	a	b
31	25,9	1,5	51	21,5

Tabel 2.3 Paku keling dengan kepala cembung menurut N667 Tipe C



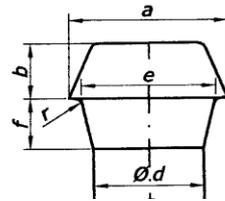
d	a	a2	b	c	R	r
16	25	29,5	11,5	2	13,0	1
19	30	35	13,5	2,5	15,7	1
22	35	40	15,5	2,5	18,5	1
25	40	45	17,5	2,5	20,8	1
28	45	50	19,5	2,5	23,4	1
31	50	56	21,5	2,5	25,9	1

Tabel 2. 4 Paku keling dengan kepal tirus menurut N667 tipe D



d	r	a	b	e (tirus atas)
13	0,6	21	9,5	14,5
16	0,8	25	11,5	18
19	0,8	30	13,5	21
22	1	35	15,5	24,5
25	1	40	17,5	28
28	1	45	19,5	31,5

Tabel 2.5 Paku keling dengan kepal tirus menurut N667 tipe E



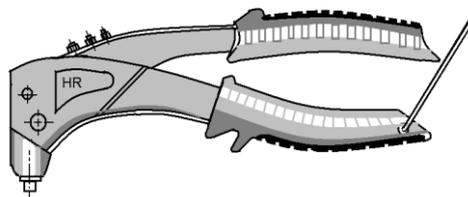
d	r	a	b	e	f
6	0,4	11	6	-	-
8	0,4	14	7	-	-
10	0,4	17	8	-	-
13	0,6	21	9,5	14,5	6,5
16	0,8	25	11,5	18	8
19	0,8	30	13,5	21	9,5
22	1	35	15,5	24,5	11
25	1	40	17,5	28	12,5
28	1	45	19,5	31,5	14

e. Tang Keling

1. Fungsi tang keling

Untuk sambungan ringan yaitu sambungan yang tidak mempunyai beban dan tidak memerlukan kekuatan yang tinggi, sambungan kelingan dapat dilakukan dengan menggunakan alat pengeling khusus yang berupa tang dan selanjutnya disebut dengan tang keling.

Tang keling disebut juga dengan riveter yaitu suatu perkakas tangan yang berfungsi untuk mengeling pelat pelat tipis yang tidak memerlukan kekuatan tinggi. Bentuk tang keling dapat dilihat pada gambar berikut !

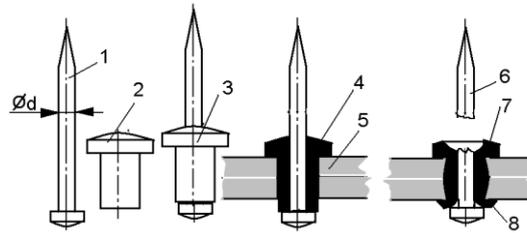


Gambar 2.10 Tang keling

2. Ukuran dan bentuk paku

Paku keling tersedia dipasaran dengan ukuran diameter $d = 2,4 \text{ mm}$, $3,2 \text{ mm}$, $4,0 \text{ mm}$ dan $4,8 \text{ mm}$ atau dalam satuan inchi yaitu $d = 3/32''$, $1/8''$,

5/32" dan 3/16 ". Bentuk paku keling untuk tang keling tersebut dapat dilihat pada gambar berikut !



Gambar 2.11 Paku tang keling

Keterangan gambar

ϕd = diameter paku keling tarik

(1) = paku keling tarik

(2) = Paku keling tekan

(3) = Paku keling terpasang

(4) = Penampang paku keling

(5) = Sambungan / pelat

(6) = Sisa paku keling yang putus

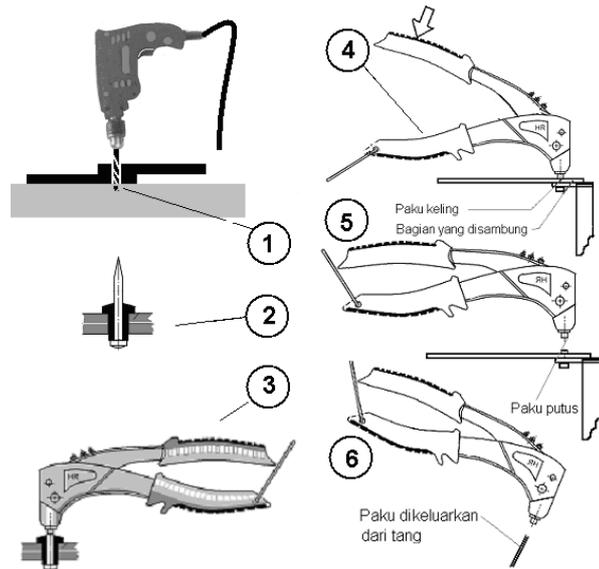
(7) = Bentuk paku keling setelah ditarik

(8) = Paku keling mengembang pada bagian bawah dan tengahnya .

Proses penggunaan tang keling yaitu sebagai berikut :

- Bagian yang akan dikeling dibor terlebih dahulu dengan ukuran bor $[d+(0,1s/d0,2)mm]$!.
- Masukkan paku keling pada lubang yang baru dibor !
- Masukkan ujung paku pada lubang soket tang keling
- Tekan handel tang sampai paku keling mengembang pada lubang dan putus !
- Dengan mengembangnya paku keling dan putusnya paku keling tarik maka tersambunglah pelat tersebut .
- Keluarkan sisa paku yang berada di dalam tang untuk pengelingan berikutnya !.

Lihat diagram aliran proses mengeling berikut !



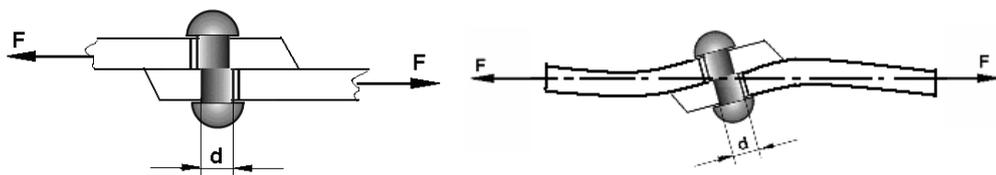
Gambar 2. 12 Diagram alir proses mengeling

f. Perhitungan Sambungan Kelingan

Tujuan dari perhitungan sambungan kelingan ialah untuk mengetahui dan menentukan ukuran paku keling supaya sambungan paku keling aman terhadap beban tertentu atau untuk memeriksa besarnya beban yang diizinkan pada sambungan kelingan itu sendiri.

Perhitungan sederhana untuk sambungan kelingan yang mendapatkan beban sentris dapat dilaksanakan pada kekuatan geser pada paku keling yaitu dengan persamaan :

$$\tau_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots [\text{N/mm}^2]$$



Gambar 2.13 Geseran pada paku keling

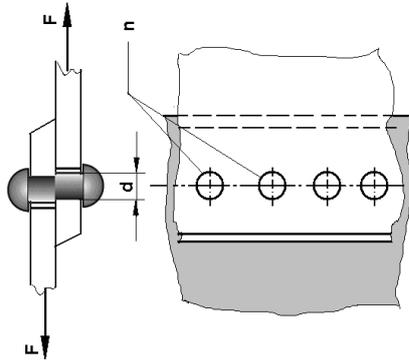
Jika sambungan kelingan berimpit dengan kampuh tunggal mendapatkan beban sentris F [N] , paku keling yang terpasang berjumlah n [buah] dengan ukuran d [mm] , maka tegangan geser yang terjadi adalah :

$$\tau_g = \frac{F}{A} \text{ dan } A = \text{jumlah luas penampang paku keling yaitu :}$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot n \text{ maka } \tau_g = \frac{F}{\frac{\pi}{4} d^2 \cdot n}$$

Keterangan :

- | | | |
|----------|--|----------------------|
| A | = Luas penampang dalam satuan | [mm ²] |
| τ_g | = Tegangan geser pada paku keling dalam satuan | [N/mm ²] |
| F | = Beban sentris pada sambungan paku keeling | [N] |
| d | = Diameter paku keeling yang terpasang | [mm] |
| n | = Jumlah paku keling | [buah] |



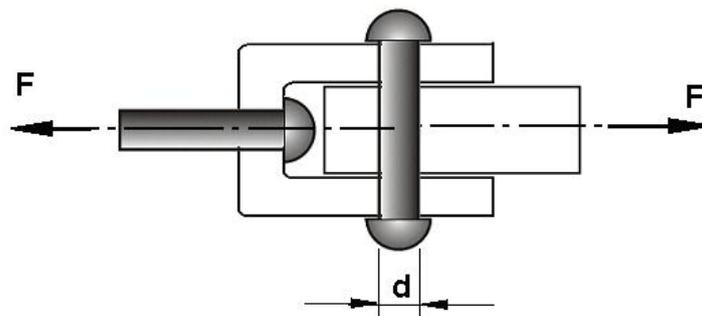
Gambar 2.14 Sambungan berimpit

Contoh 2.1:

Suatu konstruksi sambungan kelingan seperti terlihat pada gambar dibawah, diketahui :

Diameter paku keling $d = 20$ [mm]

Gaya $F = 4000$ N



Gambar 2.15 Sambungan kelingan

Hitung tegangan geser yang terjadi pada paku keling.

Jawaban :

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

Luas paku keling yang tergeser terdapat di dua tempat yaitu :

$$A = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = 2 \times 0,785 \times 20^2 .$$

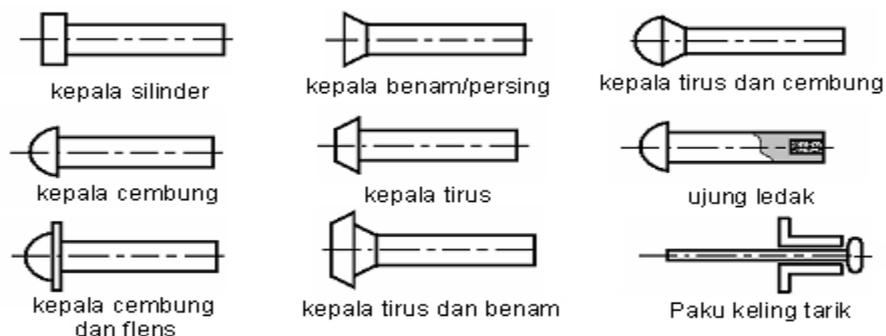
$$A = 628 \text{ [mm}^2\text{]}$$

jadi :

$$\tau_g = \frac{4000}{628} = 6,4 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

3. Rangkuman

- Sambungan kelingan berfungsi untuk menyambung bagian pelat satu dengan pelat lainnya atau menyambung bagian plat dengan profil dengan menggunakan paku keling sebagai bahan penyambungannya.
- Macam -macam sambungan keling
 - Sambungan ringan
 - Sambungan kuat
 - Sambungan rapat
 - Sambungan kuat dan rapat
- Macam macam bentuk sambungan keling
 - Sambungan berimpit
 - Sambungan bilah tunggal
 - Sambungan bilah ganda
 - Sambungan rowe
- Macam-macam paku keling

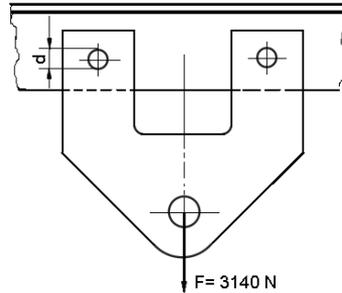


4. Tugas

- Jelaskan proses penyambungan dengan paku keling.
- Sambungan kelingan berimpit seperti gambar berikut.
Beban $F = 3000 \text{ N}$, Jumlah paku keling 2 buah

Tegangan yang diizinkan $\tau_g = 80 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

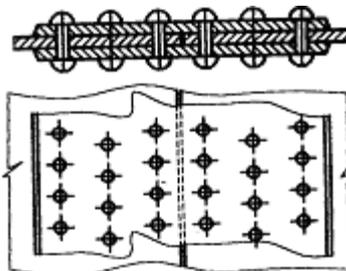
Hitung diameter paku keling



5. Tes Formatif

Isilah pertanyaan pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas !

- Apa yang dimaksud dengan sambungan permanent? jelaskan dengan contohnya !
- Apa fungsi sambungan kelingan ? jelaskan !
- Pada pekerjaan pelat, ditinjau dari kekuatannya sambungan kelingan ada berapa macam ? jelaskan dengan contohnya !
- Apa yang dimaksud dengan sambungan bilah tunggal dikeling ganda ? jelaskan dengan gambar !
- Sebutkan / tuliskan jenis sambungan pada gambar berikut !



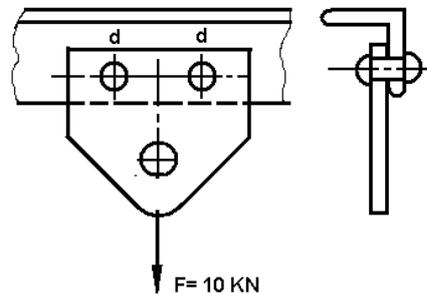
Gambar 2.16 Gambar soal no 5

- Bagaimana cara mengeling dengan menggunakan paku keling berujung ledak ? jelaskan !
- Suatu konstruksi dengan sambungan kelingan berimpit, lihat gambar berikut !.

Diketahui : Beban $F = 20 \text{ kN}$, Jumlah paku keling 2 buah

Tegangan yang diizinkan $\tau_g = 80 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Hitung diameter paku keeling d



Gambar 2.17 Gambar soal no 7

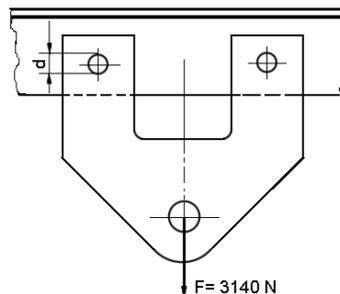
8. Sambungan kelingan berimpit , lihat gambar berikut !

Diketahui :

Beban $F = 3140 \text{ N}$, Jumlah paku keeling 2 buah

Tegangan yang diizinkan $\tau_g = 80 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Hitung diameter paku keling d



Gambar 2.18 Gambar soal no 8

9. Sambungan kelingan, lihat gambar berikut !

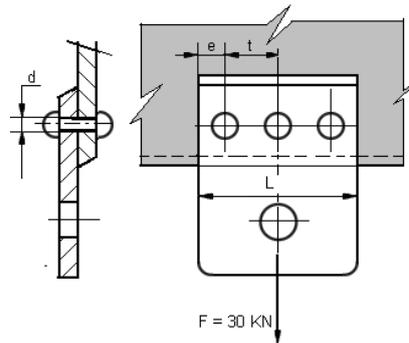
Diketahui :

- Jumlah paku keling 3 buah
- Gaya tarik $F = 30.000 \text{ N}$
- Tegangan geser yang di izinkan $\tau_g = 80 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- Jarak antara paku keling $t = 3d$ dan $e = 0,5 t$

Tentukan :

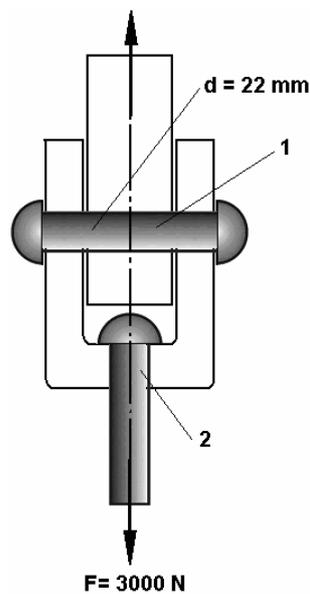
- Diameter paku keling
- Tebal pelat jika $d < 2,39 s$.
- Lebar pelat L

- d. Tegangan tarik pada pelat
- e. Tegangan geser pada tepi pelat



Gambar 2.19 Gambar soal no 9

10. Suatu konstruksi sambungan kelingan seperti terlihat pada gambar berikut, diketahui :Diameter paku keling $d = 22$ [mm] Gaya $F = 3000$ N Hitung tegangan geser yang terjadi pada paku keling No.1.



Gambar 2.20 Gambar soal no 10

D. Kegiatan Belajar 3: **SAMBUNGAN LAS**

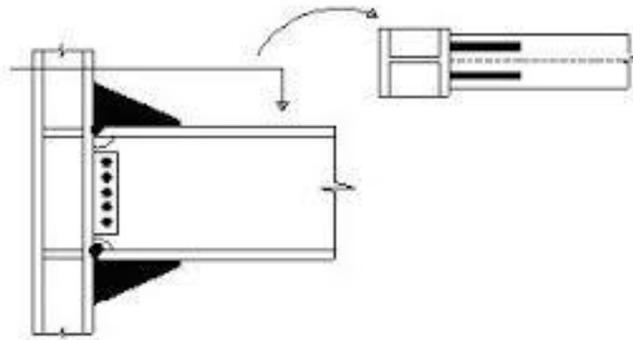
1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan macam macam sambungan las
- b. Menjelaskan keuntungan dan kerugian sambungan las
- c. Menghitung kekuatan sambungan las

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati gambar sambungan konstruksi baja berikut atau amati sambungan pada suatu konstruksi disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan bagaimana konstruksi tersebut disusun/disambung dari hasil pengamatan.



Gambar 3.1 Sambungan pada konstruksi baja

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai jenis sambungan pada konstruksi baja atau obyek yang lain, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis sambungan yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaiman konstruksi jembatan itu disusun oleh kerangka-kerangka melalui suatu jenis sambungan. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitung kekuatan sambungan tersebut..

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis dan fungsi sambungan yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan

a. Fungsi Sambungan Las

Sambungan las berfungsi untuk menyambung dua logam dengan cara memanaskan kedua ujung logam sampai melebur hingga ujung yang satu dengan ujung lainnya menyambung. Untuk menyambung kedua ujung logam tersebut dapat ditambah logam lain atau tanpa menambah logam lainnya . Untuk memanaskan logam yang akan dilas dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Menyemprotkan api gas , misalnya gas karbit /asetiline , gas elpiji , dan gas gas lainnya.
- Dengan busur api listrik.
- Dengan tahanan listrik , misalnya pada las titik atau las rol.

b. Macam Macam Sambungan Las

Untuk mendapatkan sambungan las yang baik, perlu adanya persiapan persiapan pada bagian sisi yang akan dilas dengan bentuk bentuk tertentu. Pembentukan sisi las tersebut dapat dilaksanakan dengan cara digerinda, dikikir , dipahat , atau dibentuk dengan las potong, sehingga bentuk sambungan tersebut dapat memenuhi standar las yang diinginkan .

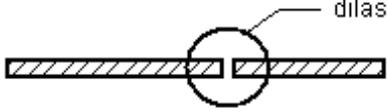
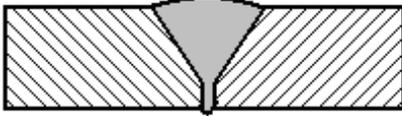
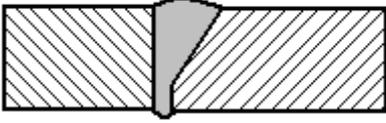
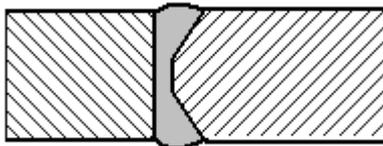
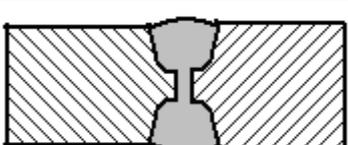
Dilihat dari bentuk /konstruksi bagian yang akan dilas, sambungan las terdiri atas:

- Las tumpul
- Las tumpang
- Las sudut
- Las T

1) Las tumpul

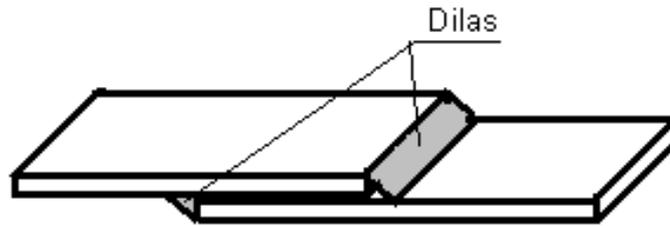
Las tumpul yaitu menyambung dua ujung logam pada kedua tepinya dengan proses las. Macam-macam sambungna las tumpul bisa dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Macam Macam Sambungan Las Tumpul

Nama	Konstruksi	Keterangan
Las tumpul tunggal		Tebal pelat 1,6 mm
Las tumpul ganda		Tebal pelat 3-8 mm Dilasi dua sisi (ganda)
Las tumpul V		Tebal pelat : 4 – 26 mm Celah akar : 1 – 2 mm Sudut alur : 55 ° – 70 °.
Las tumpul tunggal setengah V		Tebal : 4 – 26 mm Celah akar : 1 – 2 mm Sudut alur : 45° .
Las tumpul ganda (K)		Tebal : 4 – 26 mm Celah akar : 1 – 2 mm Sudut alur : 45° .
Las tumpul V ganda (X)		Tebal : 12 – 60 mm Celah akar : 1 – 2 mm Sudut alur 55 ° – 70 °.
Las tumpul U		Tebal : 20 – 60 mm Celah akar : 1 – 2 mm Sudut alur 25 ° – 30 °.
Las tumpul U-Ganda		Tebal : 30 – 60 mm Celah akar : 1 – 2 mm Sudut alur 25 ° – 30 °.

2) Las tumpang

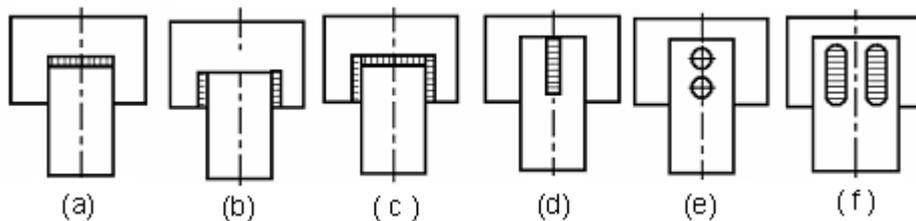
Las tumpang disebut juga las berimpit, yaitu menyambung kedua ujung logam dengan cara ditumpangkan satu sama lainnya kemudian dilas pada sisi-nya .Lihat gambar berikut



Gambar 3.2 Las tumpang

Macam macam sambungan las tumpang dapat dilaksanakan sebagai berikut:

- Sambungan las sisi muka (a)
- Sambungan las sisi kiri-kanan (b)
- Sambungan las sisi penuh (c)
- Sambungan las tumpang dengan las alur (d)
- Sambungan las tumpang dengan las lubang bulat (kunci) (e)
- Las tumpang dengan las alur panjang (f)

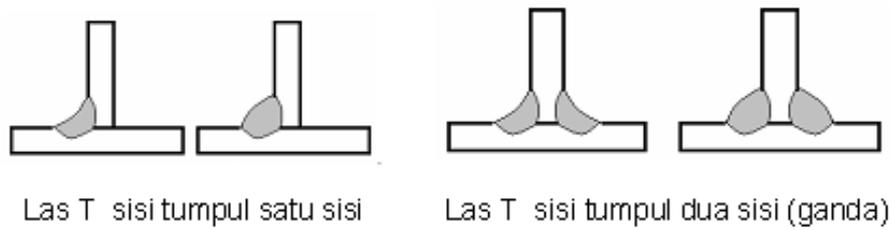


Gambar 3.3 Macam macam las tumpang

3) Sambungan las T

Sambungan las T terdiri atas :

- Las T sisi tumpul satu sisi.
- Las T sisi tumpul dua sisi (ganda)

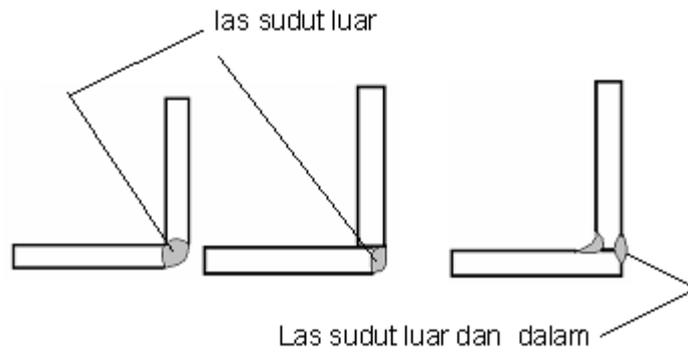


Gambar 3.4 Macam-macam las T

4) Las sudut

Las sudut terdiri atas :

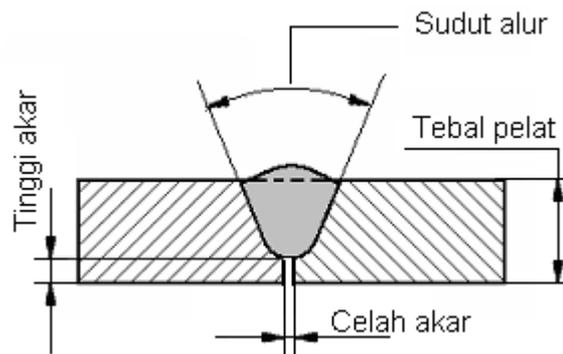
- o Las sudut luar
- o Las sudut dalam



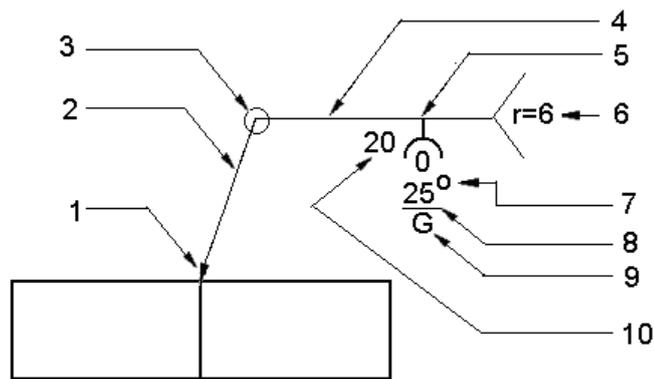
Gambar 3.5 Macam macam las sudut

c. Penunjukan Simbol Las

Penunjukan simbol las dapat dijelaskan dengan gambar berikut .



Gambar 3.6 Penampang las



Gambar 3.7 Penunjukan simbol las

Keterangan gambar:

- 1) anak panah menunjukan ke garis atau bagian las
- 2) garis penunjuk
- 3) tanda pengerjaan dilas di sekelilingnya
- 4) garis tanda
- 5) ukuran celah akar
- 6) jari-jari akar
- 7) sudut alur
- 8) kontur datar
- 9) pengerjaan akhir atau digerindadalam alur.

d. Standar Elektroda Las

Elektroda las berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antar 350 sampai 450 mm. jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat (CaCO_3), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksidasi besi, serbuk besi, besi silicon, besi mangan dan sebagainya dengan presentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda.

Tebal selaput elektroda berkisar antara 10% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas CO_2 yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. udara

luar yang mengandung O₂ dan N akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.



Gambar 3.8 Elektroda berselaput

Standar elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (American Welding Society) dinyatakan dengan tanda Exxxx yang artinya sebagai berikut:

E menyatakan elektroda xx (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/in², lihat tabel berikut.

Tabel 3.2 Kekuatan Tarik Menurut Aws

Klasifikasi	Kekuatan tarik	
	Lb/in ²	Kg/mm ²
E 60 XX	60.0000	42
E 70 XX	70.000	49
E 80 XX	80.000	56
E 90 XX	90.000	63
E 100 XX	100.000	70
E 110 XX	110.000	77
E 120 XX	120.000	84

X (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan.

- Angka 1 untuk pengelasan segala posisi
- Angka 2 untuk pengelasan posisi datar dan bawah tangan

X (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan, lihat tabel berikut.

Tabel 3.3 Jenis Selaput Dan Pemakaian Arus

Angka ke empat	Jenis selaput	Pemakaian arus
0	Solulosa Natrium	DC (+)
1	Solulosa Kalium	AC , DC (+)
2	Rutil Natrium	AC, DC (-)
3	Rutil Kalium	AC, DC (+) ATAU (-)
4	Rutil serbuk besi	AC, DC (+) ATAU (-)
5	Natrium Hydrogen rendah	AC, DC (+)
6	Kalium Hydrogen rendah	AC,DC (+)
7	Serbuk besi oksida besi	AC, DC (+) ATAU (-)
8	Serbuk besi Hydrogen rendah	AC,DC (+)

e. Faktor Kekuatan Sambungan

Banyak factor yang menentukan kekuatan sambungan las , antara lain sebagai berikut :

- Faktor pelaksana yaitu keahlian dari operator las itu sendiri.
- Pelaksanaan waktu mengelas , misalnya keadaan terak sebelum mengelas berikutnya harus betul betul bersih dari permukaan las, sehingga logam tambahan dari electrode dapat bercampur secara homogen dengan harapan pada sambungan las tidak terdapat rongga-rongga , dan mempunyai sambungan yang solid dan merata.
- Zat asam dari udara mempunyai pengaruh , oleh karena itu : kualitas electrode dan lapisannya merupakan penentu dari kekuatan sambungan las itu sendiri.
- Persiapan mengelas : dalam hal ini bentuk bentuk sambungan las .
- Evaluasi las : Hasil lasan harus diperiksa , misalnya pengelasan untuk pipa pipa bertekanan , pipa pipa bawah air laut , atau sambungan yang digunakan pada alat alat angkat , harus diperiksa dengan sinar rontgen yaitu sinar X atau sinar gamma , atau digunakan magnit untuk menentukan bagian bagian mana saja yang tidak tersambung , keropos atau berongga.

Syarat syarat lainnya yaitu untuk menentukan kekuatan sambungan las yang mendapatkan beban dengan syarat sebagai berikut :

- o Beban pada sambungan dianggap merata.
- o Tegangan pada sambungan diperhitungkan pada penampang las yang terkecil.
- o Logam tambahan pada sambungan las dari electrode mempunyai kekuatan yang sama/homogen.
- o Untuk menghitung kekuatan las , digunakan rumus rumus berdasarkan mekanika dan rumus rumus empiris berdasarkan pengalaman .

f. Perhitungan Sambungan Las

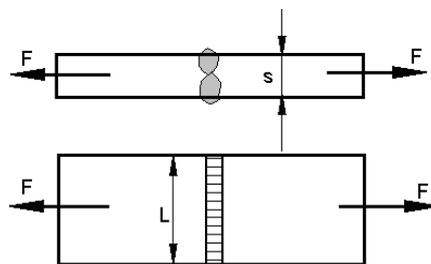
Kekuatan sambungan las dapat diperiksa atau dihitung kekuatannya berdasarkan atas :

- o Kekuatan tarik
- o Kekuatan geser .

Untuk menentukan kekuatan sambungan las terhadap kekuatan tarik yaitu dengan cara menghitung sambungan las terhadap tegangan tarik yang terjadi, Tegangan tarik pada sambungan las yaitu gaya tarik tiap satuan luas penampang las . Jika gaya tarik pada sambungan las F [N] dan luas penampangnya adalah A [mm²] maka tegangan tarik pada sambungan las tersebut adalah :

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots\dots\dots [\text{N/mm}^2]$$

1) Tegangan tarik pada las tumpul



Gambar 3.9 Las tumpul

Jika ukuran panjang las-tumpul L [mm] dan tebal pelat s [mm] , maka luas penampangnya adalah :

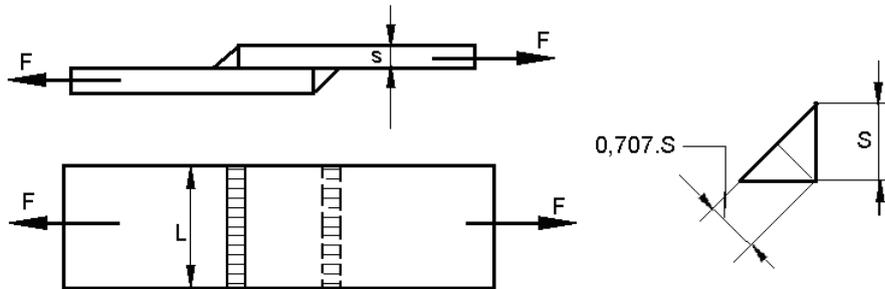
$$A = L \times s \dots\dots\dots[\text{mm}^2]$$

2) Tegangan tarik pada las tumpang

Jika pelat yang dilas mempunyai ukuran tebal s [mm] dan panjang las L [mm] disambung dengan las tumpang, kemudian sambungan tersebut mendapatkan beban tarik, maka besarnya tegangan tarik yang terjadi pada las tumpang adalah sebagai berikut :

$$\sigma_t = \frac{F}{1,414.s.L} \dots\dots[N/mm^2]$$

Keterangan :



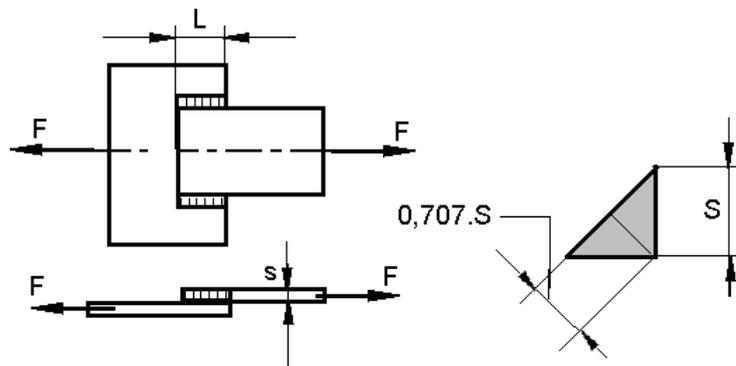
Gambar 3.10 Las tumpang

3). Tegangan geser pada las-sisi

Jika suatu pelat disambung dengan las tumpang dua sisi dan kedua pelat tersebut mendapatkan gaya tarik yang menyebabkan tegangan geser pada kedua sambungan lasnya. Besarnya tegangan geser pada sambungan las sisi tersebut adalah :

$$\tau_g = \frac{F}{1,414.s.L} \dots\dots [N/mm^2]$$

Keterangan :



Gambar 3.11 Las sisi

Keterangan gambar 3.10:

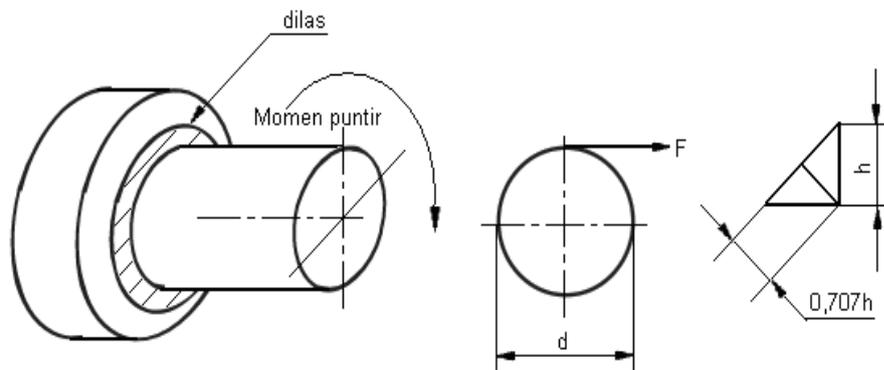
τ_g = Tegangan geser dalam satuan N/mm^2 .

F = Beban pada sambungan [N]

S = Tebal plat atau bilah dalam satuan mm

L = Panjang lasan [mm]

4) Pengelasan pada poros yang mendapat beban puntir



Gambar 3.12 Tegangan geser pada las poros

Tegangan geser pada lasan

$$\tau_g = \frac{F}{A} \text{ arau } \tau_g = \frac{F}{\pi.d.0,707.h}$$

Gaya F merupakan gaya keliling yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$F = \frac{2M_p}{d}$$

Keterangan :

τ_g = Tegangan geser dalam satuan N/mm^2 .

d = Diameter poros dalam satuan mm

h = Tinggi lasan [mm]

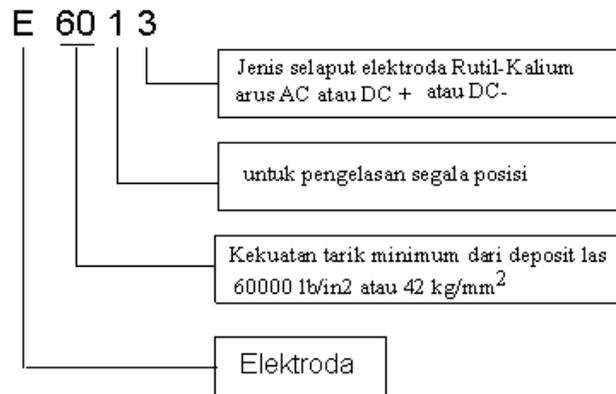
F = Gaya keliling dalam satuan [N]

Contoh 3.1:

Suatu elektroda mempunyai tanda E6013, apa arti dari tanda tersebut ?

Atinya :

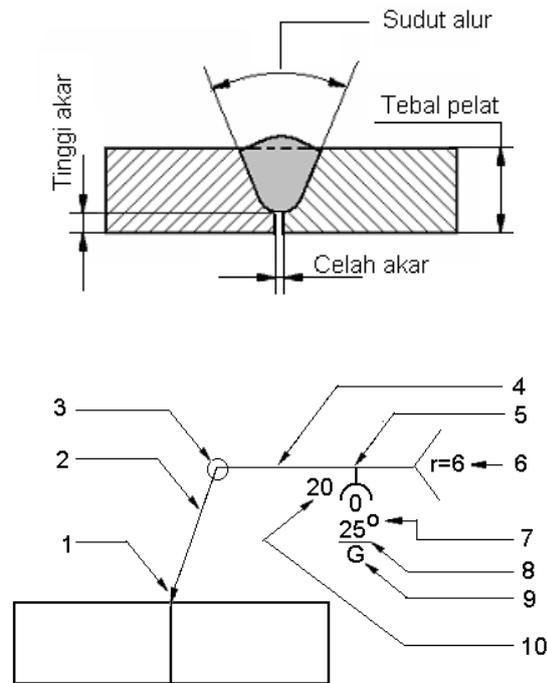
- Huruf E = Elektroda
- Angka 60 = 60×1000 yaitu kekuatan tarik minimum dari deposit las adalah 60000 lb/in^2 atau 42 kg/mm^2
- Angka 1 simbol posisi pengelasan dapat dilihat dari tael yaitu untuk elektroda yang dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi
- Angka 3, lihat tabel yaitu jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dan pengelasan dengan arus AC atau DC + atau DC- , untuk jelasnya lihat gambar berikut .



3. Rangkuman

- Sambungan las berfungsi untuk menyambung dua logam dengan cara memanaskan kedua ujung logam sampai melebur hingga ujung yang satu dengan ujung lainnya menyambung.
- Untuk menyambung kedua ujung logam tersebut dapat ditambah logam lain atau tanpa menambah logam lainnya.
- Dilihat dari bentuk /konstruksi bagian yang akan dilas, sambungan las terdiri atas :
 - Las tumpul
 - Las tumpang
 - Las sudut
 - Las T

- Penunjukan simbol las dapat dijelaskan dengan gambar berikut



Gambar 3.13 Simbol pengelasan

Keterangan gambar:

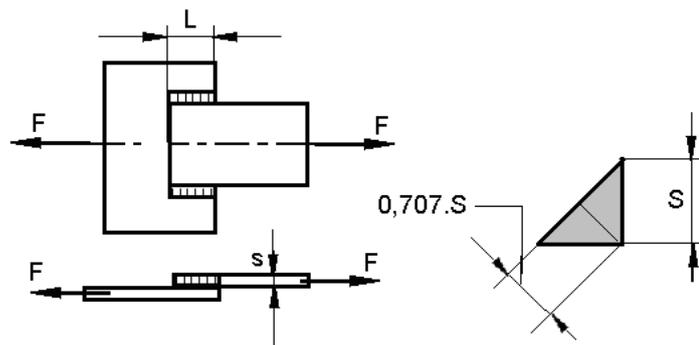
1. anak panah menunjukan ke garis atau bagian las
2. garis penunjuk
3. tanda pengerjaan dilas di sekelilingnya
4. garis tanda
5. Ukuran celah akar
6. jari-jari akar
7. sudut alur
8. Kontur datar
9. pengerjajaan akhir atau digerinda

4. Tugas

- Suatu elektroda mempunyai tanda E6013, apa arti dari tanda tersebut.
- Gambar dan jelaskan macam macam sambungan las tumpul

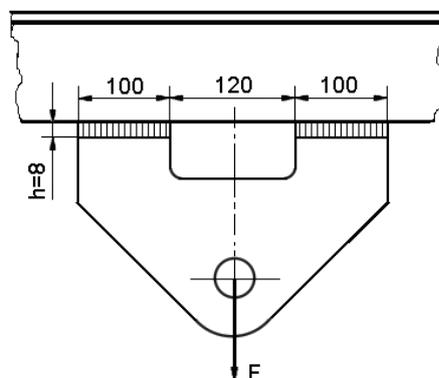
5. Tes Formatif

- Suatu konstruksi sambungan las seperti terlihat pada gambar : $L = 50$ mm , tegangan tarik yang di izinkan $\sigma_t = 120$ [N/mm²] , dan tegangan geser yang di izinkan $\tau_g = 0,8 \sigma_t$. Hitunglah besarnya beban F yang diizinkan.



Gambar 3.14 Konstruksi sambungan las

- Bagian dari konstruksi las seperti tampak pada gambar 3.14 berikut , diketahui :
 - Elektroda yang di pakai E 6013
 - Faktor keamanan 5
 - Tebal lasan $h = 8$
 - Ukuran lainnya lihat gambar



Gambar 3.15 Gambar soal no 2

Hitung :

- a. Tegangan tarik yang di izinkan
- b. Luas penampang las
- c. Gaya tarik maksimum F

E. Kegiatan Belajar 4: **POROS DAN TAP**

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan macam macam poros
- b. Menjelaskan fungsi poros
- c. Menjelaskan bahan poros
- d. Menghitung kekuatan poros
- e. Menjelaskan fungsi tap

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati foto poros berikut atau amati poros pada obyek disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan fungsi dari poros tersebut, bahan yang digunakan dan cara menghitung kekuatan poros tersebut.



Gambar 4.1 Konstruksi poros

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai jenis poros, fungsi dan cara menghitung kekuatan poros tersebut, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis , fungsi dan cara menghitung kekuatan poros yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana poros itu digunakan dan bahan untuk membuat poros tersebut dan. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian,

selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitung kekuatan sambungan poros tersebut.

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis dan fungsi poros yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan

a. Fungsi Dan Macam Macam Poros

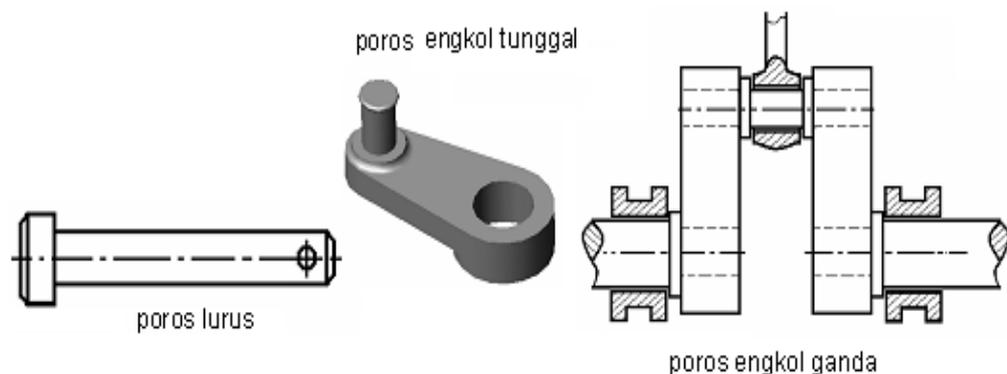
Poros adalah batang logam yang berbentuk silindris-lurus, bertingkat atau berbentuk konis, poros berfungsi untuk memindahkan putaran, mendukung suatu beban dan memindahkan atau meneruskan daya .

Dilihat dari bentuknya poros terdiri atas:

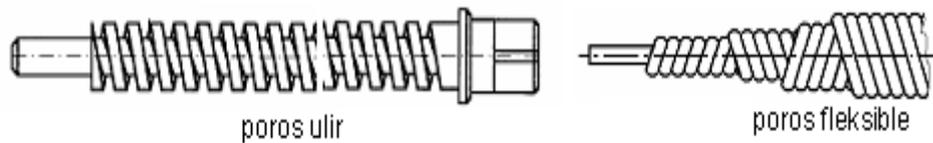
- poros lurus
- poros bertingkat;
- poros nok;
- poros beralur;
- poros fleksible .
- poros engkol;
- poros konis;
- poros berongga;
- poros berulir;

Dilihat dari pembebanannya , poros terdiri atas :

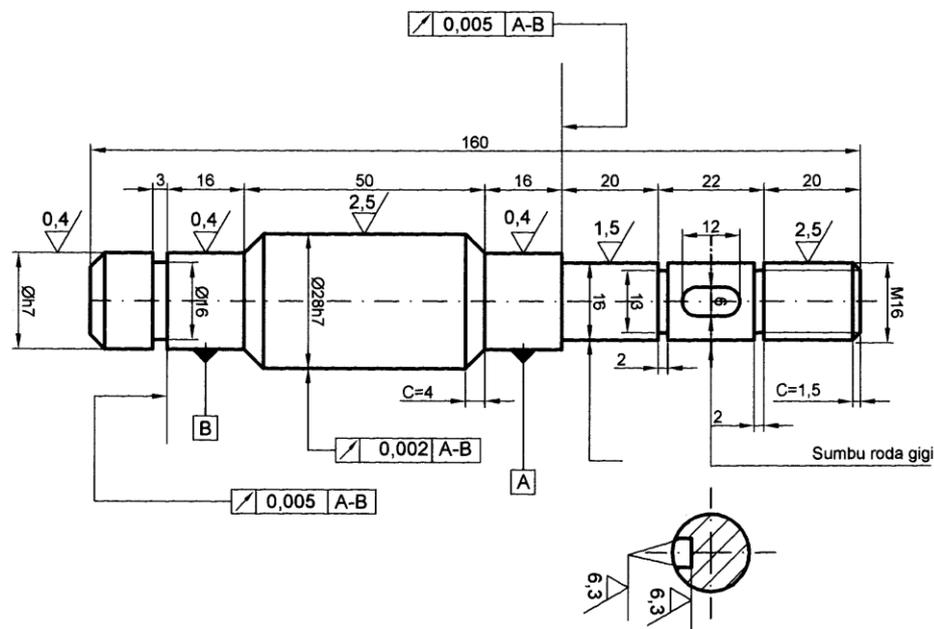
- poros dengan beban lengkung ;
- poros dengan beban puntir
- poros dengan beban kombinasi
- poros dengan beban aksial
- poros transmisi



Gambar 4.2 Macam macam poros



Gambar 4.3 Poros ulir dan poros fleksibel



Gambar 4.4 Poros bertingkat

b. Poros Transmisi

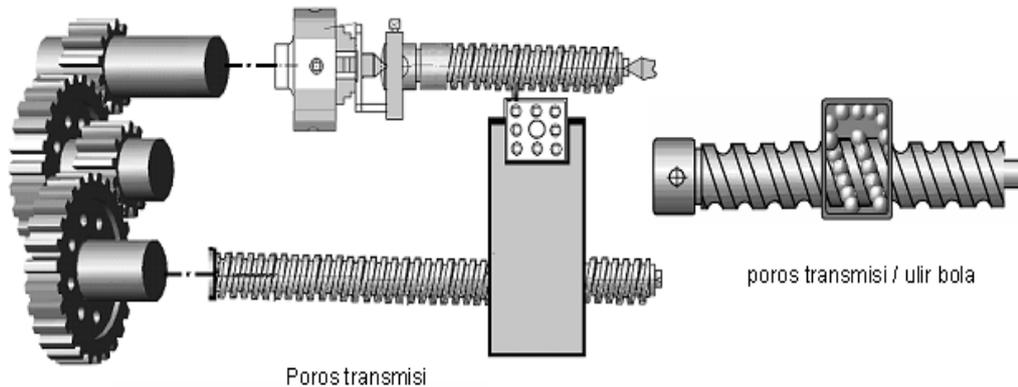
Poros transmisi adalah poros pemindah gerak atau putaran dari poros penggerak ke poros yang di gerakan . Putaran dari poros utama dipindahkan keporos pengantar melalui roda roda gigi transmisi . Pada poros tansmisi putaran poros n_1 berubah menjadi n_2 dan selanjutnya menjadi n_3 dan seterusnya . Dengan adanya perubahan putaran dari n_1 keputaran n_2 dan dari putaran n_2 ke putaran n_3 dan seterusnya , maka akan terjadi perbandingan putaran tertentu yang disebut dengan angka transmisi . Angka transmisi adalah perbandingan putaran poros penggerak dengan poros yang digerakannya atau dapat di tulis :

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Keterangan

- o i = angka transmisi

- n_1 = putaran poros penggerak p/s
- n_2 = putaran poros yang di gerakan p/s



Gambar 4.5 Poros transmisi

c. Bahan Poros

Bahan yang digunakan untuk poros transmisi harus memiliki struktur yang homogen, tahan lelah dan tidak mudah retak , yaitu baja carbon dengan kadar carbon 0,2 s/d 0,3 , atau baja yang disemen . Baja yang disemen yaitu baja yang dikeraskan bagian permukaannya saja yaitu dengan menambah carbon dengan proses carborizing , pelapisan cyanida atau nitride. Bagian yang dikeraskan adalah bagian leher porosnya . untuk poros transmisi dengan beban yang berubah ubah biasanya menggunakan baja paduan nikel , baja crom molibden atau baja crom-nicel-molibden.

Tabel berikut adalah bahan poros dengan simbol dan kekuatannya .

Tabel 4.1 Bahan Poros

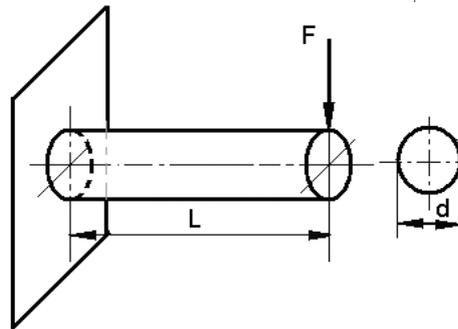
Jenis bahan	Simbol	Tegangan tarik	
		Kg/cm ² .	N/mm ² .
Baja carbon	C1010	4080	416
	C1035	7000	714
	C1060	8600	877
Baja paduan	A3115	6000	612
Nicel-chrom	A3140	8800	897
Baja chrom-molibden	A4140	7200	734
	A4119	7280	742

Jenis bahan	Simbol	Tegangan tarik	
		Kg/cm ² .	N/mm ² .
Baja nicel-	A8640	10080	1028
molibden	A8742	10300	1050

d. Perhitungan Poros

1. Poros dengan satu tumpuan (*cantilever*)

Jika suatu poros yang mempunyai panjang L [mm] , pada salah satu ujungnya dijepit dan ujung lainnya dibebani dengan gaya F [N] , maka pada poros tersebut akan mengalami momen lengkung .



Gambar 4.6 Momen legkung pada poros

Momen lengkung dihitung dengan persamaan :

$$M_l = F \times L \quad [\text{Nmm}]$$

Besarnya momen lengkung sebanding dengan tegangan lengkung σ_l dan momen tahanannya yaitu :

$$M_l = \sigma_l \cdot W_l .$$

Keterangan :

M_l = Momen lengkung dalam satuan [Nm]

σ_l = Tegangan lengkung dalam satuan [N/mm²]

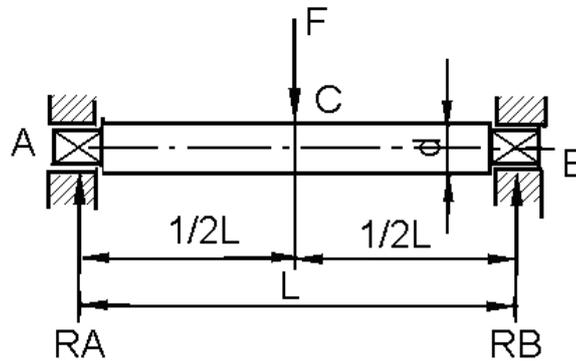
W_l = Momen tahanan lengkung dalam satuan [mm³]

Untuk penampang bulat dan pejal besarnya momen tahanan lengkung adalah :

$$W_l = 0,1 d^3 .$$

2. Poros dengan beban lengkung

Untuk mengetahui sifat sifat mekanis dari poros yang mendapat beban lengkungan , untuk poros yang mempunyai panjang L [mm] di tengah tengahnya mendapatkan beban F [N] maka akan terjadi momen lengkung yaitu :



Gambar 4.7 Poros dengan beban lengkung

a. Momen lengkung

$$M_L = R_A \cdot 0,5 \cdot L$$

$$M_L = 0,25 \cdot F \cdot L \quad \dots \dots \dots \quad [\text{Nmm}]$$

Dan :

$$M_L = \sigma_L \cdot W_L$$

Momen tahanan lengkung untuk poros pejal $W_L = \frac{\pi}{32} d^3$, maka

$$M_L = \sigma_L \cdot \frac{\pi}{32} d^3 \quad \dots \dots \dots \quad [\text{Nmm}]$$

Atau :

$$M_L = \sigma_L \cdot 0,1 d^3 \quad \dots \dots \dots \quad [\text{Nmm}]$$

Dari persamaan di atas didapat :

$$\sigma_L = \frac{8 \cdot F \cdot L}{\pi \cdot d^3} \quad [\text{N/mm}^2]$$

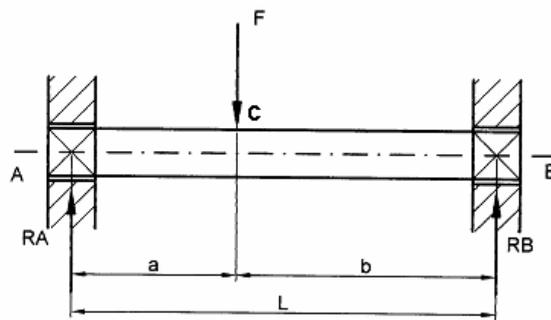
Atau

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_c}{\pi \cdot \sigma_L}} \quad \text{Jika di bulatkan menjadi :} \quad d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_c}{\sigma_L}}$$

Keterangan :

- σ_L = Tegangan lengkung dalam satuan N/mm^2
- F = Gaya lengkung N
- L = Panjang poros mm
- d = Diameter poros mm

Jika poros AB mempunyai panjang L , pada titik A dan B di tumpu oleh bantalan yaitu masing-masing bantalan A dan bantalan B, dan pada titik C pada jarak $AC = a$ dan $CB = b$ dibebani oleh gaya F , maka pada bantalan A dan B akan menahan beban F yang besarnya R_A pada bantalan A dan R_B pada bantalan B. Lihat gambar berikut !



Gambar 4.8 Reaksi pada tumpuan

Besarnya reaksi pada tumpuan yaitu :

$$\sum M_A = 0$$

$$(F \times a) - (R_B \times L) = 0 \text{ maka : } R_B = \frac{(F \times a)}{L}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$(R_A \times L) - (F \times b) = 0 \text{ maka : } R_A = \frac{(F \times b)}{L}$$

Momen lengkung di C

$$M_C = (R_A \times a) \text{ atau } M_C = - (R_B \times b)$$

Untuk menentukan ukuran poros dengan ukuran yang cukup kuat sesuai dengan beban dan kekuatan bahan yaitu dengan syarat : Momen maksimum harus lebih kecil dari momen lengkung yang diizinkan .

$$M_{\max} \leq M_L \text{ yang diizinkan}$$

Momen lengkung yang diizinkan ialah :

$$M_L = \bar{\sigma}_L \cdot W_L \text{ atau } M_L = M_{\max} = M_C \text{ maka } M_L = \bar{\sigma}_L \cdot W_L$$

Keterangan :

- M_C = Momen di titik C
- R_A = Reaksi di titik A
- R_B = Reaksi di titik B
- $\bar{\sigma}_L$ = Tegangan lengkung yang di izinkan
- W_L = Momen tahanan lengkung

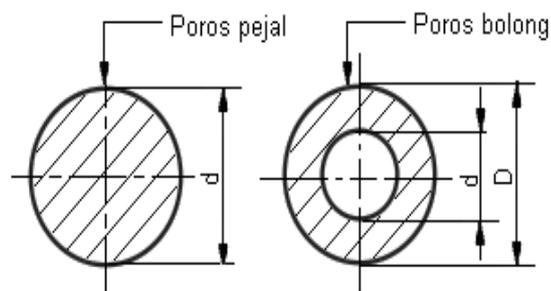
b. Momen tahanan lengkung

Besarnya momen tahan lengkung untuk poros pejal

$$W_L = \frac{\pi}{32} d^3 \text{ atau dibulatkan menjadi } W_L = 0,1 d^3$$

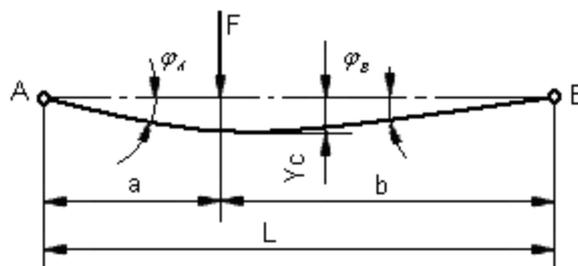
Dan untuk poros bolong : $W_L = \frac{\pi}{32} (D^3 - d^3)$

Atau dibulatkan menjadi : $W_L = 0,1(D^3 - d^3)$



Gambar 4.9 Penampang poros

c. Sudut lengkung



Gambar 4.10 Sudut lengkung

Pada poros AB tersebut, selain harus menahan beban pada titik A dan titik B yang besarnya R_A dan R_B sebagai akibat gaya F , batang tersebut juga akan mengalami lengkungan di titik A dengan sudut lengkung φ_A ,

lengkungan di titik B dengan sudut lengkung φ_B , sudut lengkung tersebut dapat di hitung berdasarkan persamaan mekanika yaitu :

$$\varphi_A = \frac{F.a.b}{6.L.E.I}(L+b) \quad \text{dan} \quad \varphi_B = \frac{F.a.b}{6.L.E.I}(L+a)$$

Jika $a = b = \frac{1}{2} L$ maka

$$\varphi_A = \varphi_B = \frac{F.L^2}{16.E.I}$$

Keterangan :

- φ_A = Sudut lengkung di titik A dalam satuan radial
- φ_B = Sudut lengkung di titik B dalam satuan radial
- E = Modulus elastisitas bahan
- I = Momen inersia terhadap sumbu X :

$$\text{Untuk poros pejal } I = \frac{\pi}{64} d^4, \text{ untuk poros bolong } I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

d. Defleksi

Defleksi yaitu jarak antara sumbu poros sebelum dibebani dengan sumbu lengkung setelah dibebani gaya F yang jaraknya adalah Y_c . Besarnya defleksi untuk poros lurus besarnya dapat di hitung dengan persamaan :

$$Y_c = \frac{F.a.b}{6.L.E.I}(L^2 - a^2 - b^2)$$

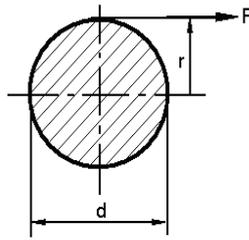
Jika titik tangkap gaya F berada di tengah tengah maka ukuran $a=b = \frac{1}{2} L$

dan defleksinya menjadi : $Y_c = \frac{F.L^2}{48.E.I}$

Keterangan :

- E = Modulus elastisitas bahan dalam satuan $[N/mm^2]$
- I = Momen inersia terhadap sumbu X $[mm^4]$
- F = Gaya dalam satuan N
- L = Panjang poros $[mm]$

3. Poros dengan beban puntir



Gambar 4.11 Poros dengan beban puntir

Jika poros mendapatkan gaya puntir F [N] dengan ukuran diameter poros d [mm] atau jari-jarinya r [mm], maka pada poros tersebut akan terjadi momen puntir yang besarnya :

$$M_p = F \times r$$

Untuk poros pemindah daya dengan daya P dalam satuan Watt dan berputar dengan putaran n putaran/detik, besarnya momen puntir yang terjadi adalah :

$$M_p = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{P}{n} \text{ dalam satuan } \left[\frac{Nm/s}{1/s} \right] = [Nm]$$

Untuk poros yang mempunyai tegangan puntir dan ukuran diameter tertentu, momen puntirnya dapat pula dihitung dengan persamaan berikut

$$M_p = \tau_p \cdot W_p \text{ dalam satuan [Nmm]}$$

$$W_p = \frac{\pi}{16} d^3 \text{ dalam satuan [mm}^3\text{]}$$

Keterangan :

M_p = momen puntir dalam satuan [Nm] atau [Nmm]

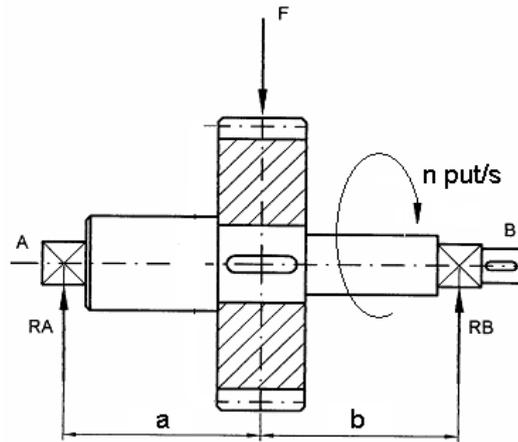
W_p = Momen tahanan puntir dalam satuan [mm³]

d = diameter poros dalam satuan [mm]

n = putaran poros dalam satuan [put/s]

τ_p = Tegangan puntir dalam satuan [N/mm²]

4. Poros yang mendapatkan beban kombinasi lengkung dan puntir



Gambar 4.12 Poros dengan pembebanan kombinasi

Untuk poros yang mendapatkan beban lengkung dan punter, misalnya pada poros poros transmisi maka momen maksimumnya dihitung dengan persamaan berikut :

$$M_{\max} = \sqrt{M_L^2 + M_p^2} \quad \text{dan} \quad M_{\max} = 0,1d^3 \cdot \sigma_L$$

Momen Ideal

Untuk menghitung Momen Ideal dapat digunakan persamaan dari Hubber Hanky yaitu :

$$M_i = \sqrt{M_L^2 + \frac{3}{4}M_p^2} \quad \text{dan} \quad M_i = 0,1d^3 \cdot \sigma_L$$

Keterangan :

- M_{\max} = Momen maksimum dalam satuan [Nmm].
- M_L = Momen lengkung dalam satuan [Nmm]
- M_p = Momen punter dalam satuan [Nmm]
- M_i = Momen ideal [Nmm]
- d = diameter poros dalam satuan[mm]
- σ_L = Tegangan lengkung yang d izinkan dalam satuan [N/mm²]

dan besarnya momen puntir dihitung dengan persamaan

$$M_p = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{P}{n} \quad \text{dalam satuan} \quad \left[\frac{Nm/s}{1/s} \right] = [Nm]$$

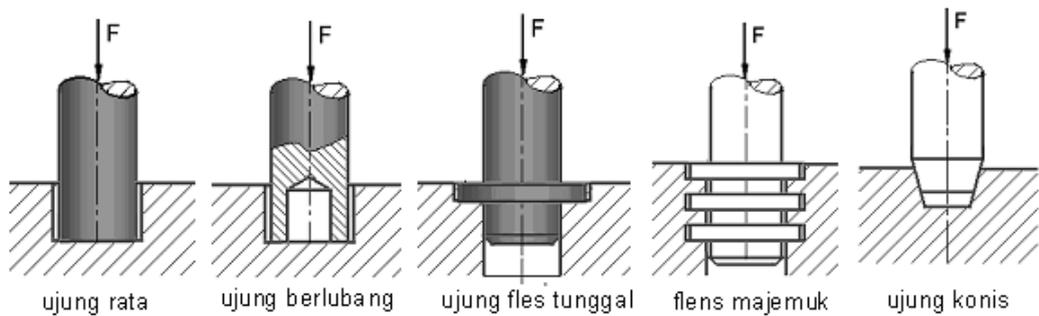
5. Poros dengan beban aksial

Poros dengan beban aksial adalah poros yang pembebanannya searah dengan sumbu poros , misalnya poros poros tegak .

a. Macam macam poros tegak

Dilihat dari ujung poros yang bersinggungan dengan bantalannya , poros tegak terdiri atas :

- o Poros tegak dengan ujung rata
- o Poros tegak dengan ujung berlubang
- o Poros tegak dengan ujung fles tunggal dan flens majemuk
- o Poros tegak dengan ujung konis



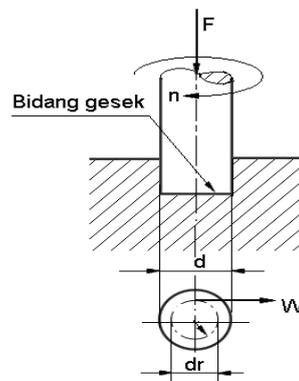
Gambar 4.13 Macam poros tegak

b. Perhitungan poros tegak

Jika poros tegak mendapatkan gaya tekan F dan berputar pada bantalannya maka pada poros tersebut akan mengalami : Tekanan bidang , Gaya gesek , Momen gesek , Panas akibat gesekan , Daya yang hilang akibat gesekan , Pada poros dengan ujung flens akan timbul momen lengkung , tegangan lengkung dan tegangan geser .

1). Perhitungan pada Poros tegak dengan ujung rata

Bentuk poros tegak dengan ujung rata dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 14 Poros tegak dengan ujung rata

Tekanan bidang yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

a) Tekanan bidang

$$\sigma_K = \frac{F}{A} \text{ atau } \sigma_K = \frac{F}{\frac{\pi}{4}d^2}$$

b) Gaya gesek

Gaya gesek terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \mu.N \text{ dengan } N = \text{ gaya normal} = F \text{ maka : } W = \mu.F$$

c) Momen gesek

Momen gesek terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$M_g = W \cdot r$ dengan $r = dr/2$ dan $dr = d/2$ maka

$$M_g = \frac{W.d}{4}$$

d) Daya yang hilang akibat gesekan :

Daya yang hilang akibat gesekan antara ujung poros dengan bantalannya sebanding dengan jumlah putaran dan momen geseknya yaitu :

$$P_g = 2\pi.n.M_g \text{ dalam satuan Watt}$$

Oleh karena $M_g = \frac{W.d}{4}$

Maka

$$P_g = 2\pi.n.\left(\frac{W.d}{4}\right)$$

Sedangkan : $W = \mu.F$

Dan persamaan di atas menjadi :

$$P_g = 2\pi.n.\left(\frac{\mu.F.d}{4}\right) \text{ atau } P_g = \frac{\pi.d.n}{2}\mu.F \text{ dalam satuan Watt}$$

Keterangan

- σ_K = Tekanan bidang dalam satuan N/mm^2 .
- F = Gaya tekan N
- P_g = Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt
- d = Diameter poros dalam satuan [m]
- n = Putaran [p/s]
- F = Gaya aksial (vertical) [N]
- μ = Koefisien gesek antara ujung poros dengan bantalannya

Jika daya dalam satuan TK , maka daya yang hilang akibat gesekan menjadi:

$$N_g = \frac{1000.P_g}{9,81 \times 75} = 1,359.P_g$$

Jika dibulatkan maka :

$$N_g = 1,36 P_g .$$

Keterangan :

P_g = Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt

N_g = Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan TK

e) Jumlah kalor yang timbul

Jumlah kalor (panas) yang timbul akibat gesekan antara poros dan bantalan setiap jamnya dapat di hitung dengan persamaan :

$$Q = P_g \times 0,239 \times 3600 \text{ cal/jam}$$

$$Q = 860,4 P_g \dots\dots\dots \text{ cal/jam}$$

Atau

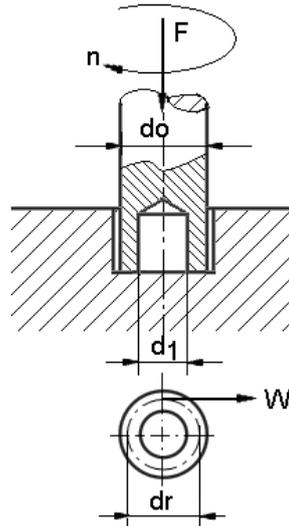
$$Q = 0,8604 P_g \dots\dots\dots \text{Kcal/jam}$$

Keterangan :

- o P_g = Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt
- o Q = Jumlah kalor yang timbul setiap jamnyaKcal/jam

2) Poros tegak dengan ujung berlubang

Bentuk poros dengan ujung berlubang dapat dijelaskan dengan gambar berikut :



Gambar 4.15 Poros dengan ujung berlubang

a) Tekanan bidang

Tekanan bidang yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_K = \frac{F}{A} \text{ atau } \sigma_K = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_1^2)}$$

b). Gaya gesek :

Gaya gesek terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \mu.F$$

c) Momen gesek

Momen gesek terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$M_g = W \cdot r \text{ dengan } r = dr/2 \quad d_r = \frac{d_o + d_1}{2}$$

$$M_g = \frac{W \cdot (d_o + d_1)}{4}$$

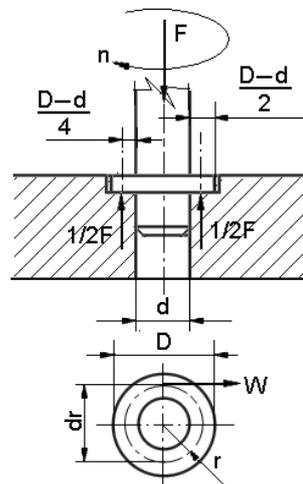
Keterangan ;

- σ_K = Tekanan bidang dalam satuan [N/mm²].
- M_g = Momen gesek terjadi dalam satuan [Nmm]
- r = jari jari rata rata [mm]
- P_g = Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan [watt]
- d_o = Diameter luar poros dalam satuan [mm]
- d_1 = Diameter lubang poros dalam satuan [mm]
- dr = diameter rata rata poros [mm]
- n = Putaran [p/s]

- F = Gaya aksial (vertical) [N]
- μ = Koefisien gesek antara ujung poros dengan bantalannya

3) Poros tegak dengan ujung flens

Bentuk poros tegak dengan ujung flens dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 16 Poros tegak

a) Tekanan bidang

Tekanan bidang yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_K = \frac{F}{A} \quad \text{Untuk poros yang berkerah tunggal} \quad \sigma_K = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)}$$

Sedangkan untuk poros yang mempunyai a buah kerah maka

$$\sigma_K = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)a}$$

Dari persamaan di atas jumlah kerah dapat di hitung dengan persamaan :

$$a = \frac{4.F}{\pi.(D^2 - d^2)\sigma_k}$$

b) Momen lengkung pada kerah

$$M_l = \frac{1}{2} F \left(\frac{D-d}{2} \right)$$

Untuk poros yang mempunyai jumlah kerah a buah maka :

$$M_l = \frac{F.(D-d)}{4.a}$$

Momen lengkung berdasarkan kekuatan bahan dapat pula dihitung dengan persamaan :

$$M_l = \sigma_l.W_l$$

Dan W_l adalah momen tahan lengkung yang besarnya : $W_l = \frac{1}{6}.\pi.d.h^2.a$

Dan besarnya momen lengkung menjadi $M_l = \sigma_l.\frac{1}{6}.\pi.d.h^2.a$

Dengan persamaan di atas juga dapat ditentukan tinggi kerah berdasarkan

momen lengkung yaitu : $h = \sqrt{\frac{6.M_l}{\pi.a.d.\sigma_l}}$

c) Tegangan geser pada kerah

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

A = luas kerah yang tergeser ; $A = \pi.d.h$.

Sedangkan untuk poros kerah majemuk : $A = \pi.d.h.a$

Maka tegangan geser untuk poros kerah menjadi : $\tau_g = \frac{F}{\pi.d.h}$.

Untuk poros kerah majemuk : $\tau_g = \frac{F}{\pi.d.h.a}$

Keterangan ;

- σ_k = Tekanan bidang dalam satuan [N/mm²].
- τ_g = Tekanan geser dalam satuan [N/mm²].
- F = Gaya aksial (vertical) [N]
- M_l = Momen lengkung [N.mm]
- D = Diameter kerah bagian luar [mm]
- d = Diameter kerah bagian dalam [mm]
- σ_l = Tegangan lengkung yang di izinkan [N/mm²]
- W_l = momen tahan lengkung [mm³]

e. Tap Poros

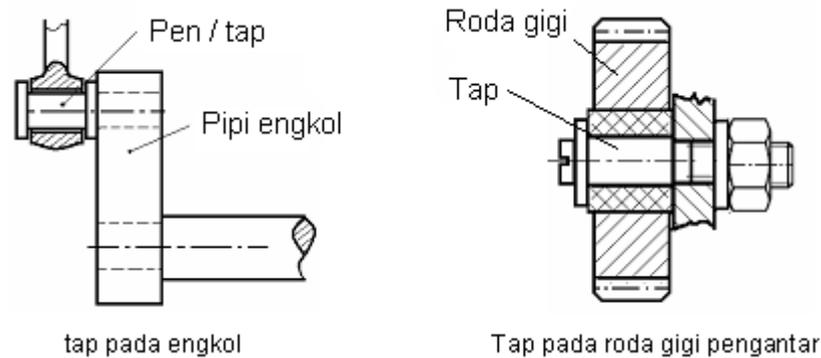
Tap adalah bagian mesin dengan bantalan yang berputar. Tap tidak meneruskan daya atau momen puntir, tetapi menahan beban lengkung sebagai akibat dari pembebanan langsung maupun tidak langsung.

Tap terdiri atas :

- o Tap murni
- o Tap poros

1. Tap murni

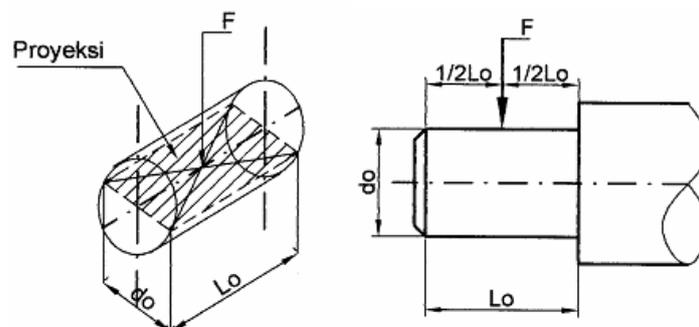
Tap murni merupakan bagian mesin dengan bantalan yang berputar, misalnya tap pada roda gigi pengantar mesin bubut, dan tap pada engkol tunggal, lihat gambar berikut.



Gambar 4.17 Jenis tap murni

2. Tap poros

Tap poros merupakan ujung poros yang mendukung beban akibat gaya reaksi pada bantalan, sehingga tap poros akan mengalami tekanan bidang dan momen lengkung. bentuk tap poros dapat di jelaskan dengan gambar berikut.



Gambar 4.18 Jenis tap poros

a. Tekanan bidang

Tekanan bidang pada tap poros adalah gaya tiap satuan luas proyeksi , lihat gambar di atas .

$$\sigma_K = \frac{F_o}{L_o \cdot d_o} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Keterangan :

- σ_K = Tekanan bidang dalam satuan $[\text{N/mm}^2]$.
- F_o = Gaya yang bekerja pada tap poros yaitu gaya reaksi pada ujung poros dalam satuan $[\text{N}]$
- L_o = Panjang tap poros $[\text{mm}]$
- d_o = diameter tap poros $[\text{mm}]$

b. Momen lengkung

Gaya F_o yang bekerja pada tap poros yang berjarak $\frac{1}{2} L_o$ mengakibatkan momen lengkung yaitu :

$$M_L = F_o \times \frac{1}{2} L_o.$$

Sedangkan momen lengkung yang di izinkan adalah

$$M_L = \bar{\sigma}_L \cdot W_L$$

Keterangan :

- M_L = Momen lengkung yang di izinkan $[\text{Nmm}]$
- $\bar{\sigma}_L$ = Tegangan lengkung yang di izinkan $[\text{N/mm}^2]$
- W_L = Momen tahanan lengkung $[\text{mm}^3]$

Besarnya momen tahanan lengkung

$$W_L = \frac{\pi}{32} d_o^3$$

Atau dibulatkan menjadi

$$W_L = 0,1 d_o^3$$

Supaya tap poros tersebut aman terhadap lengkungan maka momen lengkung yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan momen lengkung yang diizinkan . Dan persamaan di atas menjadi :

Momen lengkung yang terjadi ($M_L = F_o \times \frac{1}{2} L_o.$) = Momen lengkung yang di izinkan ($M_L = \bar{\sigma}_L \cdot W_L$)

$$F_o \times \frac{1}{2} L_o = \bar{\sigma}_L \cdot W_L \text{ dan besarnya } W_L = 0,1 d_o^3$$

$$F_o \times \frac{1}{2} L_o = \bar{\sigma}_L \cdot 0,1 d_o^3$$

Dari persamaan di atas besarnya gaya F_o dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{berikut. } F_o = 0,2 \bar{\sigma}_L \cdot \frac{d_o^3}{L_o}$$

c. Hubungan antara tekanan bidang dengan tegangan lengkung :

Pada tekanan bidang dihitung dengan persamaan : $\sigma_K = \frac{F_o}{L_o \cdot d_o}$ sehingga

$$\text{besarnya } F_o = \sigma_K \cdot L_o \cdot d_o .$$

$$0,2 \bar{\sigma}_L \cdot \frac{d_o^3}{L_o} = \sigma_K \cdot L_o \cdot d_o . \text{ atau } \frac{\bar{\sigma}_L}{5 \cdot \sigma_K} = \left(\frac{L_o}{d_o} \right)^2$$

Dan perbandingan ukuran L_o dengan d_o menjadi : $\frac{L_o}{d_o} = \sqrt{\frac{\bar{\sigma}_L}{5 \sigma_K}}$

Keterangan :

$\bar{\sigma}_L$ = tegangan lengkung yang di izinkan [N/mm²]

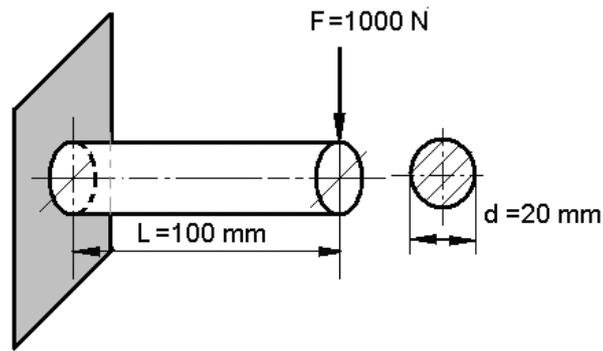
σ_K = tekanan bidang yang di izinkan [N/mm²]

L_o = panjang tap poros [mm]

d_o = diameter tap poros [mm]

Contoh 4.1:

Suatu poros dengan panjang $L=100$ mm pada ujung sebelah kiri dilas dan ujung lainnya dibebani dengan gaya $F= 1000$ N , hitunglah tegangan lengkung pada poros tersebut jika diameter poros adalah $d = 20$ mm . lihat gambar berikut !



Gambar 4.19 Poros dengan pembebanan lengkung

Penyelesaian :

- Diketahui pembebanan lengkung
- Gaya lengkung $F = 1000 \text{ N}$
- Panjang batang / poros $L = 100 \text{ mm}$
- Diameter batang $d = 20 \text{ mm}$

Ditanyakan: tegangan lengkung yang terjadi .

Jawaban :

$$\sigma_l = \frac{M_l}{W_l}$$

Dari persamaan

maka :

$$M_l = F \times L = 1000 \times 100 = 100.000 \text{ [Nm]}$$

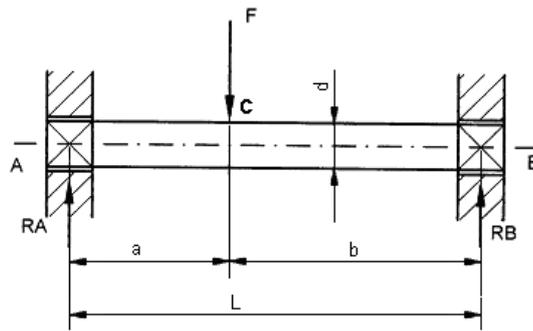
$$W_l = 0,1 d^3 = 0,1 \times 20^3 = 800 \text{ [mm}^3\text{]}$$

dan

$$\sigma_l = \frac{100.000}{800} = 125 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Contoh 4.2:

Suatu poros lurus bahan terbuat dari baja dengan tegangan lengkung yang di izinkan 120 N/mm^2 dengan modulud elastisitas bahan $= 21.10^4 \text{ N/mm}^2$, panjang poros $AB = 1000 \text{ mm}$ pada kedua ujungnya di tahan oleh bantalan sedangkan pada titik C yang berjarak 400 mm dari titik A dibebani dengan gaya $F = 21000 \text{ N}$, lihat gambar berikut !



Gambar 4.20 Poros dengan beban F

Tentukan :

- Reaksi pada tumpuan A dan B
- Momen di C
- Ukuran diameter poros
- Momen inersia terhadap sumbu X
- Sudut lengkung
- Defleksi

Jawaban :

Reaksi pada tumpuan A dan B $R_B = \frac{(F \cdot a)}{L}$; $R_A = \frac{(F \cdot b)}{L}$

Momen di C

$$M_c = R_A \cdot a$$

Ukuran diameter poros

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_c}{\sigma_L}}$$

Momen inerdia terhadap sumbu x

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

Sudut lengkung :

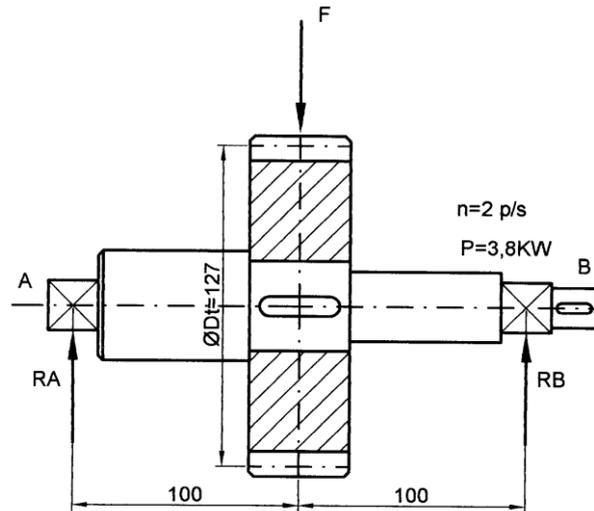
$$\varphi_A = \frac{F \cdot a \cdot b}{6 \cdot L \cdot E \cdot I} (L + b) ; \varphi_B = \frac{F \cdot a \cdot b}{6 \cdot L \cdot E \cdot I} (L + a)$$

Defleksi :

$$Y_C = \frac{F \cdot a \cdot b}{6 \cdot L \cdot E \cdot I} (L^2 - a^2 - b^2)$$

Contoh 4.3:

Suatu poros transmisi dengan panjang 200 mm , ditengah tengah poros terdapat roda gigi dan bekerja gaya $F = 5500 \text{ N}$, putaran poros $n = 2 \text{ put/s}$ dan daya yang dipindahkannya $P = 3,8 \text{ KW}$, Data konstruksi poros tersebut dapat dilihat pada gambar berikut !



Gambar 4.21 Data konstruksi poros transmisi

Tentukan :

- Momen puntirnya dalam satuan [Nm].
- Gaya keliling dalam satuan [N].
- Reaksi pada bantalan RA dan RB .
- Momen lengkung dalam satuan [Nmm].
- Momen maksimum dalam satuan [Nmm]
- Momen ideal dalam satuan [Nm]
- Dimeter poros pada penampang C-C (ditengah-tengah).

Penyelesaian ;

- Momen puntir

$$M_p = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{P}{n}$$

$$M_p = \frac{1}{2 \times 3,14} \cdot \frac{3800}{2} = 302,548 \text{ [Nm]}$$

- Gaya keliling

$$M_p = F \times r \quad \text{atau} \quad M_p = F \times \frac{D}{2}$$

maka

$$F = \frac{2M_p}{D_t} = \frac{2 \times 302548}{127} = 4765 \text{ [N]}$$

c) Reaksi pada tumpuan

$$R_A = R_B = 5500 : 2 = 2750 \text{ [N]}$$

d) Momen lengkung

$$M_L = R_A \times 100 = 2750 \times 100 = 275000 \text{ [Nmm]}$$

e) Momen maksimum

$$M_{\max} = \sqrt{M_L^2 + M_p^2} ; M_{\max} = \sqrt{275000^2 + 302548^2} = 408852 \text{ [Nmm]}$$

f) Momen Ideal

$$M_i = \sqrt{M_L^2 + \frac{3}{4}M_p^2} ; M_i = \sqrt{275^2 + \frac{3}{4} \cdot 302,548^2} = 379,8 \text{ [Nm]}$$

g) Diameter poros

Berdasarkan persamaan :

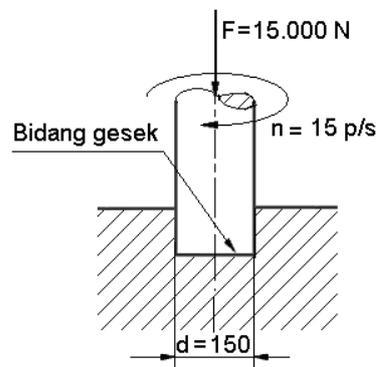
$$M_i = 0,1d^3 \cdot \sigma_L$$

maka

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_i}{\sigma_L}} = \sqrt[3]{\frac{10 \times 379800}{120}} = \sqrt[3]{31650} = 31,63 \text{ mm} = 32 \text{ mm}$$

Contoh 4.4:

Suatu poros tegak dengan ujung rata ukurannya $d = 150 \text{ mm}$ mendapatkan gaya 15.000 N dengan putaran 15 p/s koefisien gesek $\mu = 0,05$.



Gambar 4.22 Poros tegak ujung rata

Hitunglah :

- Gaya gesek
- Momen gesek

- c. Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt
- d. Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan TK
- e. Jumlah kalor yang timbul setiap jamnya

a) Gaya gesek terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \mu.F$$

$$W = 0,05 \times 15000 = 750 \text{ N}$$

b) Momen gesek

$$M_g = \frac{W.d}{4} ; M_g = \frac{750 \times 0,15}{4} = 28,125 \text{ Nm}$$

c) Daya yang hilang akibat gesekan :

$$P_g = 2\pi.n.M_g$$

$$P_g = 2 \times 3,14 \times 1,5 \times 28,125 = 264,9375 \text{ Nm/det}$$

Dibulatkan

$$P_g = 265 \text{ watt}$$

d) Daya gesek dalam satuan TK

$$N_g = 1,36 P_g .$$

$$N_g = 1,36 \times 0,265 = 0,3604 \text{ TK}$$

e) Jumlah kalor yang timbul setiap jamnya :

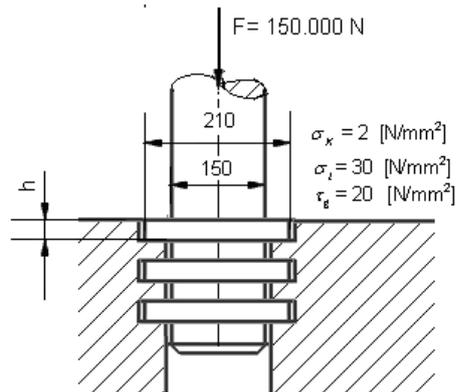
$$Q = 0,8604 P_g . \dots\dots\dots \text{Kcal/jam}$$

$$Q = 0,8604 \times 265 = 228,006 \text{ Kcal/jam}$$

Contoh 4.5:

Poros kerah seperti gambar berikut memiliki spesifikasi:

- o Diameter dalam $d = 150 \text{ mm}$
- o Diameter luar 210 mm
- o Tekanan bidang yang di izinkan $\sigma_k = 2 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- o Tegangan lengkung yang di izinkan $\sigma_l = 30 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- o Tegangan geser yang di izinkan $\tau_g = 20 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- o Gaya aksial 150.000 [N]



Gambar 4.23 poros kerah

Hitunglah :

- Jumlah kerah
- Momen lengkung
- Tinggi kerah
- Tegangan geser yang terjadi , apakah aman atau tidak ?

Jawaban

a) Jumlah kerah :

$$a = \frac{4.F}{\pi.(D^2 - d^2).\sigma_k} = \frac{4 \times 150.000}{3,14(210^2 - 150^2)2} = 4,42 ,$$

Jumlah kerah dibulatkan ke atas menjadi 5 buah.

b) Momen lengkung

$$M_l = \frac{F.(D - d)}{4.a} = \frac{150.000.(210 - 150)}{4 \times 5} = 450.000 \text{ Nmm}$$

c) tinggi kerah :

$$h = \sqrt{\frac{6.M_l}{\pi.a.d.\sigma_l}} = \sqrt{\frac{6 \times 450.000}{3,14 \times 5 \times 150 \times 30}} = 6,18 \text{ mm}$$

d) Tegangan geser yang terjadi :

$$\tau_g = \frac{F}{\pi.d.h.a} = \frac{150.000}{3,14 \times 150 \times 6,18 \times 5} = 10,30 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tegangan geser yang terjadi lebih kecil dari tegangan geser yang diizinkan yaitu $10,30 < 20 \text{ [N/mm}^2\text{]}$, berarti poros tersebut aman terhadap geseran .

3. Rangkuman

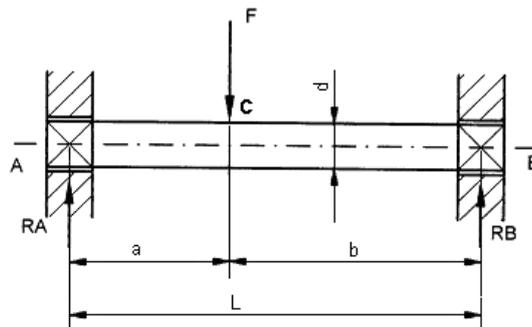
- Poros adalah batang logam yang berbentuk silindris-lurus, bertingkat atau berbentuk konis yang mempunyai untuk memindahkan putaran, mendukung suatu beban dan memindahkan atau meneruskan daya.
- Dilihat dari bentuknya poros terdiri atas:
 - poros lurus; - Poros engkol;
 - Poros bertingkat; - Poros konis;
 - poros nok; - poros berongga;
 - poros beralur; - Poros berulir;
 - poros fleksible .
- Dilihat dari pembebanannya , poros terdiri atas :
 - poros dengan beban lengkung; - poros dengan beban puntir;
 - poros dengan beban kombinasi; - poros dengan beban aksial;
 - poros transmisi
- Poros transmisi adalah poros pemindah gerak atau putaran dari poros penggerak ke poros yang di gerakan. Putaran dari poros utama dipindahkan keporos pengantar melalui roda roda gigi transmisi
- Angka transmisi adalah perbandingan putaran poros penggerak dengan poros yang digerakannya atau dapat di tulis :

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

- Bahan yang digunakan untuk poros transmisi harus memiliki struktur yang homogen, tahan lelah dan tidak mudah retak , yaitu baja carbon dengan kadar carbon 0,2 s/d 0,3 , atau baja yang disemen . Baja yang disemen yaitu baja yang dikeraskan bagian permukaannya saja yaitu dengan menambah carbon dengan proses carborizing , pelapisan cyanida atau nitride. Bagian yang dikeraskan adalah bagian leher porosnya . untuk poros transmisi dengan beban yang berubah ubah biasanya menggunakan baja paduan nikel , baja crom molibden atau baja crom-nicel-molibden
- Tap adalah bagian mesin dengan bantalan yang berputar . Tap tidak meneruskan daya atau momen puntir , tetapi menahan beban lengkung sebagai akibat dari pembebanan langsung maupun tidak langsung .
 - Tap murni
 - Tap poros

4. Tugas

Suatu poros lurus bahan terbuat dari baja dengan tegangan lengkung yang di izinkan 120 N/mm^2 dengan modulud elastisitas bahan $= 21 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$, panjang poros $AB = 800 \text{ mm}$ pada kedua ujungnya di tahan oleh bantalan sedangkan pada titik C yang berjarak 300 mm dari titik A dibebani dengan gaya $F = 15000 \text{ N}$, lihat gambar berikut !

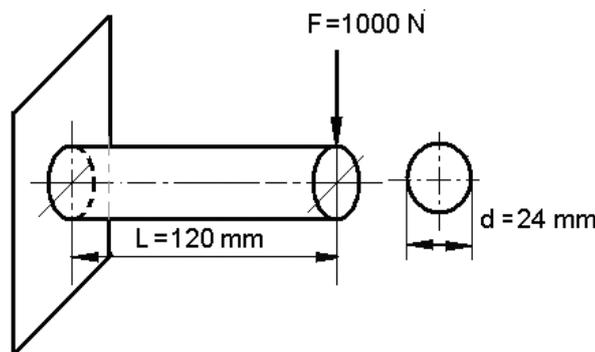


Tentukan :

- Reaksi pada tumpuan A dan B
- Momen di C
- Ukuran diameter poros

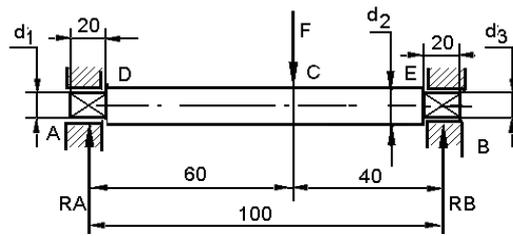
5. Tes Formatif

- Suatu poros dengan panjang $L=120 \text{ mm}$ pada ujung sebelah kiri dilas dan ujung lainnya dibebani dengan gaya $F= 1000 \text{ N}$, hitunglah tegangan lengkung pada poros tersebut jika diameter poros adalah $d = 24 \text{ mm}$. lihat gambar berikut !



Gambar 4.24 Gambar soal no 1

- Suatu poros mempunyai konstruksi seperti terlihat pada gambar berikut



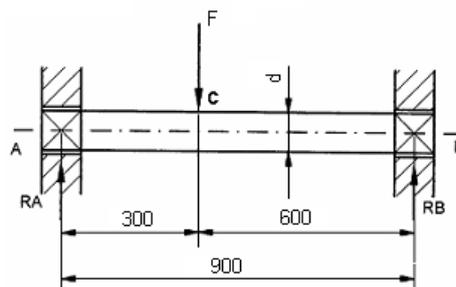
Gambar 4. 25 Gambar soal no 2

Diketahui :

- Gaya $F = 12 \text{ KN}$
- Tegangan lengkung yang di izinkan $\bar{\sigma}_L = 100 \text{ [N/mm}^2 \text{]}$

Hitunglah :

- a. Reaksi di A dan B (R_A dan R_B)
 - b. Momen lengkung (M_C M_D dan M_E)
 - c. Ukuran diameter (d_1 d_2 dan d_3)
3. Suatu poros lurus bahan terbuat dari baja dengan tegangan lengkung yang di izinkan 120 N/mm^2 dengan modulud elastisitas bahan $= 21 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$, panjang poros $AB = 900 \text{ mm}$ pada kedua ujungnya di tahan oleh bantalan sedangkan pada titik C yang berjarak 300 mm dari titik A dibebani dengan gaya $F = 18 \text{ KN}$, lihat gambar halaman berikut !



Gambar 4.26 Gambar soal no 3

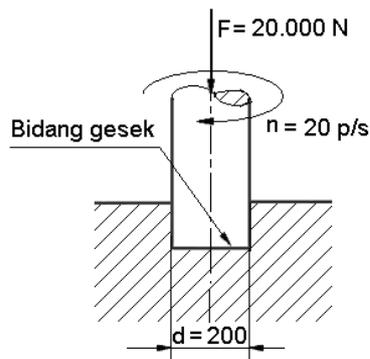
Tentukan :

- a. Reaksi pada tumpouan A dan B
- b. Momen di C
- c. Ukuran diameter poros
- d. Momen inersia terhadap sumbu X
- e. Sudut lengkung
- f. Defleksi

4. Suatu poros tegak dengan ujung rata ukurannya $d = 200$ mm mendapatkan gaya 20.000 N dengan putaran 20 p/s koefisien gesek $\mu = 0,05$.

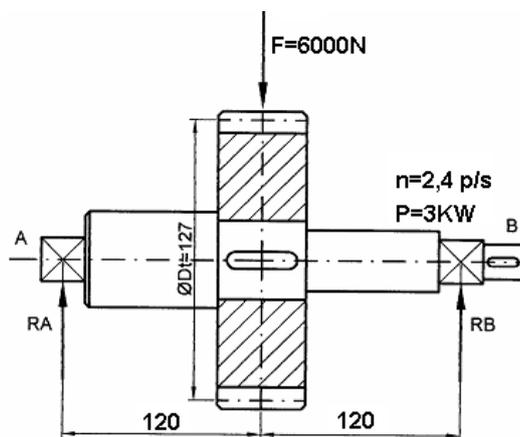
Hitunglah:

- Gaya gesek
- Momen gesek
- Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt
- Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan TK
- Jumlah kalor yang timbul setiap jamnya



Gambar 4. 27 Gambar soal no 4

5. Suatu poros transmisi dengan panjang 240 mm, ditengah tengah poros terdapat roda gigi dan bekerja gaya $F = 6000$ N, putaran poros $n = 2,4$ put/s dan daya yang dipindahkannya $P = 3$ KW, Data konstruksi poros tersebut dapat dilihat pada gambar berikut !

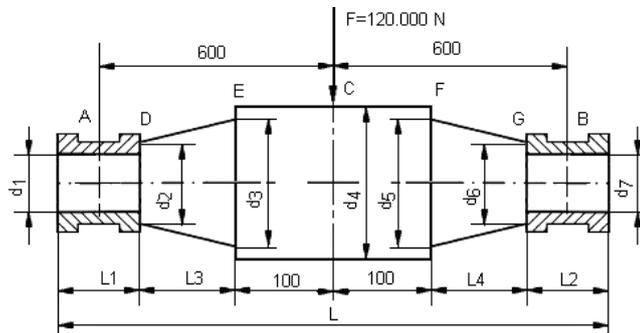


Gambar 4. 28 Gambar soal no 5

Tentukan :

- Momen puntirnya dalam satuan [Nm].
- Gaya keliling dalam satuan [N].
- Reaksi pada bantalan RA dan RB.

- d) Momen lengkung dalam satuan [Nmm].
6. Suatu poros mempunyai bentuk simetris seperti terlihat pada gambar berikut .



Gambar 4.29 Gambar soal no 6

Diketahui :

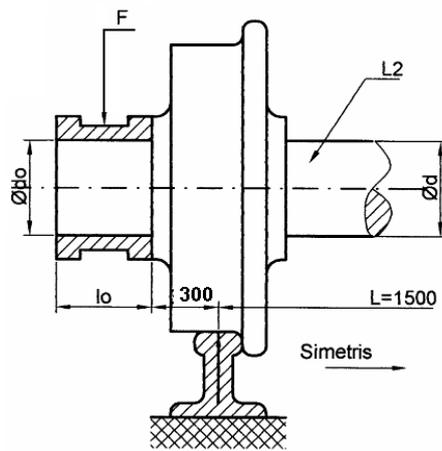
- Gaya yang bekerja $F = 120 \text{ KN} = 120.000 \text{ N}$
- Bahan poros mempunyai tegangan lengkung yang di izinkan $\bar{\sigma}_L = 100 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- Tekanan bidang yang di izinkan $\sigma_K = 5 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- $d_2 = 1,2 d_1$; dan $d_4 = 1,2 d_3$.

Hitunglah

- a) Reaksi di A dan B (R_A R_B)
 - b) Momen lengkung di C ,D , dan E (M_C , M_D dan M_E)
 - c) Ukuran ukuran diameter d_1 d_2 d_3 dan d_4 .
 - d) Panjang L_1 , L_3 dan panjang total L
7. Lihat gambar , suatu poros gandar mempunyai ukuran dan konstruksi seperti terlihat pada gambar berikut .

Diketahui :

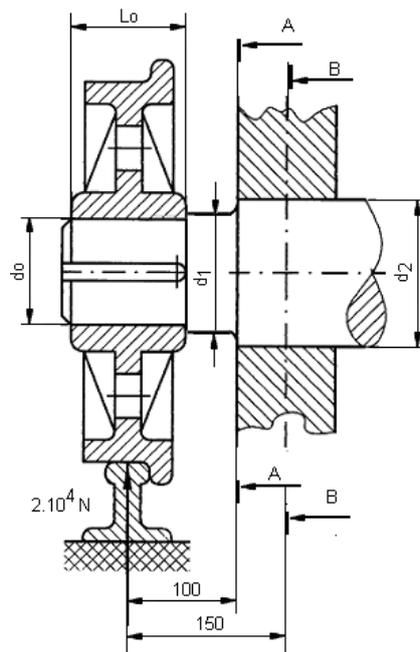
- gaya $F = 49 \text{ KN}$
- tegangan lengkung yang di izinkan $\bar{\sigma}_L = 100 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- tekanan bidang yang di izinkan $\sigma_K = 5 \text{ [N/mm}^2\text{]}$



Gambar 4.30 Gambar soal no 7

Hitunglah :

- a) Perbandingan L_0 dan d_0
 - b) Ukuran L_0 dan d_0
 - c) Ukuran d
8. Lihat gambar , suatu gandar roda jalan mempunyai ukuran dan konstruksi seperti terlihat pada gambar berikut .



Gambar 4. 31 Gambar soal no 8

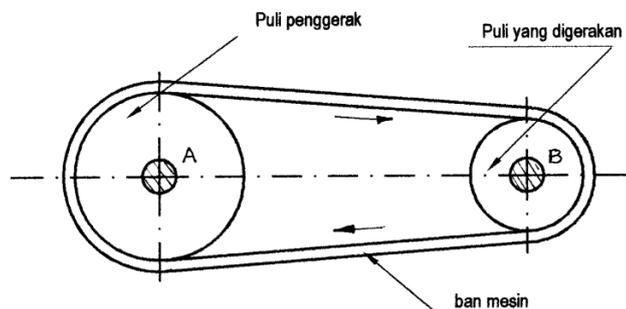
Diketahui :

- o Gaya Reaksi = $2 \cdot 10^4 \text{ KN}$ atau 20.000 N
- o Bahan ST 50 dengan tegangan lengkung yang di izinkan $\bar{\sigma}_L = 40 \text{ [N/mm}^2 \text{]}$

- o tekanan bidang yang di izinkan untuk bantalan roda gila $\sigma_K = 2,2$ [N/mm²]
- o tekanan bidang yang di izinkan untuk poros penggerak $\sigma_K = 1,4$ [N/mm²]

Tentukan :

- Momen di A
 - Momen di B
 - Diameter d1 dan d2.
 - Ukuran lo dan do
9. Suatu poros dari mesin bor dengan transmisi roda sabuk seperti terlihat pada gambar berikut : diketahui poros A dengan puli penggerak mempunyai ukuran 200 mm , poros B dengan puli yang digerakan mempunyai ukuran 100 mm , putaran poros pada puli A yaitu 150 rpm . Tentukan angka transmisi dan putaran pada poros yang digerakannya !

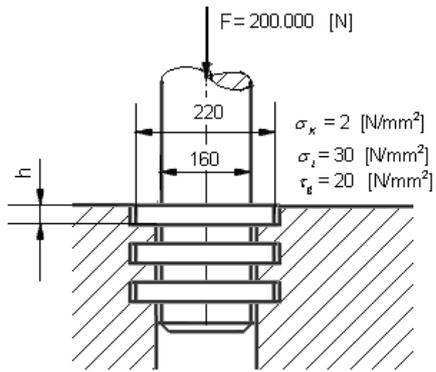


Gambar 4.32 Gambar soal no 9

10. Poros kerah memiliki spesifikasi sebagai berikut :
- o Diameter dalam $d = 160$ mm
 - o Diameter luar 220 mm
 - o Tekanan bidang yang di izinkan $\sigma_K = 2$ [N/mm²]
 - o Tegangan lengkung yang di izinkan $\sigma_l = 30$ [N/mm²]
 - o Tegangan geser yang di izinkan $\tau_g = 20$ [N/mm²]
 - o Gaya aksial 200.000 [N]

Hitunglah :

- Jumlah kerah
- Momen lengkung
- Tinggi kerah
- Tegangan geser yang terjadi



Gambar 4.33 Gambar soal no 10 poros kerah

F. Kegiatan Belajar 5: BANTALAN

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan macam macam bantalan
- b. Menjelaskan fungsi dan konstruksi bantalan
- c. Menjelaskan bahan bantalan
- d. Menghitung kekuatan banatalan

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati foto jenis jenis bantalan berikut atau mesin disekitar anda dimana ada komponen bantalan yang anda temukan. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan jenis dan fungsi bantalan tersebut dari hasil pengamatan.



Gambar 5.1 Jenis bantalan

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai jenis dan fungsi bantalan, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis sambungan yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana jenis bantalan dan fungsinya berdasarkan hasil pengamatan pada suatu konstruksi mesin. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitung kekuatan bantalan tersebut.

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis dan fungsi bantalan yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan

a. Fungsi Bantalan

Bantalan berfungsi untuk menumpu poros yang berputar, misalnya bantalan poros utama auto mobil, pesawat terbang, kendaraan kendaraan rel, pompa, kompresor, generator, poros poros utama mesin mesin perkakas, dan sebagainya. Bantalan bantalan poros tersebut harus memenuhi syarat syarat sebagai berikut :

- Cukup kuat untuk mendukung poros
- Mempunyai koefisien gesek yang kecil;.
- Dapat dilumasi dengan mudah.
- Panas yang timbul akibat gesekan kecil .
- Tahan aus dan tahan karat
- Dapat dipasang dengan mudah.
- Dapat diganti dengan mudah.
- Harganya murah.

b. Bahan Bantalan

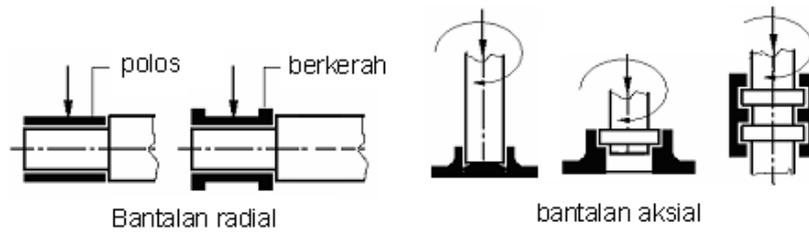
Bahan untuk membuat bantalan yang biasa digunakan yaitu besi cor, perunggu, kuningan, perunggu phosphor, Logam putih dengan bahan dasar Sn, Logam putih dengan logam dasar Pb, serta paduan cadmium dan perunggu hitam.

c. Macam Macam Bantalan.

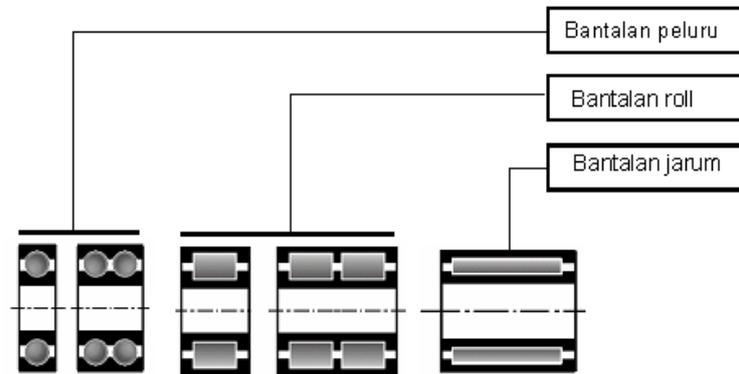
Ditinjau dari gaya yang terjadi dan konstruksinya, bantalan terdiri atas :

Bantalan luncur terdiri atas:

- bantalan radial polos
- bantalan radial berkerah
- bantalan radial ujung
- Bantalan radial tengah
- Bantalan peluru
- Bantalan roll
- Bantalan jarum.



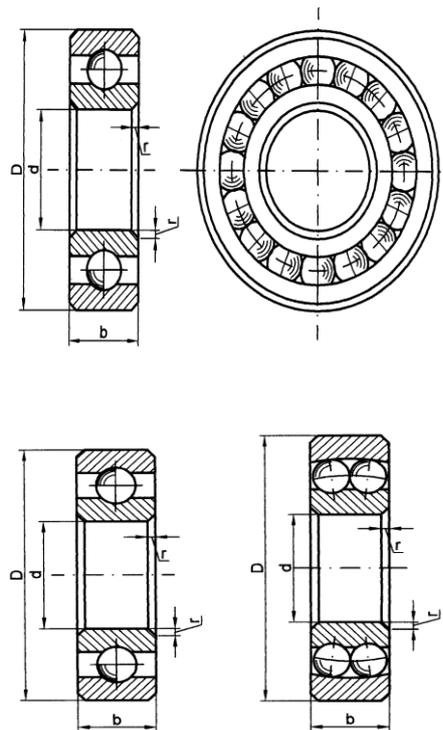
Gambar 5.2 Bantalan aksial



Gambar 5.3 Bantalan rol

d. Ukuran Bantalan Standar

Konstruksi dan ukuran standar bantalan peluru dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut :



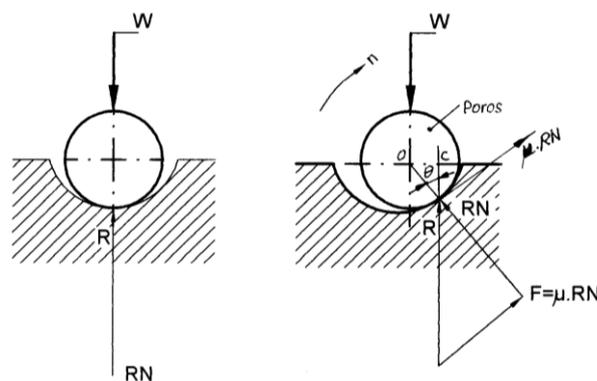
Gambar 5.4 Bantalan peluru

Tabel 5. 1 Ukuran Bantalan Peluru

d	D	r	b	d	D	r	b
4	16	0,5	5	80	140	3	26
5	19		6	85	150		28
7	22		7	90	160		30
9	26	1	8	95	170	3,5	32
10	30		9	100	180		34
12	32		10	105	190		36
15	35		11	110	200		38
17	40	1,5	12	120	215		40
20	47		14	130	230	4	40
25	52		15	140	250		42
30	62		16	150	270		45
35	72	2	17	160	290		48
40	80		18	170	310	5	52
45	85		19	180	320		52
50	90		20	190	340		55
55	100	2,5	21	200	360		58
60	110		22	220	400		65
65	120		23	240	440		72
70	125		24	260	480	6	80
75	130		25	280	500		80

e. Perhitungan Dasar Bantalan

1. Bantalan luncur radial



Gambar 5.5 Bantalan luncur

a. Momen gesek

Jika bantalan menahan poros yang mempunyai beban W dalam keadaan diam, maka pada bantalan akan terjadi reaksi yang besarnya $R_N = R = W$, jika bantalan menahan poros yang berputar, maka gaya reaksi pada bantalan tidak lagi vertical sebagai mana digambarkan pada gambar di atas, yaitu membentuk sudut θ tertentu, dan menimbulkan momen gesek yang besarnya :

$$T = W \times OC \quad \text{dengan } OC = r \sin \theta$$

besarnya harga $\sin \theta$ sangat kecil sehingga dapat pula $\sin \theta = \tan \theta = \mu$

atau :

$$T = \mu \cdot W \cdot r$$

Keterangan :

- T = Momen gesek [Nmm]
- W = Beban pada bantalan dalam satuan [N]
- r = Jari jari poros bantalan dalam satuan [mm]
- μ = Koefisien gesek .

b. Daya yang hilang akibat gesekan

Jika poros berputar dengan putaran n putaran tiap detik dan momen geseknya T [Nm] maka daya yang hilang akibat gesekan ialah :

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \quad \text{dalam satuan [watt]}$$

atau

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{1000} \quad \text{..... [Kw]}$$

Keterangan :

- T = Momen gesek [Nm]
- n = Putaran poros dalam satuan [p/s]
- P = Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan [Kw]

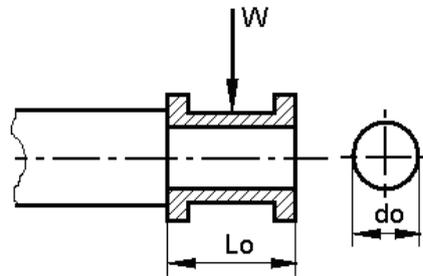
c. Jumlah kalor yang timbul tiap menit

Oleh karena $1 \text{ joule} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ watt}$ dan $1 \text{ Joule} = 0,239 \text{ kalori}$, maka jumlah kalor yang timbul tiap satu menit adalah :

$$Q = P \times 0,239 \times 60 \dots\dots\dots [\text{cal/menit}]$$

Keterangan:

- Q = Jumlah kalor yang timbul tiap satu menit dalam satuan [cal/menit]
- P = Daya yang hilang akibat gesekan [Watt]
- d. Tekanan bidang pada bantalan



Gambar 5. 6 Beban pada bantalan

Jika suatu bantalan poros mempunyai ukuran diameter d_o mm dan panjangnya L_o [mm] dengan beban pada bantalan W [N] maka besarnya tekanan bidang pada bantalan adalah beban tiap satuan luas proyeksi:

$$\sigma_k = \frac{W}{l_o \cdot d_o}$$

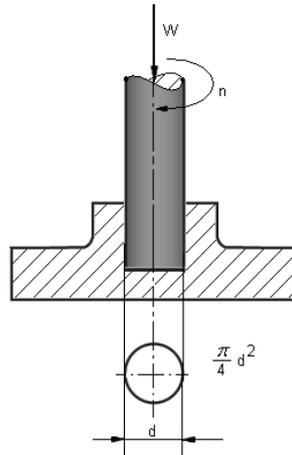
Keterangan :

- σ_k = tekanan bidang dalam satuan [N/mm²]
- W = Gaya pada bantalan dalam satuan [N]
- L_o = Panjang bantalan [mm]
- d_o = Diameter bantalan lurus [mm]

2. Bantalan poros vertical

Bantalan poros vertical adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menahan poros dengan posisi tegak atau vertical. Poros yang mempunyai beban W dan berputar harus dapat bekerja dengan kuat dan aman, oleh karena itu untuk bantalan harus diperiksa terhadap : tekanan bidang yang terjadi apakah sesuai dengan tekanan bidang yang di izinkan dari material / bahannya . Gesekan yang timbul antara poros dengan bantalan mengakibatkan kerugian yang menyebabkan adanya kehilangan daya dan

timbulnya panas atau kalor . Dibawah ini adalah sket / gambar dari bantalan poros vertical .



Gambar 5.7 Bantalan poros vertical

a. Tekanan bidang

$$\sigma_k = \frac{W}{\frac{\pi}{4}d^2} \quad (\text{N/mm}^2)$$

Keterangan

- σ_k = tekanan bidang dalam satuan $[\text{N/mm}^2]$
- W = Gaya tekan dalam satuan $[\text{N/mm}^2]$
- d = diameter poros dalam satuan mm

b. Momen gesek

Besarnya momen gesek dapat di hitung dengan persamaan berikut :

$$T = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot W \cdot r \quad [\text{Nmm}]$$

Keterangan :

- T = Momen gesek dalam satuan Nmm
- μ = Koefisien gesek
- W = Gaya gesek [N]
- r = jari jari poros [mm]

c. Daya yang hilang akibat gesekan

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \quad [\text{watt}]$$

Keterangan :

- P = Daya yang hilang akibat gesekan [watt]

- n = putaran [p/s]
- T = Momen gesek [Nm]

d. Panas yang timbul akibat gesekan

$$Q = P \times 0,239 \times 60 \quad [\text{cal/menit}]$$

Atau

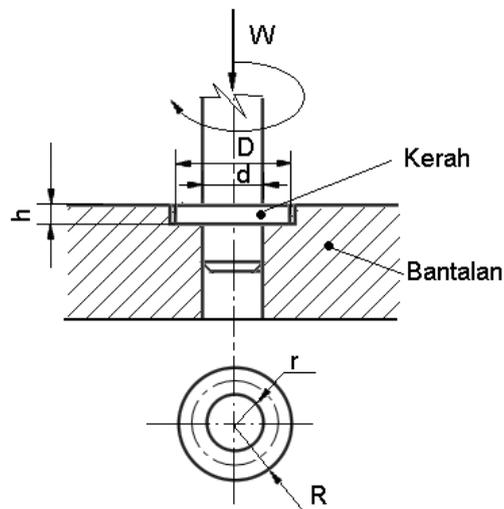
$$Q = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \cdot 0,239 \cdot 60 \quad [\text{cal/menit}]$$

$$Q = 90 \cdot n \cdot T \quad [\text{cal/menit}]$$

Keterangan :

- Q = Daya yang hilang akibat gesekan [cal/menit]
- P = Daya yang hilang akibat gesekan [watt]
- n = putaran [p/s]
- T = Momen gesek [Nm]

3. Bantalan luncur poros berkerah tunggal



Gambar 5.8 Bantalan luncur

a. Tekanan bidang pada kerah :

$$\sigma_k = \frac{W}{\pi(R^2 - r^2)}$$

Keterangan :

- σ_k = Tekanan bidang dalam satuan [N/mm^2].
- r = jari jari kerah dalam [mm]
- R = jari jari kerah luar [mm]
- W = Beban (vertical) [N]

b. Momen gesek

$$T = \frac{2\mu.W}{3} \left(\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right)$$

Keterangan ;

- T = Momen gesek dalam satuan [Nmm]
- r = jari jari kerah dalam [mm]
- R = jari jari kerah luar [mm]
- W = Beban (vertical) [N]
- μ . = Koefisien gesek antara ujung poros dengan bantalannya

c. Daya yang hilang akibat gesekan :

$$P = 2. \pi \ n.T$$

Keterangan

- T = Momen gesek dalam satuan [Nm]
- N = putaran dalam satuan p/s
- P = Daya yang hilang akibat gesekan watt

d. Panas yang timbul akibat gesekan

$$Q = P.0.239.60$$

$$Q = 14,34.P \text{ cal/menit}$$

Keterangan :

- P = Daya yang hilang akibat gesekan watt
- Q = Panas yang timbul akibat gesekan cal/menit

Contoh 5.1:

Suatu bantalan radial diketahui :

- Diameter poros 60 mm;
- Panjang bantalan $L_0=2.d_0$;
- Koefisien gesek 0,03 ;
- Putaran 24 p/s.
- Beban pada bantalan $W = 2000$ [N]

Tentukan :

- a. Momen gesek
- b. Daya yang hilang akibat gesekan
- c. Jumlah kalor yang hilang akibat gesekan

d. Tekanan bidang pada bantalan .

Jawaban

a. Momen gesek

$$T = \mu .W.r$$

$$T = 0,03 \times 2000 \times 30 = 1800 \text{ [Nmm]}$$

$$T = 1,8 \text{ [Nm]}$$

b. Daya yang hilang akibat gesekan :

$$P = 2 . \pi .n.T \text{ [watt]}$$

$$P = 2 \times 3,14 \times 24 \times 1,8 = 271,296 \text{ Watt}$$

$$P = 271 \text{ Watt (dibulatkan)}$$

c. Jumlah kalor tiap menit :

$$Q = P \times 0,239 \times 60 \text{ [cal/menit]}$$

$$Q = 271 \times 0,239 \times 60 = 3886 \text{ [cal/menit]}$$

d. Tekanan bidang :

$$\sigma_k = \frac{2000}{120 \times 60} = 0,28 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Contoh 5.2:

Suatu bantalan untuk poros vertical di ketahui :

- o Diameter poros 150 mm
- o Gaya pada poros vertical 15000 N
- o Koefisien gesek = 0,05
- o Putaran n = 1,5 p/s

Hitunglah :

- a. Tekanan bidang pada bantalan
- b. Momen gesek dalam satuan Nm
- c. Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt
- d. Panas yang timbul setiap menit [cal/menit]

Jawaban

a. Tekanan bidang

$$\sigma_k = \frac{W}{\frac{\pi}{4}d^2} \text{ maka } \sigma_k = \frac{15000}{\frac{3,14}{4}150^2} = 0,85 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

b. Momen gesek

$$T = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot W \cdot r \text{ [Nmm]}$$

$$T = \frac{2}{3} \times 0,05 \times 15000 \times 150 \text{ [Nmm]}$$

$$T = 37500 \text{ [Nmm]} \text{ atau } T = 37,5 \text{ [Nm]}$$

c. Daya yang hilang akibat gesekan :

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \text{ [watt]} \text{ atau } P = 2 \times 3,14 \times 1,5 \times 37,5 \text{ [watt]}$$

$$P = 353,25 \text{ watt}$$

d. Jumlah kalor tiap menit

$$Q = 90 \cdot n \cdot T \text{ [cal/menit]}$$

$$Q = 90 \times 1,5 \times 37,5 \text{ [cal/menit]}$$

$$Q = 5062,5 \text{ [cal/menit]}$$

Contoh 5.3:

Bantalan poros kerah di ketahui :

- o Diameter luar kerah 400 mm
- o Diameter dalam kerah 250 mm
- o Tekanan bidang yang di izinkan 0,35 [N/mm²]
- o Koefisien gesek 0,05.
- o Putaran 2 p/s

Tentukan :

- a. Beban yang di izinkan dalam satuan N
- b. Momen gesek dalam satuan Nm
- c. Daya yang hilang akibat gesekan
- d. Jumlah kalor yang timbul tiap menit

Jawaban :

- a. Beban yang di izinkan dalam satuan N

$$\sigma_K = \frac{W}{\pi(R^2 - r^2)}$$

$$0,35 = \frac{W}{3,14(200^2 - 125^2)}$$

$$W = 0,35 \times 3,14 (200^2 - 125^2)$$

$$W = 26788 \text{ N}$$

b. Momen gesek dalam satuan Nm

$$T = \frac{2\mu.W}{3} \left(\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right)$$

$$T = \frac{2 \times 0,05 \times 26788}{3} \left(\frac{200^3 - 125^3}{200^2 - 125^2} \right)$$

$$T = 892,93 \left(\frac{6046875}{24375} \right)$$

$$T = 221515 \text{ Nmm}$$

$$T = 221,515 \text{ Nm}$$

c. Daya yang hilang akibat gesekan

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T$$

$$P = 2 \times 3,14 \times 2 \times 221,515$$

$$P = 2782,2284 \text{ watt.}$$

d. Jumlah kalor yang timbul tiap menit

$$Q = 14,34 \cdot P \text{ cal/menit}$$

$$Q = 14,34 \cdot 2782 \text{ cal/menit}$$

$$Q = 39894 \text{ cal/menit}$$

Atau

$$Q = 39,894 \text{ Kcal/menit}$$

3. Rangkuman

- Bantalan berfungsi untuk menumpu poros yang berputar, misalnya bantalan poros utama mobil, pesawat terbang, kendaraan kendaraan rel, pompa, kompresor, generator, poros poros utama mesin mesin perkakas, dan sebagainya .

- Bantalan bantalan poros tersebut harus memenuhi syarat syarat sebagai berikut :
 - Cukup kuat untuk mendukung poros
 - Mempunyai koefisien gesek yang kecil;.
 - Dapat dilumasi dengan mudah.
 - Panas yang timbul akibat gesekan kecil .
 - Tahan aus dan tahan karat
 - Dapat dipasang dengan mudah.
 - Dapat diganti dengan mudah.
 - Harganya murah
- Bahan untuk membuat bantalan yang biasa digunakan yaitu besi cor , perunggu , kuningan , perunggu phosphor , Logam putih dengan bahan dasar Sn, Logam putih dengan logam dasar Pb , serta paduan cadmium dan perunggu hitam
- Ditinjau dari gaya yang terjadi dan konstruksinya , bantalan terdiri atas :
Bantalan luncur terdiri atas :
 - bantalan radial polos
 - bantalan radial berkerah
 - bantalan radial ujung
 - Bantalan radial tengah
 - Bantalan peluru
 - Bantalan roll
 - Bantalan jarum

4. Tugas

Suatu bantalan radial diketahui :

- Diameter poros 60 mm;
- Panjang bantalan $L_0=2.d_0$;
- Koefisien gesek 0,03 ;
- Putaran 30 rpm.

- o Beban pada bantalan $W = 1500$ [N]

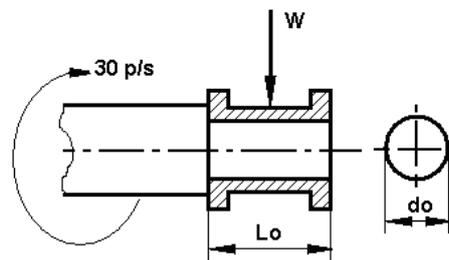
Tentukan :

- Momen gesek
- Daya yang hilang akibat gesekan
- Jumlah kalor yang hilang akibat gesekan
- Tekanan bidang pada bantalan

5. Tes Formatif

1. Suatu bantalan radial diketahui :

- o Diameter poros 40 mm;
- o Panjang bantalan $L_o = 2 \cdot d_o$;
- o Koefisien gesek 0,03
- o Putaran 30 p/s.



Gambar 5.9 Gambar no 1

Tentukan :

- Momen gesek
 - Daya yang hilang akibat gesekan
 - Jumlah kalor yang hilang akibat gesekan
 - Tekanan bidang pada bantalan .
2. Suatu bantalan radial diketahui :
- o Panjang bantalan $L_o = 2 \cdot d_o$;
 - o Putaran 15 p/s.
 - o Tekanan bidang yang di izinkan $\sigma_K = 20$ [N/mm²]

Tentukan :

- Ukuran bantalan
 - Momen gesek dalam satuan Nm , jika koefisien gesek $\mu. = 0,05$
 - Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt
 - Jumlah kalor tiap menit.
3. Suatu bantalan untuk poros vertical di ketahui :

- Diameter kerah luar 60 mm
- Diameter kerah dalam 30 mm
- Gaya pada poros vertcal 200.000 N
- Koofisien gesek = 0,03
- Putaran = 1,5 p/s

Hitunglah :

- a. Tekanan bidang pada bantalan
- b. Momen gesek dalam satuan Nm
- c. Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt
- d. Panas yang timbul setiap menit [cal/menit].

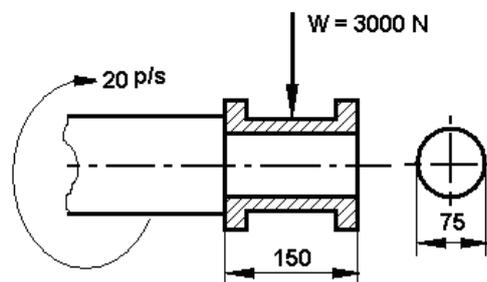
4. Bantalan poros kerah di ketahui :

- Diameter luar kerah 420 mm
- Diameter dalam kerah 260 mm
- Tekanan bidang yang di izinkan 0,4 [N/mm²]
- Koofisien gesek 0,05.
- Putaran 3 p/s

Tentukan :

- a. Beban yang di izinkan dalam satuan N
- b. Momen gesek dalam satuan Nm
- c. Daya yang hilang akibat gesekan
- d. Jumlah kalor yang timbul tiap menit

5. Lihat gambar berikut :



Gambar 5.10 Gambar no. 2

Suatu bantalan radial diketahui :

- Diamreter poros 75 mm;
- Panjang bantalan $L_o=150$ mm ;
- Koofisien gesek 0,03 ;
- Putaran 20 p/s.
- Beban pada bantalan $W = 3000$ [N]

Tentukan :

- a. Momen gesek
- b. Daya yang hilang akibat gesekan
- c. Jumlah kalor yang hilang akibat gesekan
- d. Tekanan bidang pada bantalan .

G. Kegiatan Belajar 6: PULI DAN SABUK

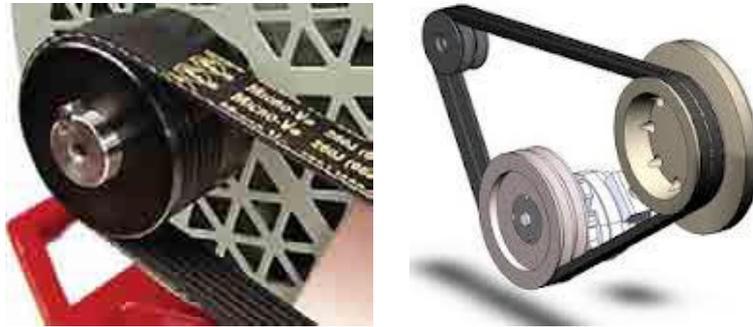
1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan fungsi puli dan sabuk
- b. Menjelaskan macam-macam puli dan sabuk
- c. Menjelaskan angka transmisi puli dan sabuk
- d. Melakukan perhitungan dasar puli dan sabuk..

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati sistem transmisi berikut atau silahkan amati sistem transmisi pada mesin-mesin disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan jenis dan fungsi transmisi yang ada dari hasil pengamatan.



Gambar 6.1 Sistem transmisi tenaga

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai jenis dan fungsi transmisi dari hasil pengamatan, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis dan fungsi transmisi yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana sistem transmisi itu bekerja. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian, selanjutnya jelaskan bagaimana cara melakukan perhitungan dasar sistem transmisi tersebut.

Presentasikan hasil pengumpulan data-data anda, terkait dengan jenis dan fungsi transmisi yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam bidang teknik mesin.

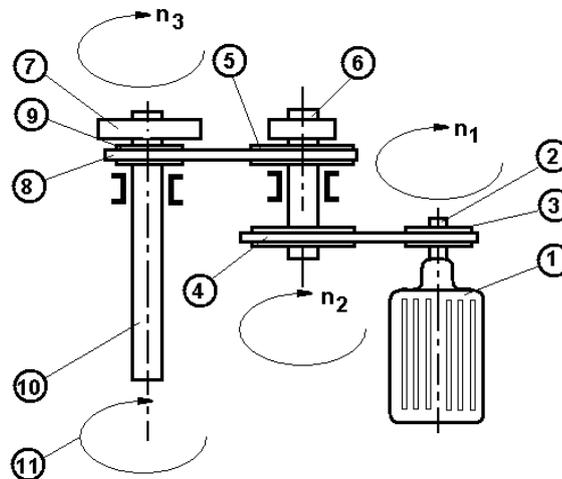
a. Fungsi Puli Dan Sabuk

Untuk memindahkan daya atau putaran dari poros penggerak ke poros yang di gerakan dengan jarak tertentu , misalnya memindahkan putaran dari poros motor listrik ke poros utama mesin bubut , atau mesin bor , biasanya digunakan alat transmisi berupa sepasang roda/puli yang dihubungkan dengan sabuk atau ban mesin . Pulli / roda sabuk terbuat dari besi tuang , baja tuang , alumunium atau logam campuran . Pulli terdiri atas pulli penggerak , pulli yang digerakan dan pulli penekan atau pulli perantara,

yang masing masing di pasang pada poros penggerak dan poros yang digerakan dengan perlengkapan pasak atau baut baut penjamin lainnya.

Gambar berikut menunjukkan transmisi roda sabuk pada mesin bor tegak . Proses pemindahan daya dari motor listrik berupa putaran n_1 rpm dipindahkan ke poros utama mesin bor melalui puli 3 dan 5 dengan ban mesin 4 yang selanjutnya putaran di pindahkan kembali dengan puli 7 dan 9 melalui ban 8 . Dengan ukuran diameter puli yang berbeda beda , maka putaran dari n_1 menjadi n_2 dan putaran dari n_2 menjadi n_3 pada poros utamanya.

Pada mesin bor , putaran pada poros utama dapat diatur sesuai dengan putaran yang di inginkan , yaitu dengan jalan memindahkan posisi ban pada puli bertingkat .

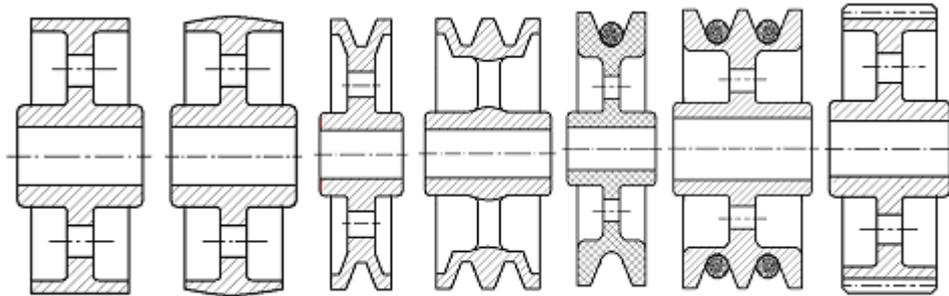


Gambar 6.2 Transmisi roda sabuk

b. Macam Macam Puli

Dilihat dari permukaan yang bersinggungan dengan ban , puli terdiri atas :

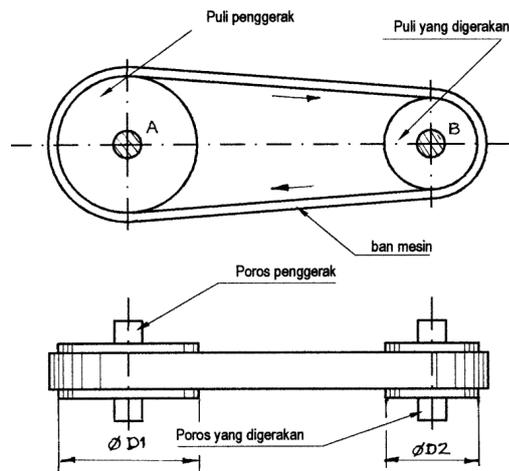
- Puli dengan permukaan rata ;
- Puli dengan permukaan cembung ;
- Puli alur tunggal ;
- Puli alur majemuk ;
- Puli alur V tunggal ;
- Puli alur V majemuk ;
- Puli bergigi .



Gambar 6.3 Macam macam pulli

c. Angka Transmisi

Perbandingan putaran poros penggerak dengan poros yang digerakkan disebut dengan angka-transmisi,



Gambar 6.4 Perbandingan transmisi

Jika poros penggerak mempunyai pully berukuran D_1 [m] dengan putaran n_1 [p/s] dan pully yang digerakan mempunyai ukuran D_2 [m] dengan putaran n_2 maka kecepatan ban pada pully penggerak sama dengan kecepatan ban pada pully yang digerakan .

Kecepatan ban :

$$\pi \cdot D_1 n_1 = \pi \cdot D_2 n_2 \text{ atau } D_1 n_1 = D_2 n_2 .$$

$$\text{maka : } \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Oleh kerana n_1/n_2 merupakan perbandingan putaran yang disebut dengan angka transmisi (i) maka persamaan diatas dapat juga ditulis :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Persamaan 1.2 berlaku jika kecepatan pully A sama dengan kecepatan pully B ($V_A = V_B$) yaitu tidak terjadi creep atau besarnya factor creep sama dengan nol. Jika terjadi creep maka kecepatan pully A tidak sama dengan kecepatan pully B yaitu kecepatan pully B lebih kecil dari kecepatan pully A ($V_B < V_A$). Creep antara Pully A dengan ban menyebabkan kecepatan ban tidak sama dengan kecepatan pully A, jika besarnya creep yang terjadi merupakan variable dari n_1 dan besarnya factor creep = s , maka kecepatan ban menjadi

$$V = \pi \cdot D_1 (n_1 - n_1 \cdot s) \text{ atau } V = \pi \cdot D_1 \cdot n_1 (1 - s)$$

Selanjutnya kecepatan ban V tersebut sama dengan kecepatan pada pully B yaitu $V = \pi \cdot D_2 \cdot n_2$. Dari persamaan tersebut akan diperoleh angka transmisi yang besarnya :

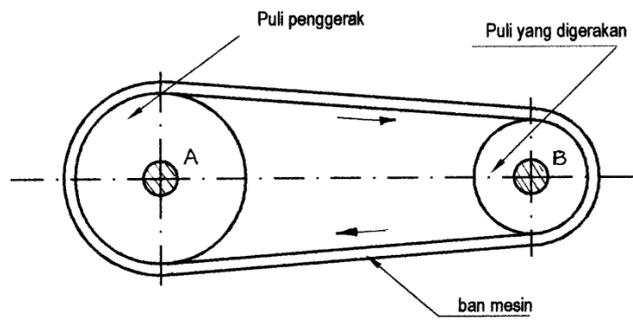
$$i = \frac{n_1}{n_2} = D_2 / \{D_1 (1 - s)\}$$

Keterangan :

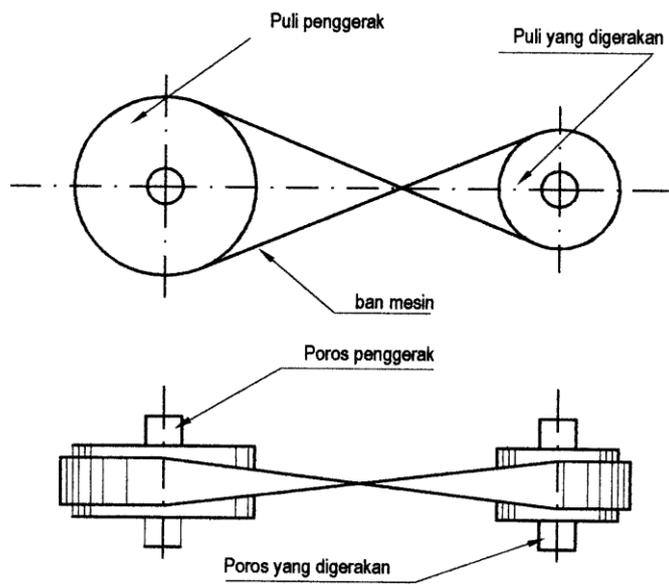
- i = angka transmisi
- D_1 diameter puli penggerak dalam satuan [m]
- D_2 Diameter pull yang digerakan dalam satuan [m]
- n_1 putaran poros penggerak dalam satuan [p/s]
- n_2 Putaran poros yang di gerakan dalam satuan [p/s]
- s = factor creep untuk sabuk rata besarnya 1 % sampai 2 %
- $s = 0,01$ sampai $0,02$

d. Putaran Poros

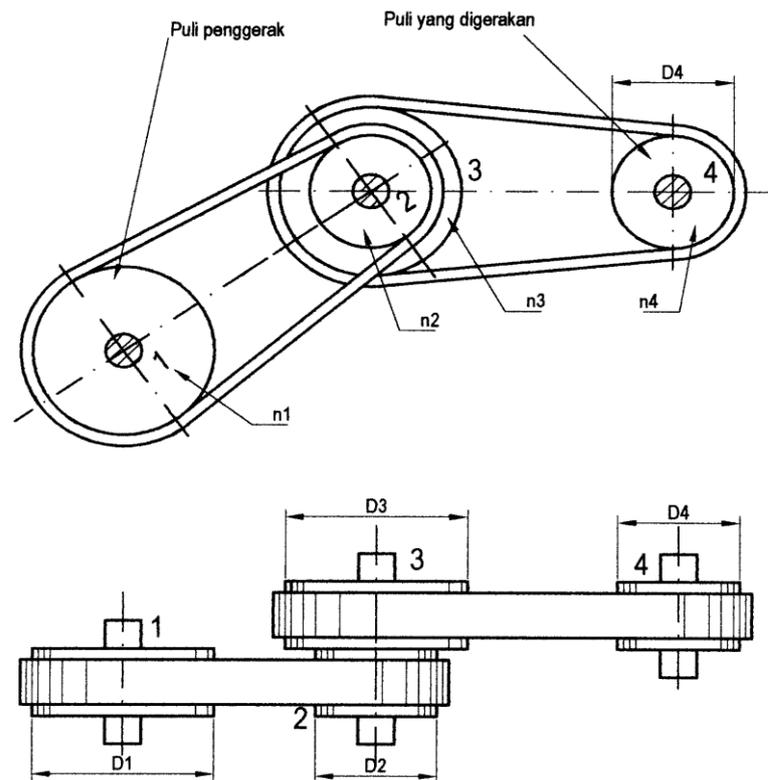
Putaran poros pada transmisi ban-sabuk dapat dilaksanakan dengan arah yang sama yaitu putaran poros penggerak dan putaran poros yang di gerakan arahnya sama, tetapi dapat juga dilaksanakan dengan putaran dengan arah yang berlawanan yaitu dengan jalan memasang ban secara menyilang lihat gambar berikut.



Gambar 6.5 Putaran searah



Gambar 6. 6 Putaran berlawanan arah



Gambar 6.7 Puli bertingkat

Jika konstruksi dari puli bertingkat di pasang seperti terlihat pada gambar di atas dengan factor creep dianggap tidak ada yaitu $s = 0$, maka angka transmisinya dapat di hitung dengan persamaan berikut :

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Oleh kerana pully 2 dan pully 3 satu poros maka angka transmisi untuk tingkat yang kedua adalah i_2

$$i_2 = \frac{n_2}{n_3} = \frac{D_4}{D_3}$$

Dengan mensubstitusikan kedua persamaan di atas maka besarnya n_3 dapat di hitung , yaitu

$$n_3 = \frac{n_1 D_1 D_3}{D_2 D_4} \quad [p/s]$$

e. Sabuk Mesin

Sabuk mesin berfungsi untuk memindahkan daya atau putaran dari poros penggerak keporos yang digerakannya dengan perantaraan poli-puli yang

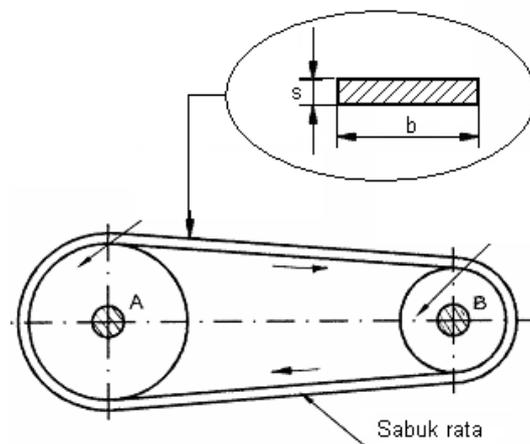
dipasang pada porosnya . Pemindahan daya dengan menggunakan sabuk ini disebut juga dengan transmisi roda sabuk . Transmisi roda sabuk banyak dijumpai pada mesin perkakas : mesin bor , mesin bubut , mesin frais juga mesin mesin otomotive , konveyor , pompa mesin mesin pertanian , kompresor, mesin garmen dan banyak lagi mesin mesin yang menggunakan ban / sabuk sebagai pemindah daya atau putaran .

1. Macam macam sabuk dilihat dari penampangnya sabuk terdiri atas :

- Sabuk rata
- Sabuk V
- Sabuk bergigi
- Tali

a. Sabuk rata

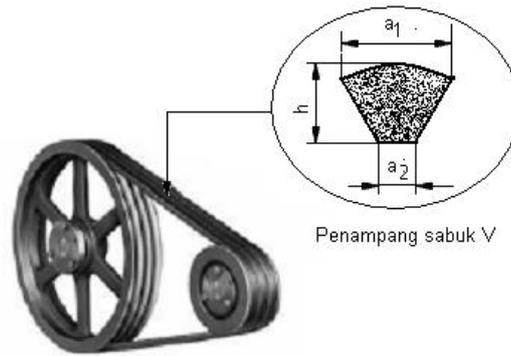
Sabuk rata terbuat dari kulit atau karet berserat kanvas / nilon . sabuk tersebut digunakan untuk transmisi putaran tinggi dengan jarak poros tetap .



Gambar 6.8 Sabuk rata (flat)

b. Sabuk V

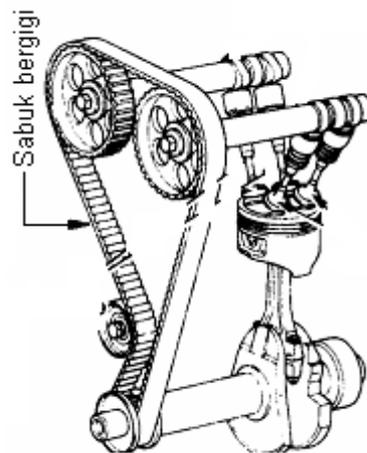
Sabuk V terbuat dari karet , karet sintetis , karet berserat kanvas , atau karet berserat dengan inti , digunakan untuk mesin mesin pertanian , mesin perkakas , mesin garmen . Sabuk V unggul digunakan untuk mesin mesin otomotive , kerana tahan panas dan minyak serta mempunyai kekuatan tinggi .



Gambar 6.9 Sabuk V

c. Sabuk bergigi

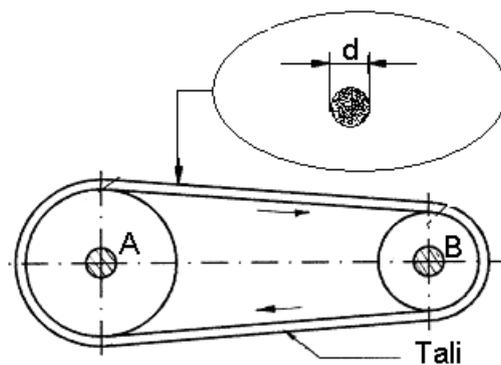
Sabuk bergigi disebut juga dengan sabuk gilir , merupakan sabuk yang tahan terhadap lenturan dan kecepatan tinggi , sabuk ini banyak di jumpai pada mesin mesin otomotif .



Gambar 6.10 Sabuk bergigi

d. Tali

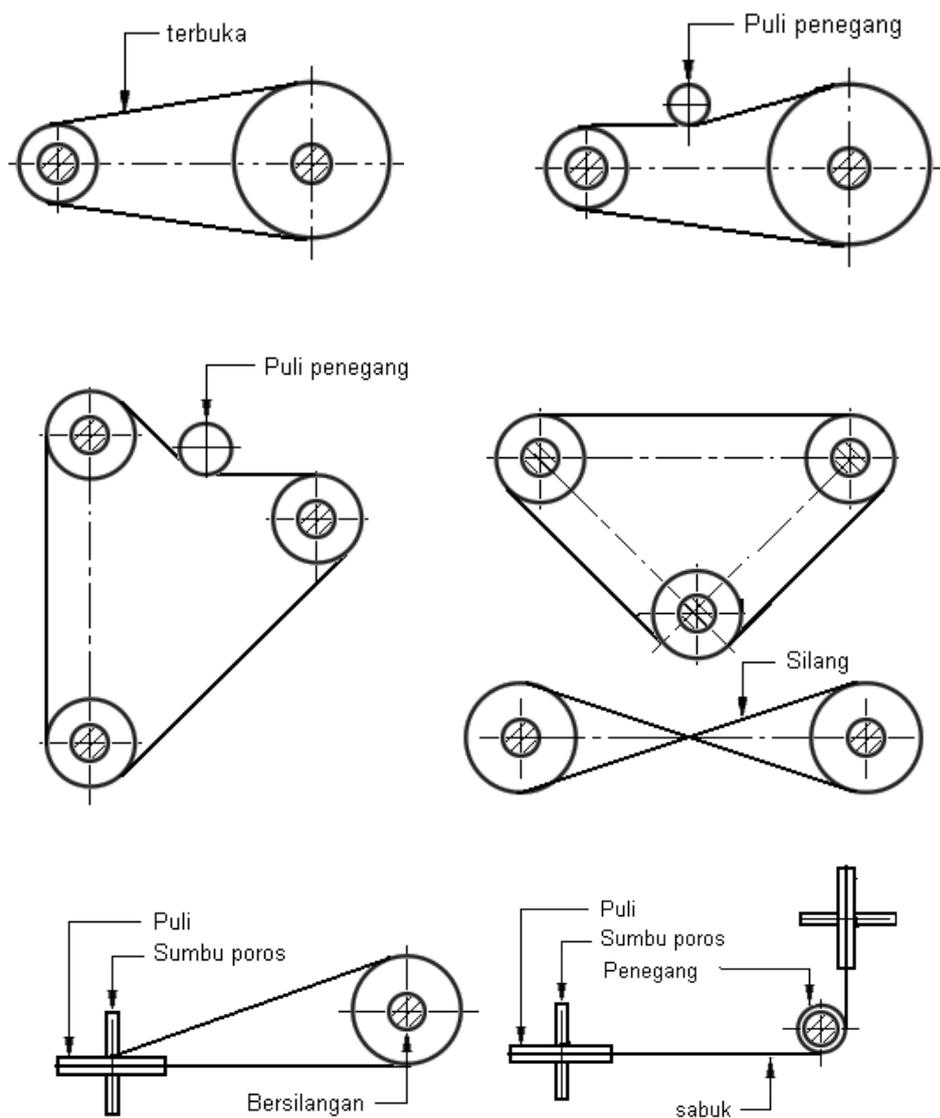
Tali terbuat dari bahan kulit, tali banyak digunakan pada mesin mesin garmen dan semacamnya .



Gambar 6.11 Sabuk tali

2. Macam macam sabuk di tinjau dari posisi dan putaran porosnya:

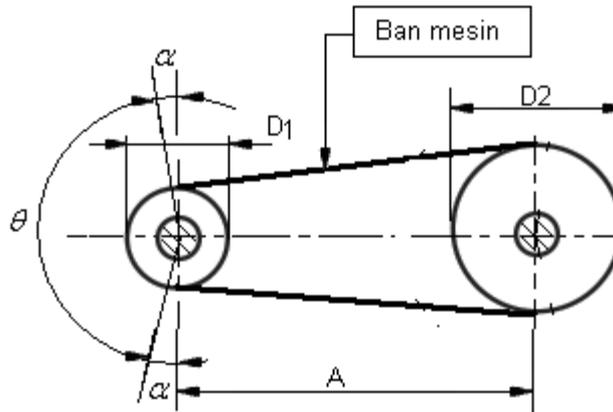
- Sabuk terbuka
- Sabuk terbuka dengan puli penegang
- Sabuk terbuka dengan beberapa puli
- Sabuk terbuka dengan beberapa puli dan puli penegang
- Sabuk silang
- Sabuk silang untuk poros bersilangan
- Sabuk silang untuk poros tegak lurus



Gambar 6.12 Macam macam pemasangan sabuk

f. Panjang Ban Dan Sudut Kontak

Panjang ban yang diperlukan untuk pemasangan sabuk terbuka seperti terlihat pada gambar berikut dan sudut kontaknya dapat dihitung dengan persamaan berikut :



Gambar 6. 13 Panjang sabuk

a. Panjang ban L

Panjang ban yang diperlukan untuk pemasangan sabuk terbuka dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$L = 2A + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A} \text{ mm}$$

Keterangan

- L = Panjang ban yang dibutuhkan
- A = Jarak antara poros
- D_1 = Diameter puli penggerak [mm]
- D_2 = Diameter puli yang digerakan [mm]
- θ .Sudut kontak

Sudut kontak antara ban sabuk dan roda dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\theta = \pi - 2\alpha$$

$$\theta = \pi - \left(\frac{D_2 - D_1}{A} \right) \text{ [radial]}$$

Atau :

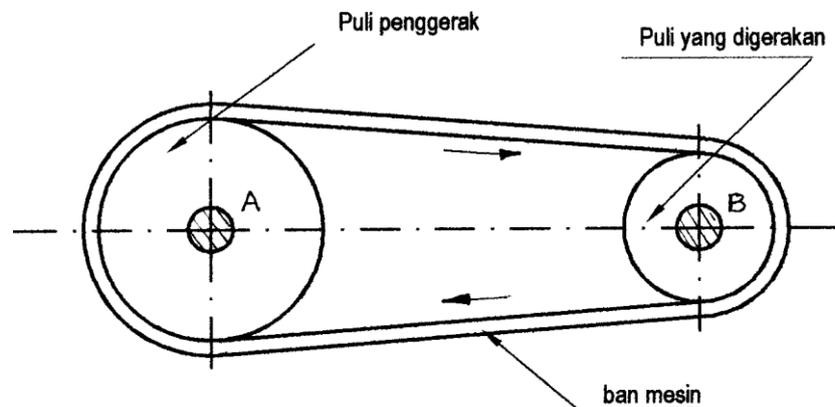
$$\theta = \left\{ \pi - \left(\frac{D_2 - D_1}{A} \right) \right\} \frac{180}{\pi} \text{ dalam satuan derajat}$$

Keterangan :

- A = Jarak antara poros
- D_1 = Diameter puli penggerak [mm]
- D_2 = Diameter puli yang digerakan [mm]
- θ = Sudut kontak

Contoh 6.1:

Suatu mesin bor dengan transmisi roda sabuk seperti terlihat pada gambar berikut: diketahui puli penggerak A mempunyai ukuran 225 mm, puli yang digerakan B mempunyai ukuran 150 mm, putaran poros pada puli A yaitu 180 rpm. Tentukan angka transmisi dan putaran pada poros yang digerakannya !



Gambar 6.14 Transmisi sabuk

Penyelesaian :

Diketahui : Transmisi roda sabuk pada mesin bor

- Diameter puli penggerak $D_1 = 225$ mm.
- Diameter puli yang digerakan $D_2 = 150$ mm.
- Putaran poros penggerak $n_1 = 180$ rpm

Ditanyakan :

- angka transmisi (i)
- putaran poros yang digerakan (n_2)

Jawaban :

- angka transmisi (i)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$i = \frac{D_2}{D_1} = 150 : 225 = 2/3 = 0,667$$

- Putaran poros yang digerakan n_2 ,

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} , \quad i = \frac{n_1}{n_2}$$

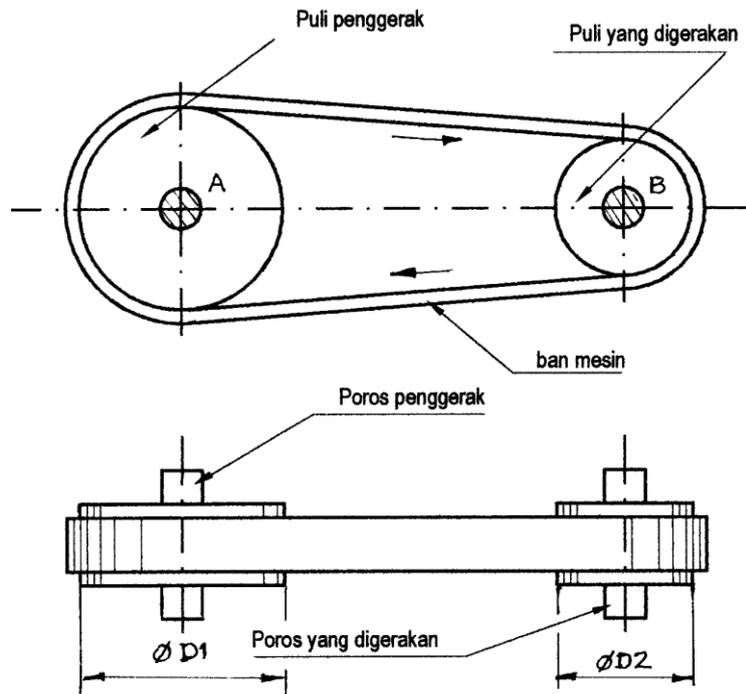
$$n_2 = n_1 : i = 180 : 2/3 = 270 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 180 \times 3/2 = 270 \text{ rpm}$$

Contoh 6.1:

Diketahui transmisi sabuk seperti gambar berikut:

- angka transmisi $i = 0,5$
- Diameter puli pada poros penggerak $D_1 = 400 \text{ mm}$
- Putaran poros penggerak $n_1 = 300 \text{ rpm}$



Gambar 6.15 Sistem transmisi sabuk puli

Tentukan :

- Ukuran diameter puli yang digerakan D_2 .
- Putaran poros yang digerakan n_2 .

Jawaban :

- Ukuran diameter puli D_2

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$i = \frac{D_2}{D_1}$$

$$D_2 = D_1 \times i = 400 \times 0,5 = 200 \text{ mm}$$

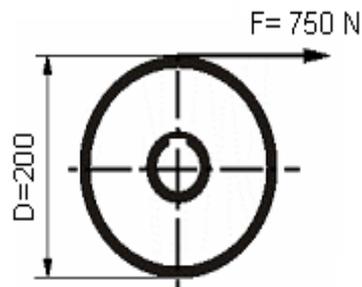
- Putaran poros yang digerakan n_2 ,

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}, \quad i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$n_2 = n_1 : i = 300 : 0,5 = 600 \text{ rpm}$$

Contoh 6.1:

Suatu roda berputar dengan gaya keliling $F = 750 \text{ N}$. Hitunglah momen putarnya ! jika diameter roda $D = 200 \text{ mm}$. Lihat gambar



Gambar 6. 16 Momen puntir

Diketahui :

- Gaya keliling $F = 750 \text{ N}$
- Diameter $D = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$

Ditanyakan :

- Momen putar

Jawaban :

$$M_p = F \times R, \text{ besarnya } R = 0,5 D = 0,5 \times 0,2 = 0,1 \text{ m}$$

$$M_p = 750 \times 0,1 = 75 \text{ Nm}$$

Contoh 6.1:

Suatu transmisi roda sabuk dengan sabuk terbuka mempunyai data sebagai berikut .

- Diameter puli kecil $D_1 = 400$ mm
- Diameter puli besar $D_2 = 600$ mm
- Jarak antara poros $A = 1800$ mm

Tentukan :

- a. Panjang ban sabuk yang dibutuhkan
- b. Sudut kontak dalam radial

Jawaban :

a. Panjang ban yang dibutuhkan :

$$L = 2A + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}$$

$$L = 2.1800 + \frac{3,14}{2}(600 + 400) + \frac{(600 - 400)^2}{4.1800}$$

$$L = 3600 + 1570 + 5,6$$

$$L = 5176 \text{ mm}$$

3. Rangkuman

- Untuk memindahkan daya atau putaran dari poros penggerak ke poros yang di gerakan dengan jarak tertentu, misalnya memindahkan putaran dari poros motor listrik ke poros utama mesin bubut , atau mesin bor , biasanya digunakan alat transmisi berupa sepasang roda/puli yang dihubungkan dengan sabuk atau ban mesin .
- Pulli / roda sabuk terbuat dari besi tuang, baja tuang, alumunium atau logam campuran . Pulli terdiri atas pulli penggerak , pulli yang digerakan dan pulli penekan atau pulli perantara, yang masing masing di pasang pada poros penggerak dan poros yang digerakan dengan perlengkapan pasak atau baut baut penjamin lainnya.
- Dilihat dari permukaan yang bersinggungan dengan ban , pulli terdiri atas:
 - Pulli dengan permukaan rata ;
 - Pulli dengan permukaan cembung ;

- Pulli alur tunggal ;
 - Pulli alur majemuk ;
 - Pulli alur V tunggal ;
 - Pulli alur V majemuk ;
 - Pulli bergigi .
- Perbandingan putaran poros penggerak dengan poros yang digerakkan disebut dengan angka-transmisi, Jika poros penggerak mempunyai pully berukuran D_1 [m] dengan putaran n_1 [p/s] dan pully yang digerakkan mempunyai ukuran D_2 [m] dengan putaran n_2 maka kecepatan ban pada pully penggerak sama dengan kecepatan ban pada pully yang digerakkan

$$\text{maka : } \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Oleh kerana n_1/n_2 merupakan perbandingan putaran yang disebut dengan angka transmisi (i) maka persamaan diatas dapat juga ditulis:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

- Sabuk mesin berfungsi untuk memindahkan daya atau putaran dari poros penggerak keporos yang digerakannya dengan perantaraan poli-puli yang dipasang pada porosnya . Pemindahan daya dengan menggunakan sabuk ini disebut juga dengan transmisi roda sabuk . Transmisi roda sabuk banyak dijumpai pada mesin perkakas : mesin bor , mesin bubut , mesin frais juga mesin mesin otomotive , konveyor , pompa mesin mesin pertanian , kompresor , mesin garmen dan banyak lagi mesin mesin yang menggunakan ban / sabuk sebagai pemindah daya atau putaran
- Dilihat dari penampangnya sabuk terdiri atas :
 - Sabuk rata
 - Sabuk V
 - Sabuk bergigi
 - Tali
- Sabuk ditinjau dari posisi dan putaran porosnya pemasangan sabuk terdiri atas :
 - Sabuk terbuka
 - Sabuk terbuka dengan puli penegang
 - Sabuk terbuka dengan beberapa puli

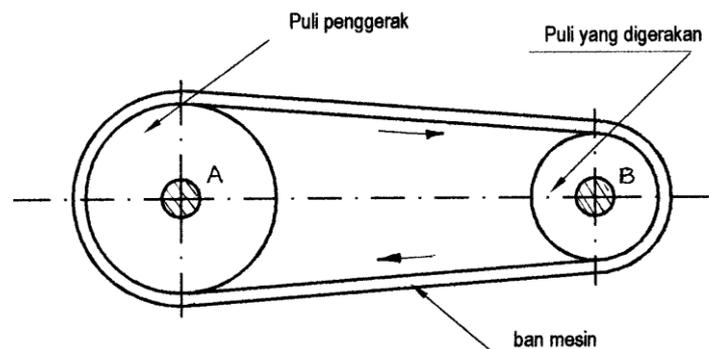
- Sabuk terbuka dengan beberapa puli dan puli penegang
- Sabuk silang
- Sabuk silang untuk poros bersilangan
- Sabuk silang untuk poros tegak lurus

4. Tugas

- Jelaskan dan gambarkan macam macam sabuk ditinjau dari penampangnya
- Jelaskan dan gambarkan macam macam sabuk ditinjau dari putaran dan posisi porosnya

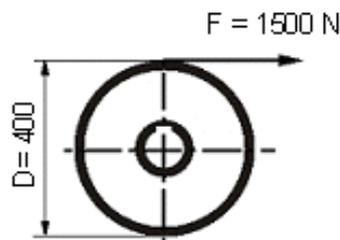
5. Tes Formatif

- Suatu mesin bor dengan transmisi roda sabuk seperti terlihat pada gambar berikut : diketahui puli penggerak A mempunyai ukuran 200 mm , puli yang digerakan B mempunyai ukuran 100 mm , putaran poros pada puli A yaitu 150 rpm . Tentukan angka transmisi dan putaran pada poros yang digerakannya !



Gambar 6.17 Gambar soal no 1

- Suatu roda berputar dengan gaya keliling $F = 1500 \text{ N}$. Hitunglah momen putarnya ! jika diameter roda $D = 400 \text{ mm}$. Lihat gambar 6.18 !



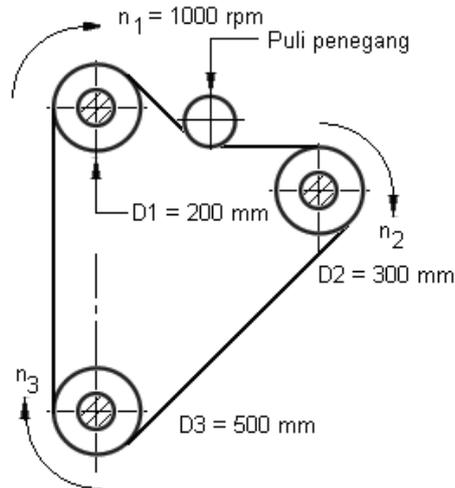
Gambar 6.18 Gambar soal no 2

3. Diketahui lihat gambar 6.19 halaman berikut

- o Diameter puli kecil $D_1 = 200 \text{ mm}$
- o Diameter puli kecil $D_2 = 300 \text{ mm}$
- o Diameter puli kecil $D_3 = 500 \text{ mm}$
- o Putaran puli kecil $n_1 = 1000 \text{ rpm}$

Tentukan :

Putaran poros n_2 dan n_3 .



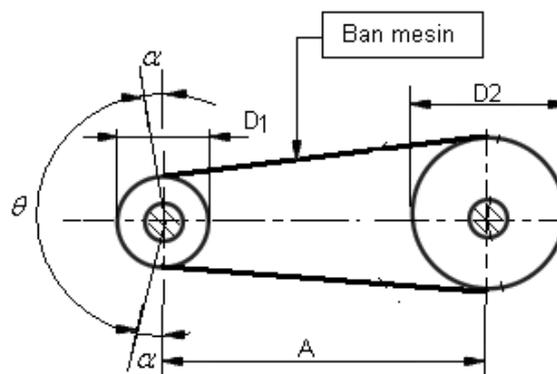
Gambar 6.19 Gambar Soal no 3

4. Diketahui lihat gambar

- o Diameter puli kecil $D_1 = 300 \text{ mm}$
- o Diameter puli kecil $D_2 = 600 \text{ mm}$
- o Jarak antara poros A = 2000 mm

Tentukan :

- a. Panjang ban sabuk yang dibutuhkan dalam satuan meter
- b. Sudut kontak dalam radial dan derajat



Gambar 6. 20 Gambar soal no. 4

5. Suatu transmisi roda sabuk dengan sabuk terbuka mempunyai data sebagai berikut .

- Diameter puli kecil $D_1 = 420$ mm
- Diameter puli besar $D_2 = 630$ mm
- Jarak antara poros $A = 1200$ mm

Tentukan :

- a. Panjang ban sabuk yang dibutuhkan
- b. Sudut kontak dalam radial

H. Kegiatan Belajar 7: KOPLING

1. Tujuan Pembelajaran

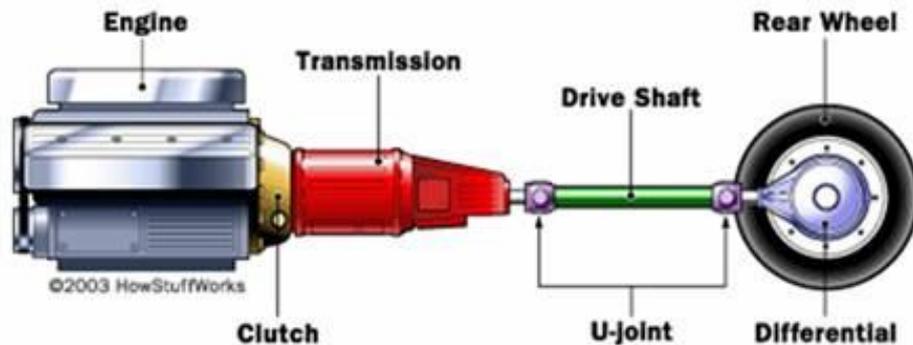
Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan macam macam kopling
- b. Menjelaskan fungsi kopling
- c. Menjelaskan bagian-bagian kopling

d. Menghitung kekuatan sambungan baut pada flens..

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati foto sistem transmisi pada konstruksi mesin atau mengamati sistem transmisi pada kendaraan bermotor di sekitar anda. Selanjutnya jelaskan mekanisma perpindahan tenaga dari mesin sampai pada putaran roda.



Gambar 7.1 Sistem transmisi pada kendaraan bermotor (mobil)

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai sistem pemindahan tenaga/transmisi yang terjadi, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis dan fungsi kopling yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana cara kerja kopling itu mentransmisikan tenaga dari mesin sampai pada putaran roda. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian, selanjutnya jelaskan beberapa sistem tranmsisi yang ada.

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis dan fungsi sambungan yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan

a. Fungsi Kopling

Kopling adalah elemen elemen mesin yang berfungsi untuk menyambung dua poros , baik secara tetap maupun tidak tetap , yang dimaksud dengan tetap yaitu kopling disambung pada poros penggerak dan poros yang digerakan dalam keadaan tetap menyambung , artinya hubungan antara

poros penggerak dan poros yang digerakan dapat dilepas jika koplengnya itu sendiri dilepas dengan cara melepas baut baut yang ada pada kopleng . Yang dimaksud dengan kopleng tidak tetap yaitu hubungan antara poros penggerak dengan poros yang digerakan dapat dilepas atau dihubungkan kembali saat mesin dalam keadaan jalan atau berputar , misalnya kopleng pada kendaraan , saat kendaraan diam tetapi mesinnya tetap hidup . Kopleng tetap digunakan pada poros poros pompa , poros panjang, poros pada mesin perkakas . Dan kopleng tidak tetap biasanya digunakan pada mesin mesin automotip .

Kopleng tetap terdiri atas :

- Kopleng bos dengan pasak melintang;
- Kopleng cakram
- Kopleng flens ;
- Kopleng jepit .

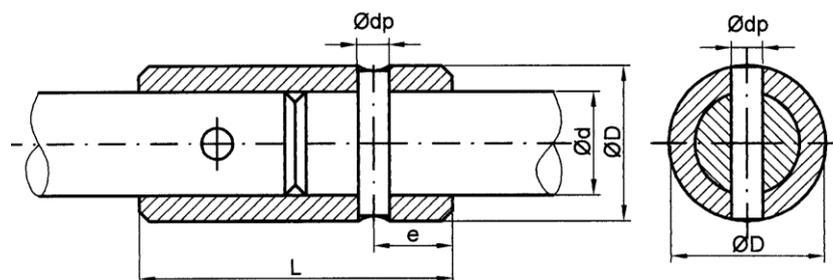
b. Kopleng Bos.

1. Konstruksi kopleng bos

Kopleng bos berbentuk selubung menyerupai pipa atau bos yang dilengkapi dengan pasak. Ditinjau dari posisi pasaknya, kopleng bos terdiri atas :

- Kopleng bos pasak melintang
- Kopleng bos pasak memanjang .

Bentuk penampang dan data konstruksi dari kopleng bos pasak melintang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7.2 Kopleng bos dengan pasak melintang

Keterangan :

- L = Panjang kopleng ($L=3d$)
- D = Diameter luar dalam satuan mm ($D=1,5d$)
- d = Diameter poros [mm]
- e = Jarak lubang pen ke tepi ($e=0,75d$)

- $d_p =$ Diameter pena ($d_p = 0,25$ s/d $0,3$ d)

2. Momen puntir dan gaya geser pada pen

Besarnya gaya geser pada pen dapat dihitung berdasarkan momen puntir yang bekerja pada poros yaitu :

Jika poros digerakan dengan daya P [watt] dengan putaran n [p/s], maka besarnya momen puntir adalah

$$M_p = \frac{P}{2.\pi.n} \text{ [Nm]}$$

Atau

$$M_p = \frac{1000.P}{2.\pi.n} \text{ [Nmm]} \dots\dots\dots(a)$$

Dan besarnya momen puntir tersebut sama dengan gaya keliling dikalikan dengan jari jari dari porosnya atau dapat ditulis :

$$M_p = \frac{F.d}{2} \text{ [Nmm]} \dots\dots\dots(b)$$

Dan jika persamaan (a) dimasukan pada persamaan (b) maka

$$\frac{F.d}{2} = \frac{1000.P}{2.\pi.n}$$

$$F = \frac{1000.P.2}{2.\pi.n.d} = 318,31 \frac{P}{dn} \text{ [N]} \dots\dots\dots (c)$$

Tegangan geser pada pena :

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

$A =$ luas penampang yang tergeser yaitu $A = \frac{\pi}{4} d_p^2 \times 2$

$$\tau_g = \frac{2.F}{\pi.d^2} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

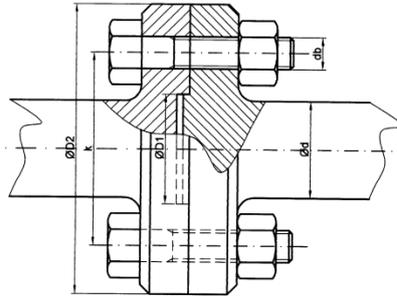
Keterangan :

- $\tau_g =$ Tegangan geser pada pena [N/mm²]
- $F =$ Gaya keliling sebagai gaya geser pada pena [N]
- $d_p =$ Diameter poros [mm]

c. Kopling Cakram

Sesuai dengan namanya kopling cakram berbentuk cakram, terdiri dari dua buah cakram yang dilengkapi dengan baut-baut pengikat. Ditinjau dari jumlah baut yang terpasang, kopling cakram terdiri atas: Kopling cakram dengan baut empat, enam atau delapan.

Bentuk isometrik dan penampang dari kopling cakram serta data konstruksi dari kopling cakram tersebut dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut:



Gambar 7.3 Kopling cakram

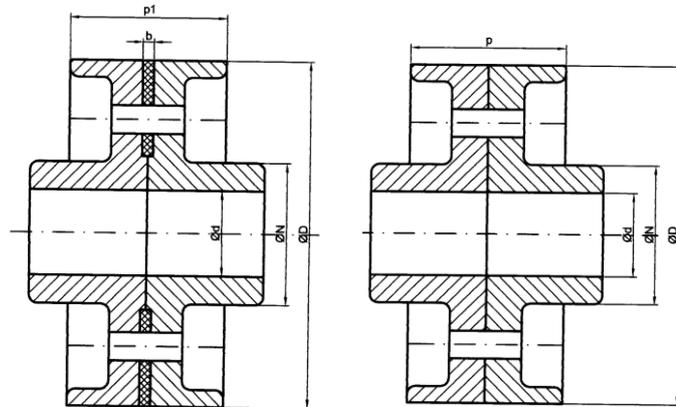
Tabel 7.1 Bentuk Dan Ukuran Kopling Cakram

d	D ₁	D ₂	k	d _b	Jumlah Baut
35	50	90	70	14	4
45	60	110	85	14	4
55	75	125	100	16	4
70	95	155	125	18	6
80	95	185	140	20	6
90	125	195	160	22	6
110	150	235	190	25	6
130	150	280	215	32	6
150	195	285	240	35	6
170	195	335	265	40	8
190	240	340	290	40	8
210	240	390	315	45	8

d. Kopling Flens.

1. Kontruksi kopling flens

Kopling flens terdiri dari dua buah flens kiri dan kanan, yang berfungsi untuk menghubungkan poros penggerak dengan poros yang digerakan. kopling flens dilengkapi dengan pasak memanjang sebagai alat pemindah daya atau putarannya . Kopling flens dirakit dengan menggunakan baut baut pengikat.



Gambar 7. 4 Kopling flens

Ditinjau dari gaya pemindah dari poros penggerak ke poros yang digerakannya kopling flens terdiri atas :

- Kopling flens kaku
- Kopling flens elastis.

Pada kopling flens kaku, hubungan antara flens satu dengan flens lainnya diikat dengan baut secara langsung dan bersifat kaku. Sedangkan pada kopling flens elastis, antara flens kiri dan kanan dilengkapi dengan pelat-cincin dan baut baut pengikatnya dipasang menggunakan cincin yang terbuat dari karet untuk menahan kejutan saat poros penggerak mulai digerakan. Oleh karena itu kopling ini disebut dengan kopling elastis.

Bentuk isometric dan penampang dari kopling flens dan data konstruksi dari kopling flens tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.2 Bentuk Dan Ukuran Kopling Flens Menurut N20

Diameter Poros (d)	D	p	P1	N	B
35-40	180	150	170	80	20
45-50	210	170	190	100	20
55-60	240	190	210	120	20
65-70	270	100	230	135	20

75-80	300	230	250	150	20
90	325	260	280	170	20
100	350	290	310	185	20
110	380	320	340	200	20
125	410	350	380	220	30
140	440	390	420	250	30

2. Perhitungan kopling flens

Perhitungan pada kopling flens antara lain untuk menentukan :

- Jumlah baut
- Momen puntir
- Gaya geser pada baut
- Tegangan geser pada baut
- Tegangan geser yang di izinkan
- Tegangan geser yang terjadi pada flens
- Tegangan geser yang di izinkan pada flens

a. Jumlah baut

Untuk menghitung jumlah baut efektif dapat digunakan persamaan :

$$n_e = \varepsilon \cdot n$$

Keterangan :

- n_e = Jumlah baut efektif [buah]
- ε = Nilai efektif dapat di ambil antara 50 %
- n = jumlah baut yang ada pa kopling .

b. Momen puntir

Jika daya yang dipindahkan oleh poros kopling adalah P dalam satuan watt dengan putaran n putaran tiap detik maka momen puntirnya di hitung dengan persamaan :

$$M_p = \frac{P}{2\pi \cdot n} \text{ [Nm]}$$

Keterangan

- M_p = Momen puntir dalam satuan [Nm]

- P = Daya dalam satuan [watt]
- n = putaran dalam satuan [p/s]

c. Gaya geser pada baut

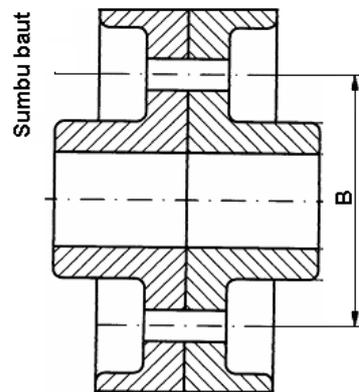
Akibat momen puntir di atas maka pada baut akan mengalami gaya geser sebesar :

$$F_b = \frac{F}{n_e}$$

F = gaya geser pada sumbu baut yang besarnya

$$F = \frac{2.M_p}{B} \text{ dan } B \text{ adalah diameter tusuk (sumbu) lubang baut pada}$$

kopling , lihat gambar berikut .



Gambar 7.5 posisi sumbu baut B

d. Tegangan geser pada baut

Jika gaya geser yang bekerja pada baut adalah F_b dan diameter baut d_b maka besarnya Tegangan geser pada baut kopling adalah :

$$\tau_{gb} = \frac{F_b}{\frac{\pi}{4}d_b^2} \text{ Jika } F_b = \frac{F}{n_e} = \frac{2M_p}{n_e B} \text{ Atau } F_b = \frac{2.M_p}{n_e.B}$$

Dan tegangan geser pada baut menjadi :

$$\tau_{gb} = \frac{\frac{2M_p}{n_e.B}}{\frac{\pi}{4}d_b^2} = \frac{2M_p.4}{\pi.n_e.B.d_b^2} \text{ atau } \tau_{gb} = \frac{8M_p}{\pi.n_e.B.d_b^2}$$

Keterangan

- τ_{gb} = Tegangan geser yang terjadi pada baut [N/mm²]

- M_p = Momen puntir dalam satuan [Nmm]
- n_e = Jumlah baut efektif
- B = diameter tusuk lubang baut [mm]
- d_b = diameter baut [mm]

e. Tegangan geser yang di izinkan

Tegangan geser yang di izinkan untuk baut adalah :

$$\bar{\tau}_{gb} = \frac{\sigma_t}{S_{fb} \cdot K_b}$$

Keterangan :

- $\bar{\tau}_{gb}$ = tegangan geser yang di izinkan untuk baut
- σ_t = tegangan tarik
- S_{fb} = Faktor keamanan s/d 6
- K_b = Faktor koreksi (kerena adanya tumbukan tumbukan pada flens) K_b dapat diambil 1,5 s/d 3

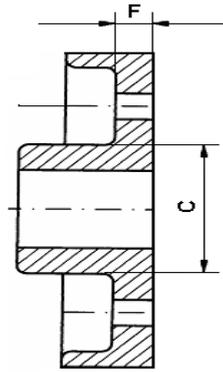
Tegangan tarik untuk bahan baut dapat di pilih dari tabel halaman berikut

Tabel 7.3 Bahan baut

Lambang	Kekuatan bahan σ_t [N/mm ²]	Bahan baut
S 20 C	400	Baja carbon konstruksi JIS G 3102
S 35 C	500	
S 40 C	600	
S 45 C	700	
S 41 B	400	Baja carbon untuk konstruksi biasa
S 50 B	500	
S 20 C - D	500	Baja batangan difinish dengan mesin
S 35 C - D	600	

f. Tegangan geser yang terjadi pada flens

Tegangan geser yang di hitung adalah tegangan geser yang terdapat pada bagoian yang tidak aman yaitu pada penampang π .C.F (lihat gambar berikut).



Gambar 7.6 Penampang yang rawan terhadap geseran

Besarnya gaya geser adalah :

$$\tau_F = \frac{\frac{2.M_p}{C}}{\pi.C.F} = \frac{2.M_p}{\pi.C^2.F}$$

$$\tau_F = \frac{2.M_p}{\pi.C^2.F} \text{ dalam satuan [N/mm}^2\text{]}$$

Keterangan :

- τ_F = Tegangan geser pada flens dalam satuan [N/mm²]
- M_p = momen puntir dalam satuan [Nmm]
- C = diameter naf dalam satuan [mm]
- F = lebar flens dalam satuan [mm]

Tegangan geser yang di izinkan pada flens

Tegangan geser yang di izinkan pada flens dapat dihitung dengan mengguakan persamaan :

$$\bar{\tau}_{gF} = \frac{\sigma_t}{S_{fF}.K_F}$$

Keterangan :

- $\bar{\tau}_{gF}$ = Teganga geser yang di izinkan pada flens [N/mm²]
- S_{fF} = Faktor keamanan untuk flens dapat diambil s/d 6
- K_F = Faktor koreksi untuk flens dapat diambil antara 2 s/d 3
- σ_t = tegangan tarik [N/mm²]

3. Bahan flens

Bahan flens dapat digunakan bahan besi cor kelabu , baja carbon atau baja cor tempa standar seperti terlihat pada tabel berikut .

Tabel 7.4 Bahan Flens

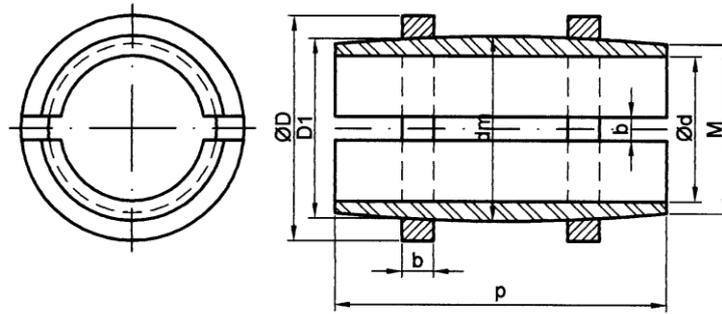
Bahan	Lambang	Tegangan tarik σ_t [N/mm ²]
Besi cor kelabu (JIS 5501)	FC 20	200
	FC 25	250
	FC 30	300
	FC 35	350
Baja carbon cor (JIS 5101)	SC 37	370
	SC 42	420
	SC 46	460
	SC 49	490
Baja cor tempa (JIS G 320)	SF 50	500 s/d 600
	SF 55	550 s/d 650
	SF 60	600 s/d 700

e. Kopleng Jepit

Kopleng jepit berbentuk dua buah belahan selubung berbentuk agak tirus , masing masing belahan selubung tersebut ditumpangkan diantara kedua ujung poros penggerak dan ujung poros yang digerakan dan diikat dengan menggunakan cincin . Jika cincin didesak kearah ukuran tirus yang besar maka poros akan terjepit dengan kuat oleh kerena itu kopleng ini di sebut dengan kopleng jepit . Ditinjau dari alat penjepitnya, kopleng jepit terdiri atas:

- Kopleng jepit dengan ikatan cincin
- Kopleng jepit dengan pengikat mur-baut .

Bentuk penampang dan data konstruksi dari kopleng jepit dengan ikatan cincin dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut :



Gambar 7.7 Kopling jepit

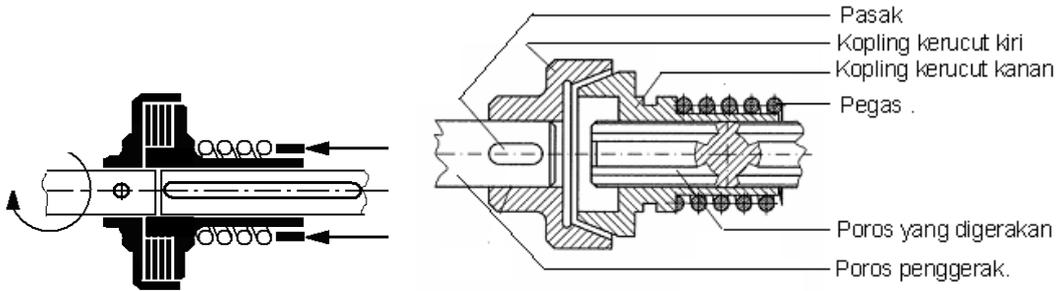
Tabel 7.5 Bentuk Dan Ukuran Kopling Jepit

Diameter d (lubang-poros)	D	p	M	b
25-30	95	130	65	25
35-40	125	160	80	30
45-50	135	190	95	35
55-60	155	220	110	40
65-70	175	250	125	45
75-80	195	280	140	50
90	220	310	160	55
100	250	340	180	60

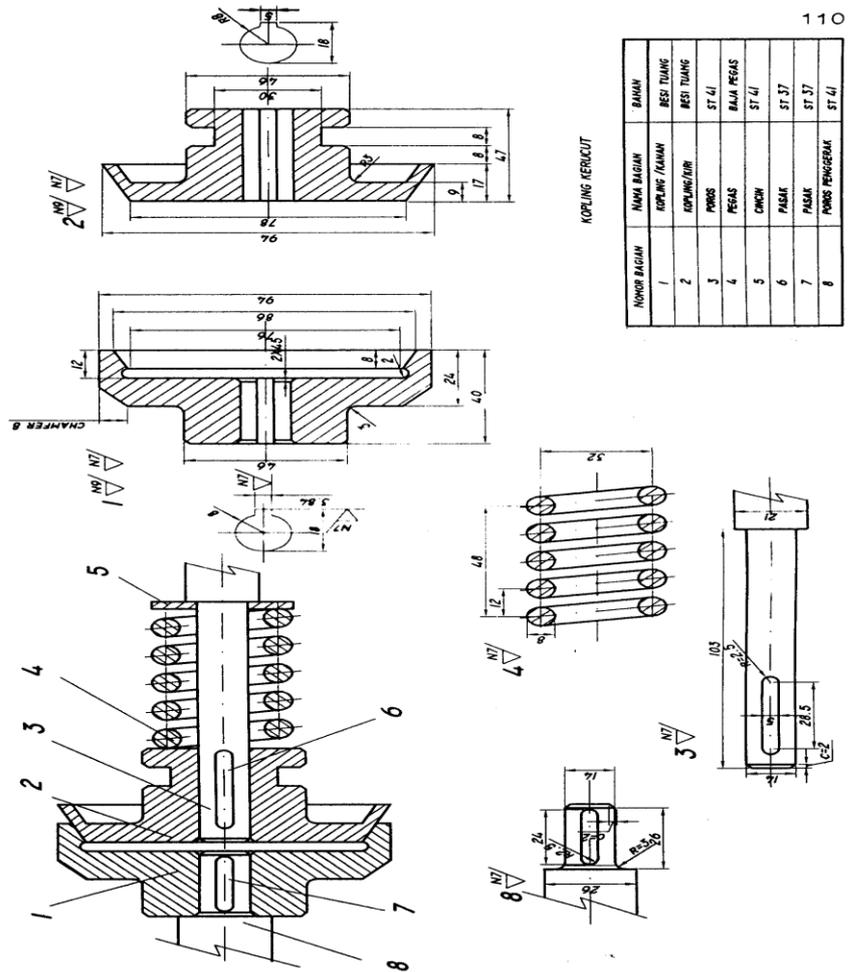
f. Kopling Tidak Tetap

Pada kopling tidak tetap yaitu hubungan antara poros penggerak dengan poros yang digerakan dapat dilepas atau dihubungkan kembali saat mesin dalam keadaan jalan atau berputar , misalnya kopling pada kendaraan saat kendaraan diam tetapi mesinnya tetap hidup . salah satu kopling tidak tetap yaitu kopling gesek . Ditinjau dari bidang geseknya , kopling gesek terdiri atas :

- Kopling gesek rata
- Kopling gesek kerucut



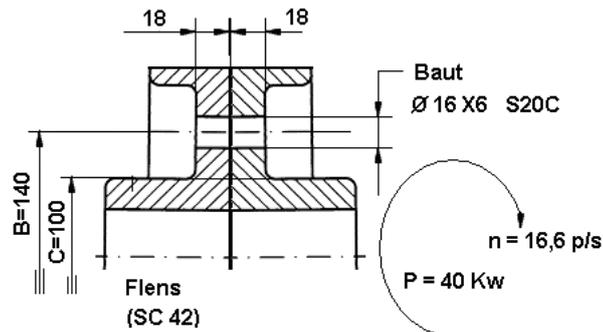
Gambar 7.8 Kopling gesek rata



Gambar 7.9 Rakitan dan detail kopling kerucut

Contoh 7.1:

Suatu kopling flens dari baja carbon SC 42 , dan bahan bautnya S20 C diketahui sebagai berikut , lihat gambar .



Gambar 7.10 Kopling flens

Diketahui :

- Jumlah baut 6 buah dengan faktor keamanan 6 dan faktor koreksi 2.
- Flens dengan faktor keamanan 6 dan faktor koreksi 2.
- Daya yang dipindahkan 40 Kw
- Putaran $n = 16,6$ p/s

Tentukan :

- Momen puntir
- Periksa tegangan yang terjadi pada baut , aman atau tidak
- Periksa tegangan geser pada flens

Penyelesaian :

Momen puntir

$$M_p = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad [\text{Nm}]$$

$$M_p = \frac{40.000}{2 \times 3,14 \times 16,6} \quad [\text{Nm}]$$

$$M_p = 383,700 \quad [\text{Nm}]$$

$$M_p = 383700 \quad [\text{Nmm}]$$

Tegangan geser yang terjadi pada baut

$$\tau_{gb} = \frac{8M_p}{\pi \cdot n_e \cdot B \cdot d_b^2} \quad \text{ukuran } d_b = 16 \text{ mm ; } n_e = 0,5 \times 6 = 3 \text{ buah}$$

$$\tau_{gb} = \frac{8 \times 383700}{3,14 \times 3 \times 140 \times 16^2} = 9,092 \quad [\text{N/mm}^2]$$

Tegangan geser pada baut yang di izinkan :

$$\bar{\tau}_{gb} = \frac{\sigma_t}{S_{fb} \cdot K_b}$$

$$\bar{\tau}_{gb} = \frac{400}{6 \times 2} = 33,3 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tegangan yang terjadi lebih rendah dari tegangan yang di izinkan , baut dalam keadaan aman .

Tegangan geser pada flens :

$$\tau_F = \frac{2 \cdot M_p}{\pi \cdot C^2 \cdot F} ; \quad \tau_F = \frac{2 \times 383700}{3,14 \times 100^2 \cdot 18} = 1,357 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tegangan geser yang di izinkan :

$$\bar{\tau}_{gF} = \frac{\sigma_t}{S_{fF} \cdot K_F} ; \quad \bar{\tau}_{gF} = \frac{420}{6 \times 2} = 35 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tegangan geser yang terjadi pada flen lebih kecil dari tegangan geser yang di izinkan , berarti flens dalam keadaan aman .

3. Rangkuman

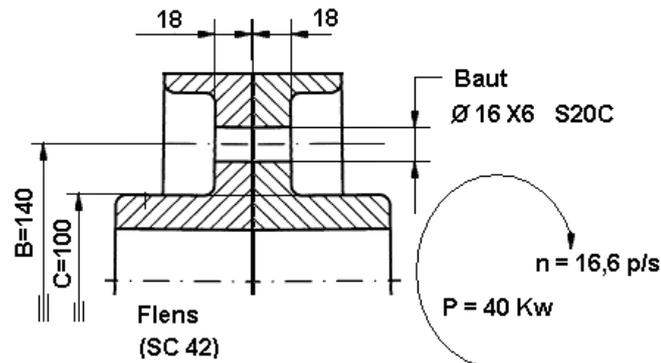
- Kopling adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menyambung dua poros, baik secara tetap maupun tidak tetap.

- Kopling tetap yaitu kopling disambung pada poros penggerak dan poros yang digerakan dalam keadaan tetap menyambung, artinya hubungan antara poros penggerak dan poros yang digerakan dapat dilepas jika mesin dalam keadaan berhenti/poros tidak berputar.
- Kopling tidak tetap yaitu hubungan antara poros penggerak dengan poros yang digerakan dapat dilepas atau dihubungkan kembali saat mesin dalam keadaan jalan atau berputar, misalnya kopling pada kendaraan, saat kendaraan diam tetapi mesinnya tetap hidup.
- Kopling tetap digunakan pada poros poros pompa, poros panjang, poros pada mesin perkakas . Dan kopling tidak tetap biasanya digunakan pada mesin mesin automotip.
- Kopling tetap terdiri atas :
 - Kopling bos dengan pasak melintang;
 - Kopling cakram
 - Kopling flens ;
 - Kopling jepit

4. Tugas

- a. Kopling dibedakan menjadi dua yaitu kopling tetap dan kopling tidak tetap, jelaskan dan sebutkan masing-masing contohnya.

- b. Suatu kopling flens dari baja carbon SC 46 , dan bahan bautnya S 40 C diketahui sebagai berikut , lihat gambar .



Gambar 7.11 Kopling flens

Diketahui :

- Jumlah baut 4 buah dengan faktor keamanan 6 dan faktor koreksi 2.
- Flens dengan faktor keamanan 6 dan faktor koreksi 2.
- Daya yang dipindahkan 30 Kw
- Putaran $n = 20$ rpm

Tentukan :

- Momen puntir
- Periksa tegangan yang terjadi pada baut , aman atau tidak
- Periksa tegangan geser pada flens

5. Tes Formatif

1. Dua poros masing masing poros penggerak dan poros yang digerakan, untuk menyambung kledua poros tersebut diperlukan alat alat / elemen mesin tertentu , sebutkan nama alat penyambung poros tersebut.
2. Apa perbedaan kopling tetap dengan kopling tidak tetap ?
3. Sebutkan macam macam bentuk kopling tetap
4. Kopling apa yang biasa digunakan pada kendaraan ?
5. Jika kopling bos pasak melintang menerima daya P dalam satuan watt dan putaran dalam satuan putaran tiap menit , berapa momen puntirnya dalam satuan (Nm).
6. Sebutkan macam macam kopling jepit dilihat dari ikatannya !
7. Sebutkan macam macam kopling gesek .
8. Tentukan ukuran ukuran kopling bos berikut jika diameter poros mempunyai ukuran 40 mm .

9. Sebutkan macam macam material / bahan untuk pembuatan kopling flens

10. Diketahui :kopling flens dengan data sebagai berikut :

- Jumlah baut 6 buah dengan faktor keamanan 6 dan faktor koreksi 2.
- Diameter baut terkecil 14 mm
- Flens dengan faktor keamanan 6 dan faktor koreksi 2.
- Daya yang dipindahkan 42 Kw
- Putaran $n = 15$ p/s

Tentukan : Momen puntirnya

I. Kegiatan Belajar 8: RANTAI DAN RODA RANTAI

1. Tujuan Pembelajaran

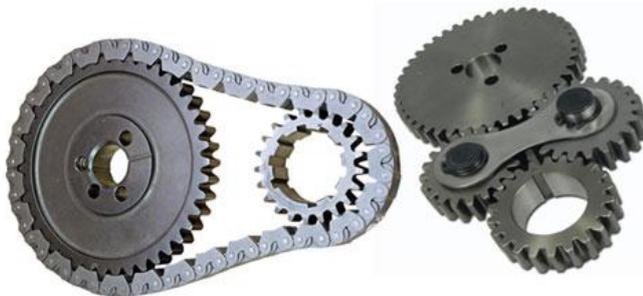
Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan fungsi rantai
- b. Menjelaskan keuntungan dan kerugian tranmsisi rantai

- c. Menjelaskan ukuran standar rantai
- d. Menjelaskan macam-macam rantai
- e. Menghitung kekuatan rantai..

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati sistem transmisi berikut atau silahkan amati sistem transmisi pada mesin-mesin disekitar anda. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan jenis dan fungsi transmisi yang ada dari hasil pengamatan.



Gambar 8.1 Sistem transmisi rantai

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai jenis dan fungsi transmisi dari hasil pengamatan, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis dan fungsi transmisi yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana sistem transmisi itu bekerja. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian, selanjutnya jelaskan bagaimana cara melakukan perhitungan dasar sistem transmisi tersebut.

Presentasikan hasil pengumpulan data-data anda, terkait dengan jenis dan fungsi transmisi yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam bidang teknik mesin

a. Fungsi Rantai

Rantai biasanya digunakan untuk memindahkan daya atau putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakan dengan posisi sumbu sumbu porosnya sejajar. Jarak antara poros satu dengan poros lainnya pada

transmisi rantai relatif lebih jauh dibandingkan dengan transmisi roda gigi , dan lebih pendek jika dibandingkan dengan transmisi roda sabuk .

b. Kebaikan Dan Kekurangan Transmisi Rantai

Sebagai kebaikan transmisi rantai dibandingkan dengan transmisi roda sabuk adalah :

- transmisi rantai dapat memindahkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan transmisi roda sabuk ,
- pada transmisi rantai tidak terjadi creep sebagai mana terjadi pada roda sabuk .

Sedangkan kekurangan dari transmisi rantai dibandingkan dengan transmisi lainnya adalah :

- Kecepatan keliling relatif terbatas .
- Suaranya berisik
- Terjadi gesekan lebih besar antara roll dan kaki-roda rantai
- Terjadi mulur akibat ausnya pen pen yang bergesekan .

c. Penggunaan Rantai

Penggunaan transmisi rantai dapat dijumpai pada :

- Speda motor
- Mesin roll
- Mesin perkakas
- Konveyor
- Alat alat angkat dan transmisi lainnya.

d. Macam Macam Rantai

Rantai terdiri atas :

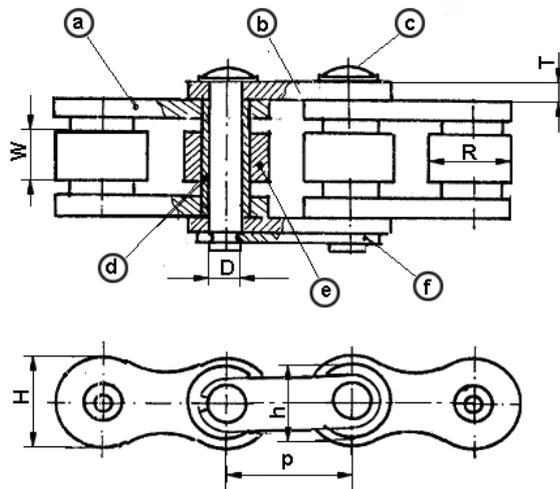
- Rantai engsel
- Rantai mata

1. Rantai engsel

a. Bahan dan bentuk rantai engsel/ roll

Rantai engsel disebut juga dengan rantai roll banyak digunakan untuk alat alat transmisi . Bahan rantai terbuat dari pelat pelat dengan pena , bus dan

roll dari bahan baja carbon atau baja chrome dengan pengerasan kulit. Rantai roll dan bagian bagiannya dapat di lihat pada gambar berikut .



Gambar 8.2 Rantai roll

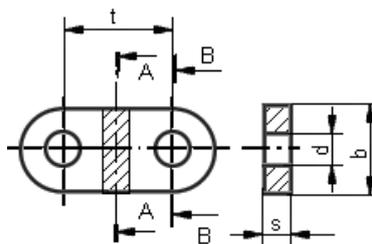
b. Ukuran rantai roll

Ukuran standar rantai roll disesuaikan dengan nomor rantai seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 8.1 Ukuran Standar Rantai Roll

No Rantai	Jarak bagi (t)	Diameter roll (R)	Lebar roll (W)	Plat mata rantai			Diameter pena (D)
				Tebal (T)	Lebar (H)	Lebar (h)	
40	12,7	7,94	7,95	1,5	12,0	10,4	3,97
50	15,875	10,16	9,53	2,0	15,0	13,0	5,04
60	19,05	11,91	12,7	2,4	18,1	15,6	5,96

c. Dasar dasar perhitungan rantai engsel /roll



Gambar 8.3 Penampang pelat rantai

1). Tegangan tarik yang terjadi pada penampang A-A

$$\sigma_{tA} = \frac{F}{2.b.s} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

2). Tegangan yang terjadi pada penampang B-B

$$\sigma_{tB} = \frac{F}{2.(b-d).s} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

3). Tegangan geser pada pen

$$\tau_g = \frac{F}{2 \frac{\pi}{4} d^2} = \frac{2F}{\pi.d^2} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Keterangan :

- d = diameter pen
- b = lebar pelat
- F = Gaya tarik
- s = Tebal pelat

4). Gaya yang bekerja pada rantai

Beban yang bekerja pada rantai dapat dihitung dengan persamaan berikut :

Jika rantai mempunyai kecepatan V yang digerakan oleh suatu daya P (Kw) , maka gaya yang bekerja pada rantai adalah :

$$F = \frac{1000.P}{V} \dots\dots\dots \text{ [N]} \text{ Dan kecepataannya : } V = \pi.D.n$$

Keterangan :

- F = Gaya keliling dalam satuan (N)
- P = Daya dalam satuan Kw
- V = Kecepatan rantai dalam satuan m/s
- D = diameter tisu roda rantai [m]
- n = putaran put/s

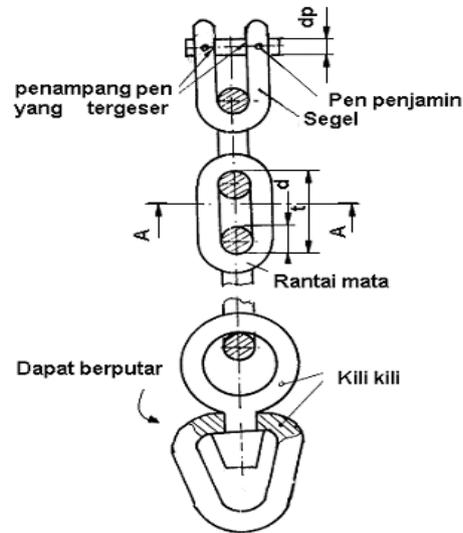
2. Rantai mata

a. fungsi dan macam macam rantai mata

Rantai mata fungsinya untuk menarik beban pada alat alat angkat , rantai mata ini terdiri atas :

- Rantai bermata pendek yaitu $t < 3d$
- Rantai mata bermata panjang yaitu $t > 3d$

Untuk menghubungkan atau menyambung rantai dengan peralatan lain , misalnya dengan kait dan semacamnya digunakan kili-kili atau segel , lihat gambar berikut .



Gambar 8.4 Rantai mata

b. Perhitungan rantai mata

Tegangan tarik pada penampang A-A

$$\sigma_t = \frac{F}{2 \frac{\pi}{4} d^2}$$

$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi \cdot d^2} \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Keterangan :

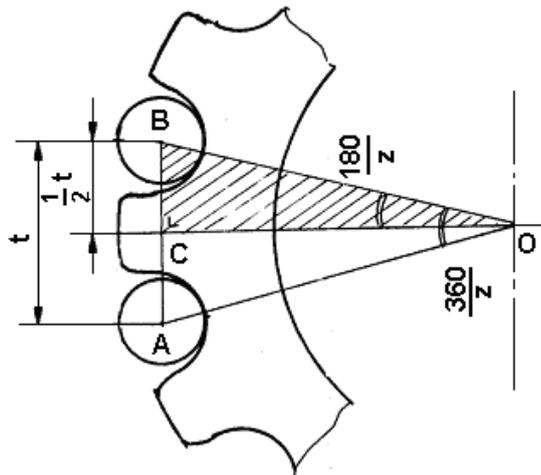
- F = Beban dalam satuan kg
- d = diameterer mata rantai dalam satuan cm
- σ_t = tegangan tarik dalam satiuan (kg/cm²)

e. Roda Rantai

1. Diameter roda rantai

Jika roda rantai mempunyai jumlah gigi z buah gigi , maka jarak antara giginya mempunyai sudut $\frac{360}{z}$, lihat gambar berikut . Bentuk roda rantai

dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 8.5 Bagian roda rantai

Lihat segitiga OCB ,

$$\sin \frac{180}{z} = \frac{\frac{1}{2}t}{R}$$

$$R = \frac{\frac{1}{2}t}{\sin \frac{180}{z}} \text{ oleh kerana } D = 2R$$

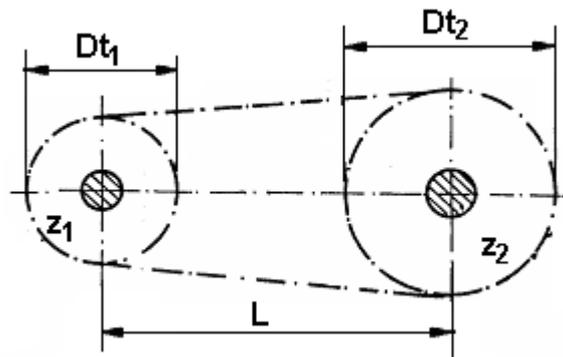
Maka :

$$D = 2 \cdot \frac{\frac{1}{2}t}{\sin \frac{180}{z}} \text{ Atau : } D = \frac{t}{\sin \frac{180}{z}}$$

Keterangan :

- D = diameter jarak bagi roda rantai [mm]
- t = Jarak antara gigi atau roll pada rantai [mm]
- z = jumlah gigi

b. Panjang rantai



Gambar 8.6 Panjang rantai

Panjang rantai dinyatakan dalam jumlah mata rantai dan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$z = \frac{2L}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{t(z_2 - z_1)^2}{39,5.L} \quad \text{[buah mata rantai]}$$

Keterangan :

- z = Jumlah mata rantai yang di butuhkan (buah)
- z_1 = Jumlah gigi kecil pada roda rantai (buah)
- z_2 = Jumlah gigi besar pada roda rantai (buah)
- L Jarak anataraporos dalam satuan mm
- t = Jarak antara roll (gigi) dalam satuan (mm)

Contoh : 8.1

Berapakah ukuran diameter lingkaran jarak bagi untuk rantai yang mempunyai jarak antara (t) = 50 mm dengan jumlah gigi $z = 30$

Penyelesaian :

$$D = \frac{t}{\sin \frac{180}{z}} = \frac{50}{\sin \frac{180}{30}} = \frac{50}{\sin .6^{\circ}} = \frac{50}{0,1045} = 478,47 \quad \text{[mm]}$$

Contoh 8.2

Berapakah ukuran jarak antara roll dan diameter lingkaran jarak bagi untuk rantai no 60 yang mempunyai jumlah gigi $z_1 = 23$ buah

Jawaban :

- Jarak antara roll lihat tabel $t = 19,05$ mm
- Diameter roda rantai

$$D_{t1} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_1}} = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{23}} = 139,9 \text{ mm dibulatkan } 140 \text{ mm}$$

Contoh 8.3

Suatu transmisi roda rantai diketahui :

- Jumlah gigi pada roda gigi kecil $z_1 = 23$ buah
- Jumlah gigi pada roda gigi besar $z_2 = 27$ buah
- Jarak antara poros $L = 3.Dt_2$
- Rantai yang akan dipakai adalah no 60
- Gaya maksimum pada rantai 700 kg

Tentukan :

- Tegangan geser pada pen dalam satuan [N/mm²]
- Tegangan tarik pada pelat dalam satuan [N/mm²]
- Diameter jarak bagi roda rantai kecil dan besar
- Panjang (jumlah mata rantai) yang di butuhkan
- Daya dari transmisi rantai tersebut jika putaran 10 p/s

Penyelesaian :

Dari tabel untuk rantai standar no 60 , diketahui :

Diameter pen 5,96 [mm] ; jarak antara roll 19,05 mm tebal pen 5,96 mm .

Jarak antara roll 19,05 mm tebal pelat 2,4 mm dan tinggi 15,6 (lihat gambar berikut)

1). Tegangan yang terjadi pada penampang B-B

$$\sigma_{tB} = \frac{F}{2.(b-d).s} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{tB} = \frac{7000}{2.(15,6-5,96).2,4} = 151,28 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

2). Tegangan geser pada pen

$$\tau_g = \frac{F}{2 \frac{\pi}{4} d^2} = \frac{2F}{\pi.d^2} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_g = \frac{F}{2 \frac{\pi}{4} d^2} = \frac{2F}{\pi.d^2} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_s = \frac{2 \times 7000}{3,14 \cdot (5,96)^2} = 125,52 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

3). Diameter roda rantai

$$D_{t1} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_1}} = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{23}} = 139,9 \text{ mm dibulatkan } 140 \text{ mm}$$

$$D_{t2} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_2}} = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{27}} = 164,09 \text{ dibulatkan } 164 \text{ mm}$$

4). Jumlah mata rantai yang dibutuhkan :

$$z = \frac{2L}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{t(z_2 - z_1)^2}{39,5 \cdot L}$$

$$z = \frac{2 \times 492}{19,05} + \frac{23 + 27}{2} + \frac{19,05(27 - 23)^2}{39,5 \times 492}$$

$$Z = 51,654 + 25 + 0,016 = 76,67 \text{ dibulatkan } = 77 \text{ buah}$$

5). Daya maksimum yang dapat dipindahkan :

$$P = F \cdot V$$

$$\text{Dan kecepatan } V = \pi D_{t1} \cdot n_1 = 3,14 \times 0,140 \times 10 = 4,396 \text{ m/s}$$

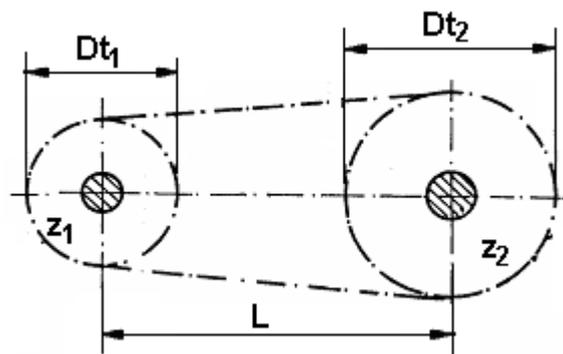
$$P = 7000 \times 4,396 = 30772 \text{ watt}$$

$$P = 30,778 \text{ Kw.}$$

3. Rangkuman

- Rantai digunakan untuk memindahkan daya atau putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakan.
- Jarak antara poros satu dengan poros lainnya pada transmisi rantai relatip lebih jauh dibandingkan dengan transmisi roda gigi , dan lebih pendek jika dibandingkan dengan transmisi roda sabuk.
- Kelebihan transmisi rantai dibandingkan dengan transmisi roda sabuk adalah :
 - transmisi rantai dapat memindahkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan transmisi roda sabuk,
 - pada transmisi rantai tidak terjadi creep sebagai mana terjadi pada roda sabuk
- Sedangkan kekurangan dari transmisi rantai dibandingkan dengan transmisi lainnya adalah :
 - kecepatan keliling relatip terbatas .
 - suaranya berisik
 - terjadi gesekan lebih besar antara roll dan kaki-roda rantai
 - terjadi mulur akibat ausnya pen pen yang bergesekan .
- Macam-macam rantai terdiri atas :
 - Rantai engsel
 - Rantai mata
- Panjang rantai dinyatakan dalam jumlah mata rantai dan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$z = \frac{2L}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{t(z_2 - z_1)^2}{39,5.L}$$



4. Tugas

a. Jelaskan keuntungan dan kerugian menggunakan rantai sebagai sistem transmisi

b. Suatu transmisi roda rantai diketahui :

- Jumlah gigi pada roda gigi kecil $z_1 = 23$ buah
- Jumlah gigi pada roda gigi besar $z_2 = 27$ buah
- Jarak antara poros $L = 3.Dt_2$
- Rantai yang akan dipakai adalah no 50
- Gaya maksimum pada rantai 700 kg

Tentukan :

- Tegangan geser pada pin dalam satuan [N/mm²]
- Tegangan tarik pada pelat dalam satuan [N/mm²]
- Diameter jarak bagi roda rantai kecil dan besar
- Panjang (jumlah mata rantai) yang di butuhkan
- Daya dari transmisi rantai tersebut jika putaran 10 p/s

5. Tes Formatif

1. Apa gunanya rantai ?
2. Tuliskan contoh penggunaan rantai !
3. Tuliskan macam macam rantai !
4. Berapa ukuran standar rantai nomor 60 ?, gambarkan !
5. Suatu rantai no 50 (lihat tabel),Diketahui : Beban tarik $F = 1570$ N . Hitunglah : tegangan tarik pada penampang terkecil dan Tegangan geser pada pin .
6. Beban tarik pada rantai $F = 1000$ N . dengan kecepatan 2 m/s , Hitunglah dayanya !
7. Hitunglah diameter roda rantai yang mempunyai jumlah gigi 27 gigi jika jarak bagi $p = 12,7$ mm .
8. Suatu motor penggerak mempunyai daya 3 Kw dengan kecepatan 2 m/s , hitunglah gaya keliling yang bekerja pada rantai .
9. Apa gunanya rantai mata ?
10. Rantai mata diketahui : tegangan tarik yang di izinkan 1000 kg/cm² , diameter mata rantai 0,6 cm . Berapa kg beban maksimum yang di perbolehkan ?

J. Kegiatan Belajar 9: RODA GIGI

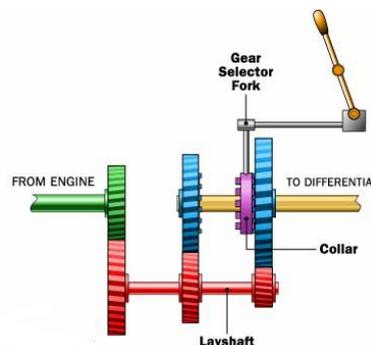
1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- Menjelaskan macam macam roda gigi
- Menjelaskan fungsi roda gigi
- Menjelaskan bahan roda gigi
- Menjelaskan bagian bagian roda gigi
- Menghitung kekuatan roda gigi

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati foto mekanisme transmisi pada kendaraan bermotor berikut atau silahkan mengamati sistem transmisi pada mesin perkakas yang ada dibengkel sekolah.



Gambar 9.1 Tranmsisi roda gigi

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai meknisme sistem transmisi pada gambar diatas atau pada mesin perkakas yang ada disekolah, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesma teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis tranmsisi yang ada pada gambar tersebut atau pada mesin perkakas.

Selanjutnya jelaskan bagaimana mekanisme sistem tranmsisi itu bekerja dan jelaskan sistem transmisi yang digunakan. Apabila anda telah melakukan pendeskripsian, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitung mekanisme perbandingan sistem transmisi tersebut

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis dan fungsi sambungan yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan

a. Fungsi Roda Gigi

Roda gigi adalah komponen komponen mesin mesin yang berfungsi untuk memindahkan daya atau putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakan dengan perantaraan gigi gigi yang menekan pada roda gigi lain secara berurutan . Pemindahan gerak dengan roda gigi lebih baik jika dibandingkan dengan pemindahan daya dengan sistem gesekan , misalnya dengan roda gesek atau ban mesin.

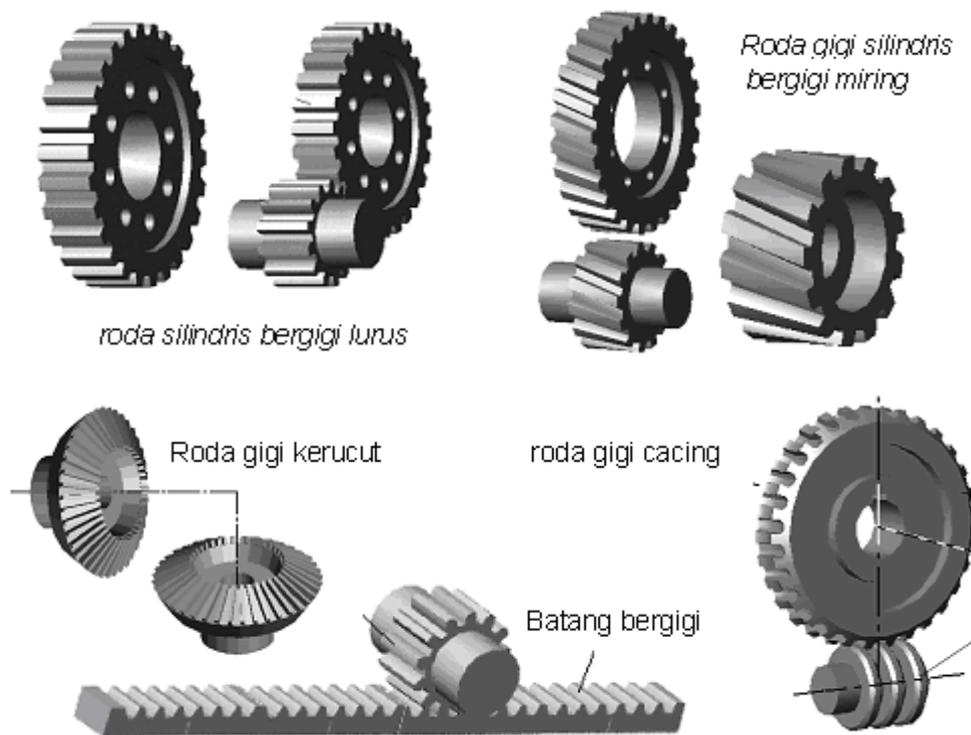
Roda gigi dahulu dibuat dengan cara dituang saja , dan hasilnya cukup memuaskan pada waktu itu. Roda gigi untuk keperluan pemindahan tenaga secara modern, harus mempunyai kemampuan untuk menahan tenaga yang lebih besar dengan kecepatan yang tinggi , sehingga perlu diperhatikan mengenai bentuk gigi , sitem pemotongan , bahan , pengolahan panas , dan pelumasannya .

Roda gigi dapat digunakan untuk pemindah tenaga atau putaran pada mesin mesin industri , kendaraan , pesawat terbang , mesin perkakas atau alat alat pengukur kecepatan dan alat alat angkat .

b. Macam Macam Roda Gigi

Ditinjau dari kedudukan sumbu poros penggerak dan sumbu yang digerakannya , roda gigi terdiri atas :

- Roda gigi silindris
- Roda gigi kerucut
- Roda gigi cacing
- Batang bergigi
- Roda gigi dalam



Gambar 9.2 Macam macam roda gigi

c. Bahan Roda Gigi

Roda gigi dapat dibuat dari bahan besi cor , Baja cor , baja carbon , baja paduan dengan pengerasan , baja paduan nikel , perunggu dan dari bahan lainnya disesuaikan dengan kebutuhan dan kekuatan yang diinginkan dari transmisi roda gigi tersebut . Dibawah ini adalah bahan roda gigi serta simbol dan kekuatan terhadap bengkokan.

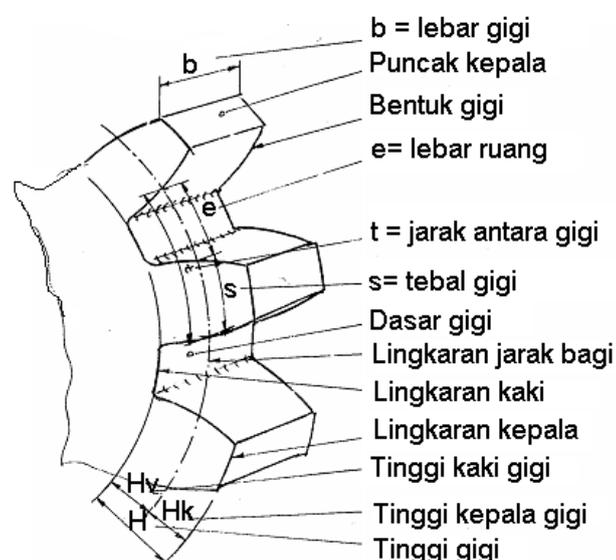
Tabel 9.1 Bahan Roda Gigi

Bahan	Lambang	Tegangan bengkok yang di izinkan [N/mm ²]
Besi cor	FC 15	70
	FC 20	90
	FC 25	110
	FC 30	130
Baja cor	SC 42	120
	SC 46	190
	SC49	200
Baja Carbon	S 25	210
	S 35	260

Bahan	Lambang	Tegangan bengkok yang di izinkan [N/mm^2]
	S 45	300
Baja Paduan dengan Pengerasan	S 15 CK	300
Baja Carbon Nikel	SNC 21	350 – 400
	SNC 22	400 – 550
	SNC 1	350 – 400
	SNC 2	400 – 600
	SNC 3	400 – 600
Perunggu		50
Perunggu phosphor		50-70
Perunggu Nikel		200-300
Bahan lainnya	GG 195	40
	GG 215	90
	Fe 490	100
	Fe 590	120
	Fe 690	140
	G.Sn 12	70

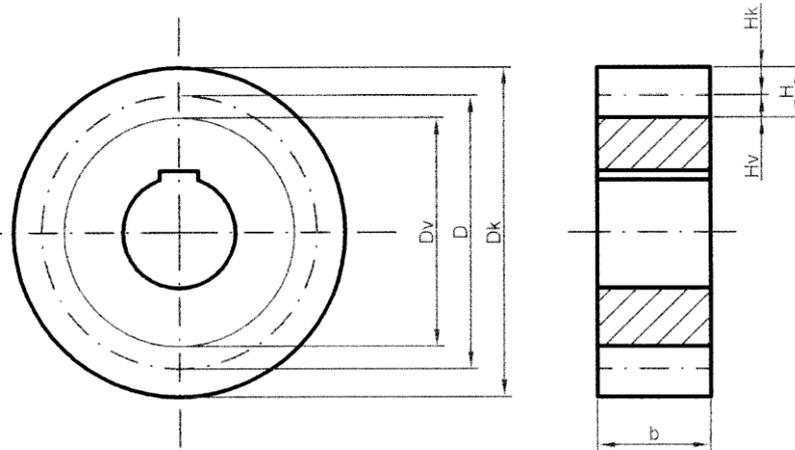
d. Bagian Bagian Roda Gigi

Nama bagian bagian atau nomenklatur dari roda gigi dapat dilihat pada gambar berikut .



Gambar 9. 3 Bagian bagian roda gigi

e. Perhitungan Roda Gigi Lurus



Gambar 9. 4 Roda gigi lurus

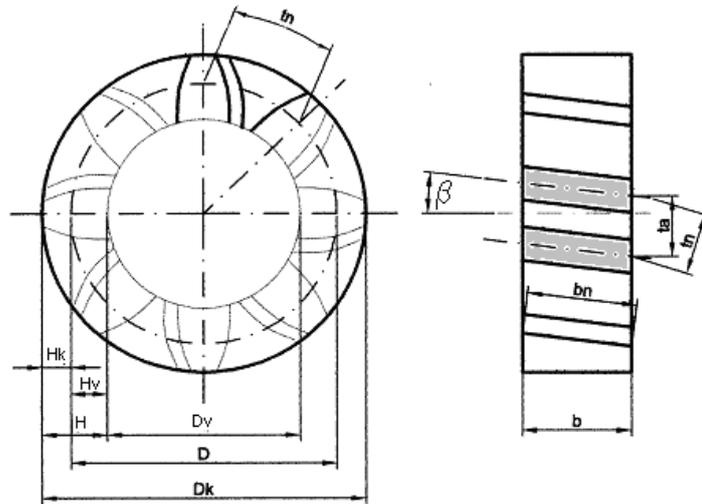
Tabel 9.2 Rumus Rumus Roda Gigi Lurus

No	Nama	Simbol	Rumus
1	Modul	m	$m = \frac{t}{z}$ $m = \frac{D}{z}$
2	Diameter jarak bagi	D_t	$D_t = z.m$
3	Diameter kepala	D_k	$D_k = D_t + 2m$ $D_k = m(z+2)$
4	Diameter kaki	D_v	$D_v = D_t - 2,5 m$ $D_v = m(z - 2,5)$
5	Tinggi kepala gigi	H_k	$H_k = 1.m$
6	Tinggi kaki gigi	H_v	$H_v = 1,25.m$
7	Tinggi gigi	H	$H = H_v + H_k$ $H = 2,25 m$
8	Jarak antara poros	T	$T = \frac{D_{t_1} + D_{t_2}}{2}$

9	Angka transmisi	i	$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Dt_2}{Dt_1} = \frac{z_2}{z_1}$
---	-----------------	-----	---

f. Roda Gigi Miring (*Helix*)

Bagian bagian utama dari roda gigi helix dapat dijelaskan dengan gambar berikut :



Gambar 9.5 Ukuran ukuran utama roda gigi miring (helix)

Keterangan gambar :

- D = Diameter jarak bagi [mm]
- D_v = Diameter kaki gigi [mm]
- D_k = Diameter kepala gigi [mm]
- H = Tinggi kaki gigi [mm]
- H_v = Tinggi kaki gigi [mm]
- H_k = Tinggi kepala gigi [mm]
- β = Sudut kemiringan gigi / penyetulan [°]
- t_a = jarak antara busur gigi, diukur dari kedua alas ke keliling roda gigi [mm]
- t_n = Jarak antara busur gigi normal
- b = lebar gigi [mm]
- b_n = lebar gigi normal [mm]

Ukuran ukuran utama yang perlu diketahui dan dihitung pada pembuatan roda gigi miring/helix yaitu terdiri atas :

- Modul gigi
- Ukuran ukuran utama roda gigi .

- Jarak antara poros
- Sudut gigi atau disebut juga dengan sudut penyetulan saat pembuatan roda gigi.
- Angka transmisi , untuk roda gigi yang berpasangan .

1. Modul gigi

Modul pada roda gigi normal terdiri atas :

- Modul normal
- Modul arah

a. Modul Normal

Modul Normal yaitu perbandingan antara jarak busur gigi normal dengan koefisien n , atau dapat di tulis :

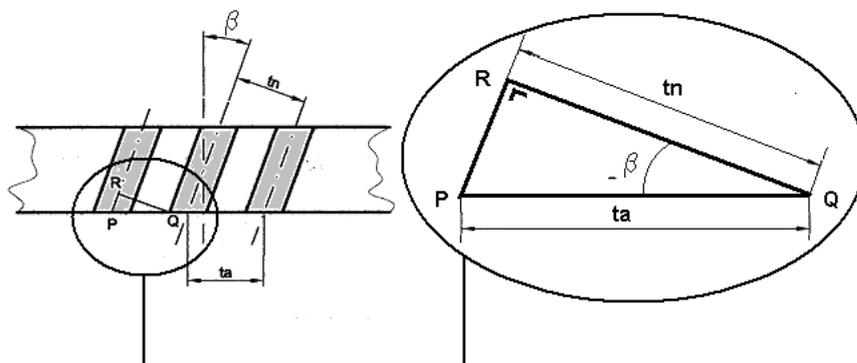
$$m_n = \frac{t_n}{\pi}$$

b. Modul arah

Modul arah yaitu perbandingan antara jarak busur gigi ke arah keliling dengan π atau dapat ditulis

$$m_a = \frac{t_a}{\pi}$$

Keterangan lihat gambar berikut



Gambar 9.6 Modul normal roda gigi helix

Hubungan m_n dengan m_a .

Lihat segitiga PQR pada gambar di atas :

$$t_n = t_a \cdot \cos \beta .$$

Dari persamaan $m_n = \frac{t_n}{\pi}$ dan $m_a = \frac{t_a}{\pi}$ diperoleh :

$$m_n = \frac{t_n}{\pi} = \frac{t_a \cos \beta}{\pi} \quad \text{dan} \quad m_n = m_a \cos \beta \quad \text{atau} \quad m_a = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

Keterangan

m_n = Modul normal

m_a = modul arah

t_n = Jarak antara busur gigi normal

t_a = Jarak antara busur gigi ke arah keliling roda gigi

β = Sudut gigi penyetelan .

2. Ukuran ukuran utama roda gigi

Ukuran ukuran utama dari roda gigi terdiri atas

- Diameter jarak bagi (D)
- Diameter kepala (Dk) .
- Diameter Kaki gigi (Dv)
- Tinggi gigi kepala gigi (Hk)
- Tinggi kaki gigi (Hv)
- Tinggi gigi (H)

a. Diameter Jarak bagi (D)

Diameter jarak bagi D dihitung berdasarkan jumlah gigi z , modul , dan sudut gigi yaitu dengan persamaan :

$$D = z \cdot m_a \quad \text{atau} \quad D = \frac{z \cdot m_n}{\cos \beta}$$

Keterangan :

D = diameter jarak bagi dalam satuan [mm]

z = jumlah gigi

m_n = Modul normal

m_a = modul arah

β = Sudut gigi penyetelan .

b. Tinggi kepala gigi Hk

$Hk = 1 \cdot m_n$

Keterangan :

H_k = Tinggi kepala gigi [mm]

m_n = modul normal [mm]

c. Tinggi kaki gigi H_v

Tinggi gigi diukur dari lingkaran jarak bagi sampai dengan lingkaran dasar (kaki gigi) , kaki gigi disebut juga dedendum.

Menurut standar NEN

$$H_v = 1,25.m_n$$

Menurut standar DIN

$$H_v = 1\frac{1}{6}.m_n = 1,166m_n$$

d. Tinggi gigi H

$$H = H_k + H_v$$

Menurut standar NEN

$$H = 1.m_n + 1,25 m_n$$

$$H = 2,25 m_n$$

Menurut standar DIN

$$H = 1. m_n + 1,166 m_n$$

$$H = 2,166 m_n$$

e. Diameter kepala (D_k)

Diameter kepala atau diameter luar dari roda gigi dihitung dengan persamaan berikut :

$$D_k = D + 2. H_k$$

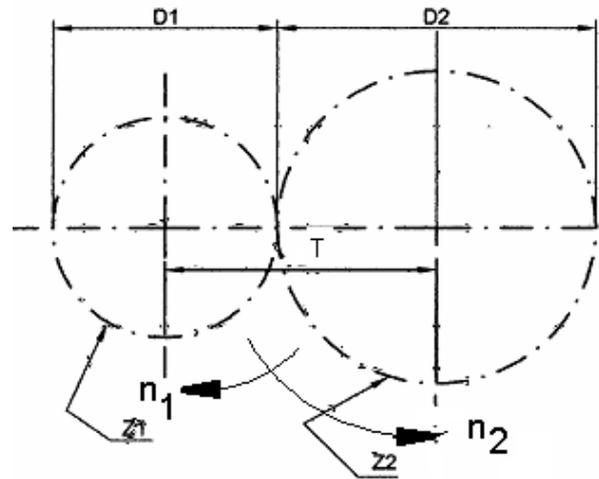
$$D_k = D + 2. m_n$$

$$D_k = \frac{z.m_n}{\cos\beta} + 2.m_n$$

$$D_k = m_n \left(\frac{z}{\cos\beta} + 2 \right)$$

3. Jarak antara sumbu

Untuk roda gigi yang berpasangan , jarak antara kedua sumbunya dihitung berdasarkan lingkaran jarak bagi yang bersinggungan satu dengan yang lainnya , lihat gambar berikut :



Gambar 9. 7 Jarak antara sumbu

Jarak antara sumbunya adalah :

$$T = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad \text{Jika : } D_1 = z_1 \cdot m_a \text{ dan } D_2 = z_2 \cdot m_a, \text{ maka}$$

$$T = \frac{z_1 m_a + z_2 m_a}{2}$$

$$\text{Oleh karena } m_a = \frac{m_n}{\cos \beta} \text{ Maka : } T = m_n \frac{(z_1 + z_2)}{2 \cos \beta}$$

4. Sudut gigi

Sudut gigi disebut juga sudut penyetulan meja frais , dan dihitung dengan persamaan :

$$\cos \beta = \frac{m_n}{m_a} \text{ dan } \cos \beta = \frac{t_n}{t_a}$$

Sudut β antara 10° sampai dengan 25° .

5. Angka transmisi (i)

Angka transmisi yaitu perbandingan putaran roda gigi penggerak (roda gigi kecil) dengan putaran roda gigi yang digerakan (roda gigi besar) dan dihitung dengan persamaan :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

Keterangan :

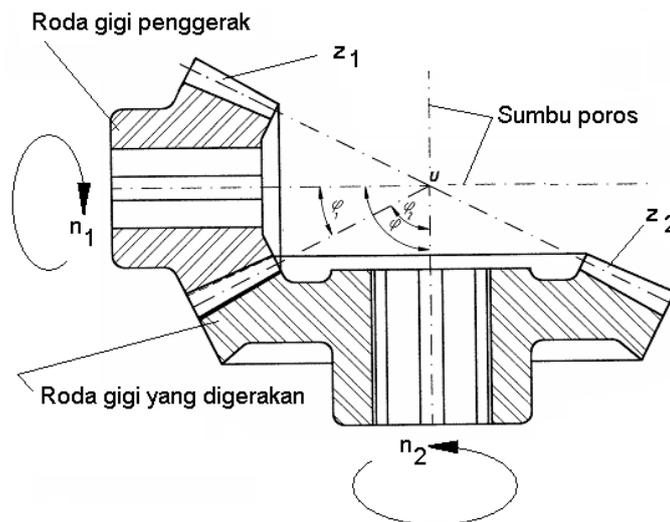
i = Angka transmisi

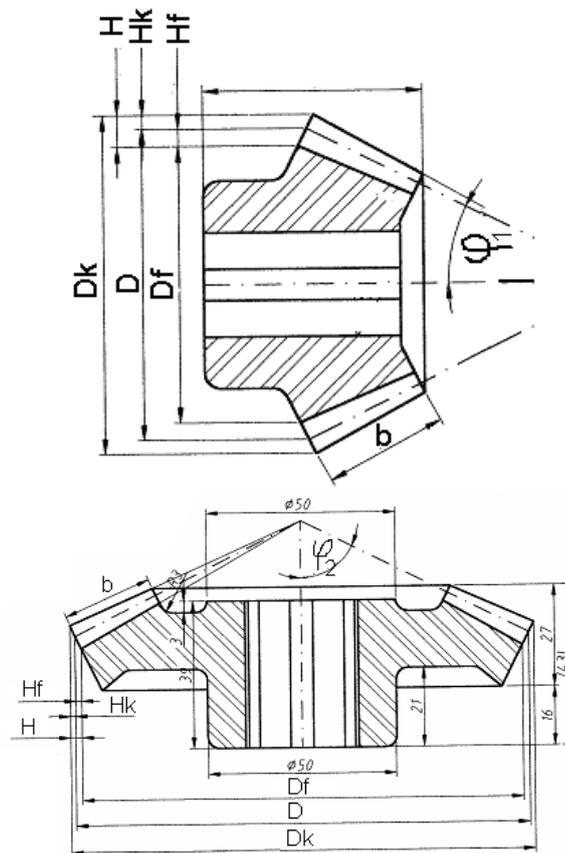
- n_1 = Putaran poros penggerak
- n_2 = Putaran poros yang digerakan
- D_2 = Diameter jarak bagi roda gigi yang digerakan
- D_1 = Diameter jarak bagi roda gigi penggerak
- z_1 = Jumlah gigi pada roda gigi penggerak
- z_2 = Jumlah gigi pada roda gigi yang digerakan

g. Roda Gigi Kerucut

Roda gigi kerucut disebut juga roda gigi konis, tirus atau roda gigi payung . Sepasang roda gigi kerucut terdiri atas roda gigi penggerak dan roda gigi yang digerakan , roda gigi penggerak atau roda gigi kecil mempunyai sudut ketirusan $<90^\circ$, sedangkan untuk roda gigi besar mempunyai sudut ketirusan $>90^\circ$.

Roda gigi kerucut dibuat dari bahan baja dengan proses pemesinan , yaitu proses pembubutan untuk mengerjakan bentuk dasar kemudian proses pengefraisan yaitu untuk membuat alur alur gigi sehingga didapat bentuk roda gigi kerucut . Bentuk dan bagian bagian utama dari roda gigi kerucut atau roda gigi payung dapat dijelaskan dengan gambar berikut :





Gambar 9.8 Roda gigi penggerak dan roda gigi yang digerakan

Keterangan gambar :

- n_1 = putaran roda gigi penggerak atau roda gigi kecil [rpm]
- n_2 = putaran roda gigi yang digerakkan [Rpm]
- z_1 = Jumlah gigi pada roda gigi penggerak
- z_2 = Jumlah gigi pada roda gigi yang digerakan
- φ_1 = sudut kerucut roda gigi peggerak [°]
- φ_2 = sudut kerucut roda gigi yang digerakkan [°]
- φ = Sudut antara poros [°]
- D = Diameter jarak bagi [mm]
- D_k = Diameter lingkaran kepala [mm]
- D_f = Diameter lingkaran kaki [mm]
- H = Tinggi gigi diukur tegak lurus sumbu [mm]
- H_k = Tingggi kepala gigi diukur tegak lurus sumbu [mm]
- H_f = Tinggi kaki gigi diukur tegak lurus sumbu [mm]
- h = Tinggi gigi diukur tegak lurus gigi [mm]
- h_k = tinggi kepala gigi diukur tegak lurus gigi [mm]

- h_f = tinggi kaki gigi diukur tegak lurus gigi [mm]
- b = lebar gigi [mm]
- m = Modul gigi [mm]

Untuk menentukan ukuran utama roga gigi tirus bergigi lurus harus dihitung berdasarkan :

- Modul gigi
- Angka transmisi
- Sudut antara sumbu
- Ukuran ukuran roda gigi
-

1. Modul gigi

Modul gigi untuk roda gigi kerucut atau roda gigi payung yaitu lingkaran jarak bagi paling besar dibagi dengan jumlah gigi atau dapat ditulis :

$$m = \frac{D_1}{z_1} = \frac{t}{\pi}$$

Keterangan :

M = modul gigi [mm]

D_1 = Diameter jarak bagi [mm].

Z_1 = Jumlah gigi .

Index 1 untuk roda gigi kecil dan index 2 untuk roda gigi besar .

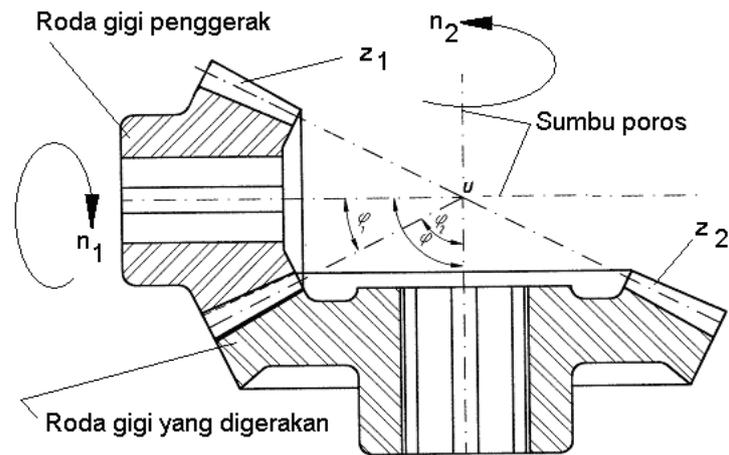
2. Angka transmisi

Angka transmisi yaitu perbandingan antara putaran roda gigi penggerak dengan putaran roda gigi yang digerakan , jika roda gigi penggerak mempunyai putaran n_1 putaran tiap menit dan roda gigi yang digerakkan mempunyai putaran n_2 putaran permenit maka angka transmisinya adalah :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

Keterangan :

Lihat gambar halaman berikut



Gambar 9. 9 Sepasang roda gigi kerucut

- i = angka transmisi
- n_1 = putaran roda gigi penggerak [rpm]
- n_2 = putaran roda gigi yang digerakkan [rpm]
- D_1 = Diameter jarak bagi roda gigi penggerak [mm]
- D_2 = Diameter jarak bagi roda gigi yang digerakkan ... [mm]
- z_1 = Jumlah gigi pada roda gigi penggerak
- z_2 = Jumlah gigi pada roda gigi yang digerakkan

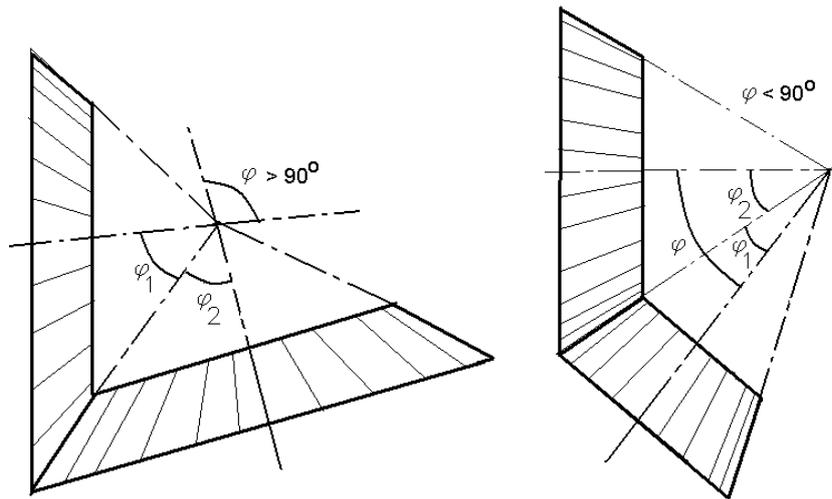
3. Sudut antara poros

sumbu antara poros roda gigi penggerak dengan sumbu roda gigi yang digerakkan saling berpotongan pada suatu titik dan mempunyai sudut tertentu yaitu sudut 90° , membentuk sudut tumpul ($> 90^\circ$) dan membentuk sudut lancip ($< 90^\circ$).

Besarnya sudut perpotongan antar kedua sumbu poros yang mempunyai sudut $\varphi < 90^\circ$ dan $\varphi > 90^\circ$ adalah :

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

Lihat gambar berikut :



Gambar 9. 10 Sepasang roda gigi

Keterangan :

φ_1 = sudut kerucut roda gigi kecil

φ_2 = sudut kerucut roda gigi besar

φ = Jumlah sudut kerucut roda gigi kecil dan besar atau sudut perpotongan sumbu .

Sudut kerucut roda gigi kecil φ_1 dihitung dengan persamaan :

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\operatorname{Sin} \varphi}{i + \operatorname{Cos} \varphi}$$

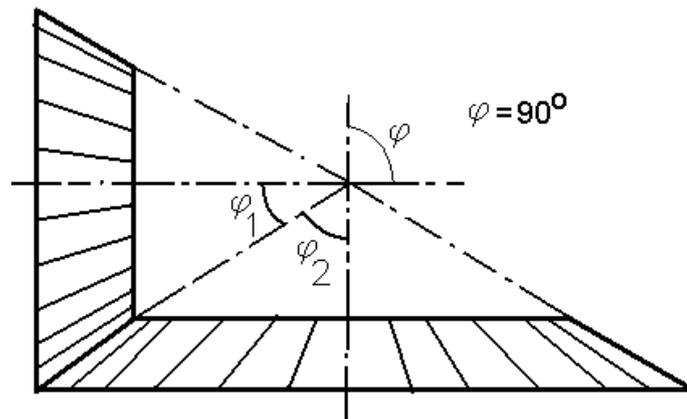
Untuk roda gigi kerucut yang perpasangan dengan sumbu sudut perpotongan $\varphi = 90^\circ$ maka sudut kerucut roda gigi kecil menjadi :

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\operatorname{Sin} 90^\circ}{i + \operatorname{Cos} 90^\circ} = \frac{1}{i + 0} = \frac{1}{i}$$

Atau

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{1}{i}$$

Lihat gambar berikut :



Gambar 9. 11 Sudut perpotongan roda gigi kerucut

Keterangan :

φ = Sudut perpotongan sumbu / poros

φ_1 = sudut kerucut roda gigi kecil

i = angka transmisi

4. Ukuran ukuran utama roda gigi kerucut

Ukuran ukuran utama roda gigi kerucut antara lain terdiri atas :

- Diameter jarak bagi
- Diameter kepala gigi
- Diameter kaki gigi
- Tinggi kepala gigi
- Tinggi kaki gigi
- Tinggi gigi
- Panjang kerucut gigi
- Sudut kerucut kepala
- Sudut kerucut kaki gigi
- Tinggi kepala terpancung
- Jarak antara lingkaran tusuk kepala dengan lingkaran luar

a. Diameter jarak bagi

Diameter jarak bagi dihitung dengan persamaan :

$$D_1 = z_1 \cdot m$$

b. Diameter kepala gigi (D_k)

Diameter kepala gigi (D_k) dihitung dengan persamaan :

$$D_{k1} = D_1 + 2m \cdot \cos \varphi_1$$

c. Diameter kaki gigi (D_f)

Diameter kaki gigi menurut standar NEN adalah :

$$D_{f1} = D_1 - 2,5 m \cos \varphi_1$$

Sedangkan menurut standar DIN Diameter kaki gigi adalah :

$$D_{f1} = D_1 - 2,333 m \cos \varphi_1$$

Keterangan

D_1 = Diameter jarak bagi roda gigi penggerak [mm]

z_1 = Jumlah gigi pada roda gigi penggerak

m = modul gigi

D_{k1} = Diameter kepala gigi roda gigi penggerak [mm]

D_{f1} = Diameter kaki gigi roda gigi penggerak [mm]

φ_1 = sudut kerucut roda gigi penggerak [o]

Indeks 1 untuk roda gigi penggerak dan indeks 2 untuk roda gigi yang digerakkan .

d. Tinggi kepala gigi (h_{k1})

Tinggi gigi yang diukur tegak lurus gigi yaitu (h_{k1})

$$h_{k1} = 1. m$$

Tinggi gigi yang diukur tegak lurus sumbu poros adalah (H_{k1})

$$H_{k1} = m \cdot \cos \varphi_1$$

Tinggi kaki gigi menurut standar NEN

$$h_{f1} = 1,25 m$$

$$H_{f1} = 1,25 m \cdot \cos \varphi_1$$

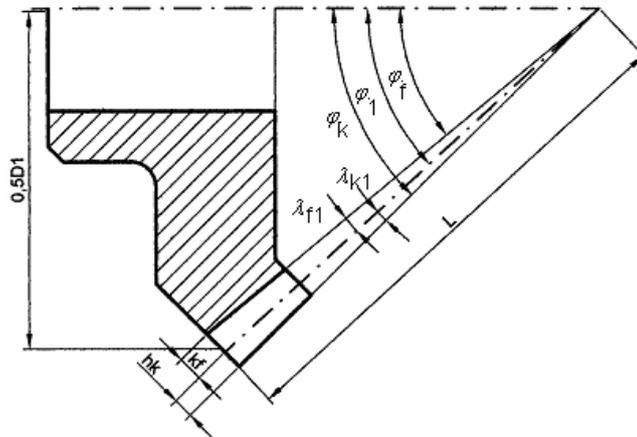
Tinggi gigi menurut standar DIN

$$h_{f1} = 1,166m$$

$$H_{f1} = 1,166m \cdot \cos \varphi_1$$

e. Panjang kerucut gigi (L)

Panjang kerucut gigi yaitu panjang yang diukur dari perpotongan sumbu poros sampai dengan ujung lingkaran tusuk bagian luar , lihat gambar berikut



Gambar 9.12 Panjang kerucut gigi

Untuk menentukan ukuran panjang kerucut gigi dapat dilihat pada gambar di atas yaitu diturunkan berdasarkan persamaan berikut :

$$\sin \varphi_1 = \frac{0,5D_1}{L}$$

Kita ketahui bahwa $D_1 = z_1 \cdot m$, sehingga

$$\sin \varphi_1 = \frac{0,5 \cdot z_1 \cdot m}{L} = \frac{z_1 \cdot m}{2L}$$

Atau

$$L = \frac{z_1 \cdot m}{2 \cdot \sin \varphi_1}$$

Lihat pula gambar di atas

$$\text{Tg} \gamma_{k1} = \frac{h_k}{L} = \frac{m}{L} \text{ maka}$$

$$L = \frac{m}{\text{Tg} \gamma_{k1}}$$

f. Sudut kerucut kepala (φ_k),

Sudut kerucut kepala perlu diketahui yaitu untuk keperluan pembuatan bahan dasar roda gigi kerucut yang dikerjakan pada mesin bubut yaitu pekerjaan membubut konis .

Sudut kerucut kepala ditentukan dengan cara dihitung terlebih dahulu . lihat gambar di atas

Besarnya sudut kepala φ_k yaitu :

$$\varphi_{k1} = \varphi_1 + \gamma_{k1}$$

Sudut kerucut kaki :

$$\varphi_{f1} = \varphi_1 - \gamma_{f1}$$

g. Sudut kaki gigi

Sudut kaki gigi diperlukan yaitu untuk penyetelan sudut putar pada kepala pembagi , yaitu untuk keperluan pengefraisan . Untuk menentukan ukuran sudut kaki gigi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Tg\gamma_f = \frac{h_f}{L} = \frac{1,25.m}{L}$$

Sudut kepala gigi

$$Tg\gamma_k = \frac{h_k}{L} = \frac{m}{L}$$

Sudut kaki gigi menurut NEN

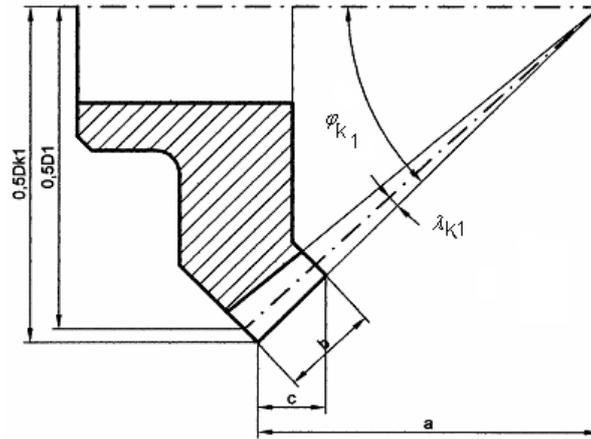
$$Tg\gamma_f = 1,25Tg\gamma_k \quad \text{dan} \quad Tg\gamma_{f1} = \frac{2,5 \sin \varphi_1}{z_1}$$

Sudut kaki gigi menurut standar DIN

$$Tg\gamma_f = 1,166Tg\gamma_k \quad \text{dan} \quad Tg\gamma_{f1} = \frac{2,33 \sin \varphi_1}{z_1}$$

h. Tinggi kepala terpancung

Tinggi kepala terpancung yaitu ukuran horizontal yang dibatasi dari ujung kepala gigi bagian luar dan bagian dalam , panjang c pada gambar berikut adalah tinggi kepala terpancung .



Gambar 9.13 Tinggi kepala terpancing

Untuk menentukan ukuran tinggi kepala terpancing dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

Lihat gambar di atas

$$\frac{b}{\cos \gamma_{k1}} = \frac{c}{\cos \varphi_{k1}} \text{ maka}$$

$$c = \frac{b \cdot \cos \varphi_{k1}}{\cos \gamma_{k1}}$$

i. Tinggi kerucut kepala :

Tinggi kerucut kepala adalah ukuran horizontal dari perpotongan sumbu sampai dengan ujung kepala gigi bagian luar .

Untuk menentukan ukuran kerucut kepala dapat ditentukan dengan persamaan-persamaan berikut :

$$\cot \varphi_{k1} = \frac{a}{0,5D_{k1}} \text{ maka :}$$

$$a = 0,5D_{k1} \cdot \cot \varphi_{k1} - \text{ atau}$$

$$a = \frac{D_{k1}}{2 \cdot \tan \varphi_{k1}}$$

Keterangan :

D_{k1} = Diameter jarak bagi roda gigi penggerak ... [mm]

φ_{k1} = Sudut kerucut kepala [°]

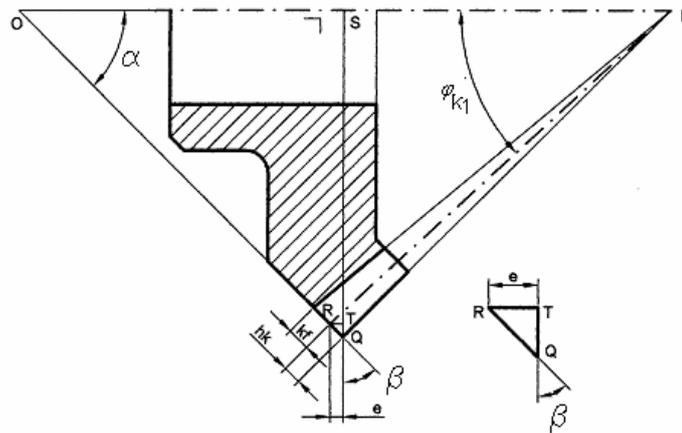
γ_{k1} = Sudut kepala gigi [$^{\circ}$]

b = Lebar gigi [mm]

j. Jarak antara lingkaran tusuk dengan lingkaran kepala luar

Jarak antara lingkaran tusuk dengan lingkaran kepala bagian luar sama dengan tinggi kepala gigi yang diukur secara horizontal, pada gambar adalah panjang e.

Lihar gambar berikut :



Gambar 9.14 Jarak antara lingkaran tusuk dan lingkaran lura

Untuk menentukan ukuran jarak antara lingkaran tusuk dengan lingkaran kepala pada bagian luar dapat ditentukan dengan persamaan persamaan berikut :

Lihat segitiga OPQ : $a = 90^{\circ} - \varphi_{k1}$

Lihat segitiga OQS : $\beta = 90^{\circ} - \alpha$

Maka $\beta = 90^{\circ} - (90^{\circ} - \varphi_{k1}) = \varphi_{k1}$

Lihat segitiga RQT : $\sin \beta = \sin \varphi_{k1} = \frac{e}{h_{k1}}$

Atau : $e = h_{k1} \cdot \sin \varphi_{k1}$

Karena $h_{k1} = m$, maka

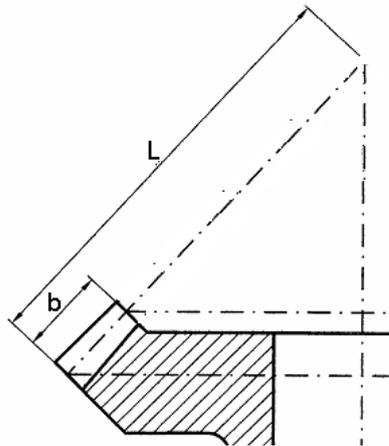
$$e = m \cdot \sin \varphi_{k1}$$

5. Ukuran lebar gigi dan jumlah gigi minimum

Sebagai syarat untuk membuat roda gigi kerucut pada mesin frais universal adalah

- Jumlah gigi pada roda giginya minimum 25 gigi
- Lebar gigi $b < 1/3.L$, dengan L = panjang kerucut gigi .

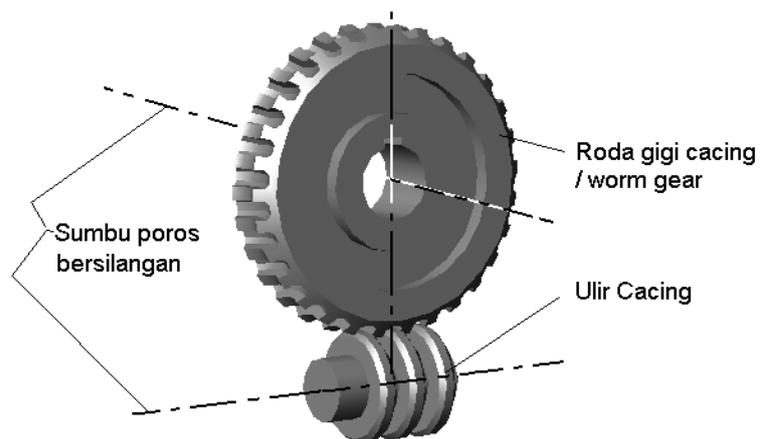
Lihat gambar berikut



Gambar 9.15 Ukuran b dan L pada roda gigi kerucut

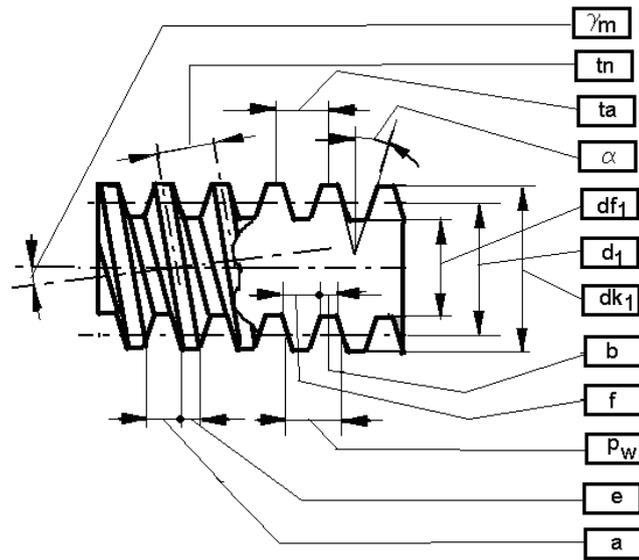
h. Roda Gigi Cacing

Sepasang roda gigi cacing terdiri atas ulir cacing dan roda gigi cacing dengan poros yang saling bersilangan , bentuk dari roda gigi cacing dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 9.16 Roda gigi cacing

Bentuk dan bagian bagian ulir cacing dapat dijelaskan dengan gambar berikut



Gambar 9. 17 Bagian bagian ulir cacing

Keterangan gambar :

m = modul [mm]

P_v = kisar ulir cacing

t_n = Jarak gigi normal

t_a = Jarak gigi aksial [mm]

z_1 = jumlah gigi pada ulir cacing

d_n = Diameter lingkaran kaki ulir [mm]

d_{k1} = Diameter kepala ulir [mm]

d_{f1} Diameter lingkaran kaki ulir [mm]

d_1 = Diameter lingkaran jarak [mm]

a = lebar lekukan atau celah atas pada kepala gigi [mm]

b = lebar lekukan atau celah bawah pada kaki ulir [mm]

e = tebal gigi pada kepala gigi [mm]

f = tebal gigi pada kaki gigi [mm]

h = Tinggi gigi [mm]

h_f = tinggi kaki gigi [mm]

h_k = tinggi kepala gigi [mm]

λ_m = Sudut kisar rata rata pada diameter lingkaran jarak

Untuk memnentukan ukuran ukuran utama ulir cacing antara lain :

1. Menghitung modul

Modul pada ulir cacing yaitu perbandingan antara jarak gigi normal dengan koefisien π dan dihitung dengan persamaan :

$$m = \frac{t_n}{\pi}$$

Keterangan

m = modul

t_n = Jarak gigi normal

$\pi = 3,14$

2. Jarak gigi normal (t_n)

Dari persamaan (1) jarak gigi normal dapat dihitung dengan persamaan :

$$t_n = m \cdot \pi$$

3. Jarak gigi aksial (t_a)

Jika ulir cacing mempunyai sudut ulir atau sudut kisar rata rata pada diameter lingkaran jarak adalah λ_m maka jarak bagi aksial t_a adalah :

$$t_a = \frac{t_n}{\cos \lambda_m}$$

Atau :

$$t_a = \frac{m \cdot \pi}{\cos \lambda_m}$$

4. Kisar ulir (P_w)

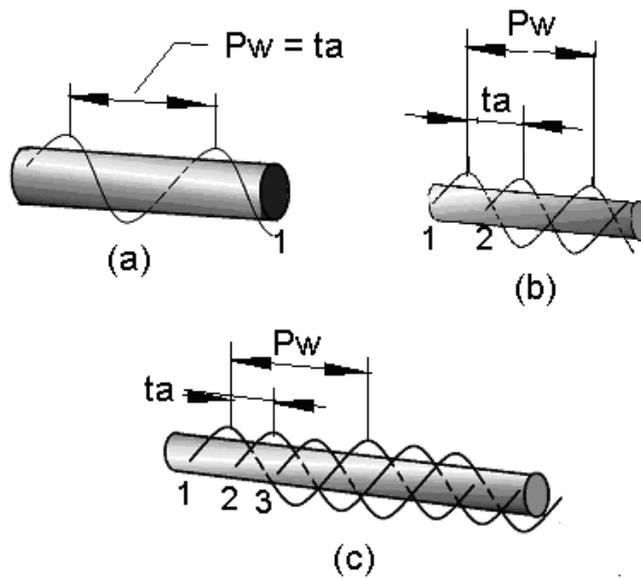
Kisar ulir cacing yaitu jarak antara ulir cacing dan dihitung dengan persamaan :

$$P_w = \frac{z_1 \cdot t_n}{\cos \lambda_m}$$

Jika kita masukan persamaan (2) pada (4) maka :

$$P_w = \frac{z_1 \cdot m \cdot \pi}{\cos \lambda_m}$$

Jumlah gigi dan kisar ulir dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 9.18 Kisar ulir roda gigi cacing

Keterangan :

- Gambar a : P_w untuk ulir cacing yang mempunyai ulir tunggal ($z_1=1$)
- Gambar b : P_w untuk ulir cacing yang mempunyai ulir ganda ($z_1=2$)
- Gambar c : P_w untuk ulir cacing yang mempunyai ulir tiga /triple ($z_1=3$)

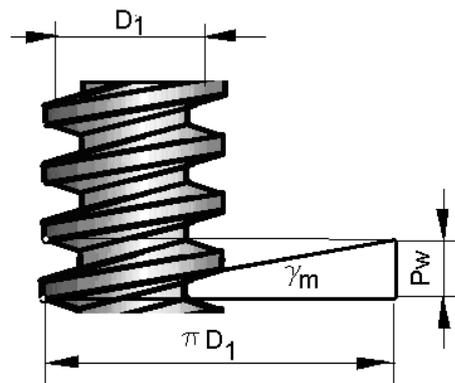
5. Jumlah gigi

Jumlah gigi pada ulir cacing dapat ditentukan berdasarkan jenis ulirnya yaitu: tunggal , ganda atau triple dan dapat dihitung dengan persamaan :

$$z_1 = \frac{P_w \cdot \cos \gamma_m}{t_n} \quad \text{Atau :} \quad z_1 = \frac{P_w \cdot \cos \lambda_m}{\pi \cdot m}$$

6. Diameter lingkaran jarak :

Jika ulir cacing yang mempunyai diameter jarak bagi D_1 , kisar ulirnya P_w , dan sudut rata rata ulir λ_m , kita bentangkan seperti terlihat pada gambar berikut maka besar sudut λ_m dapat dihitung dengan persamaan berikut :



Gambar 9. 19 Diameter lingkaran roda gigi cacing

$$Tg\lambda_m = \frac{P_w}{\pi.D_1}$$

Dan diameter jarak baginya menjadi :

$$D_1 = \frac{P_w}{\pi.Tg\lambda_m}$$

Untuk ulir yang mempunyai jumlah gigi z_1 buah gigi , dari persamaan

$$P_w = \frac{z_1.m.\pi}{\text{Cos}\lambda_m} \text{ kita masukan pada persamaan 6.a maka :}$$

$$D_1 = \frac{z_1.m}{\text{cos}\lambda_m}$$

7. Ukuran tinggi kepala gigi (h_k)

$$h_k = 1.m$$

8. Diameter kepala gigi (D_{k1})

$$D_{k1} = D_1 + 2.h_k$$

Atau

$$D_{k1} = D_1 + 2.m$$

9 Tinggi kaki gigi ulir cacing (h_f)

Tinggi ulir cacing menurut standar NEN dan standar DIN adalah sebagai berikut:

Menurut standar NEN

$$h_f = 1,25.m$$

Menurut standar DIN

$$h_f = 1,166. m$$

10. Diameter kaki ulir cacing (D_f)

Diameter kaki ulir cacing menurut standar NEN dan DIN adalah sebagai berikut

Menurut standar NEN

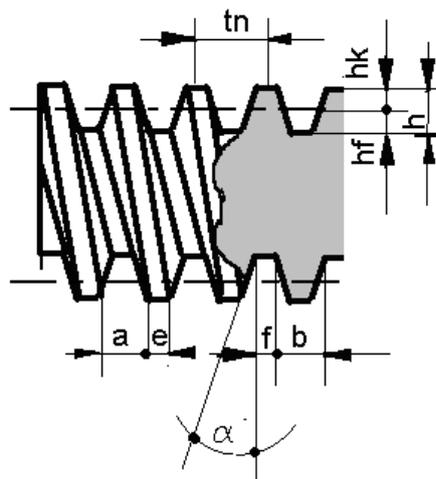
$$D_{f1} = D_1 - 2,5 \cdot m$$

Menurut standar DIN

$$D_{f1} = D_1 - 2,33 \cdot m$$

11. Ukuran profil ulir

Ukuran profil ulir dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 9.20 Ukuran profil

$$a = \frac{t_n}{2} + 2 \cdot h_k \cdot \tan \alpha$$

$$b = \frac{t_n}{2} - 2 \cdot h_f \cdot \tan \alpha$$

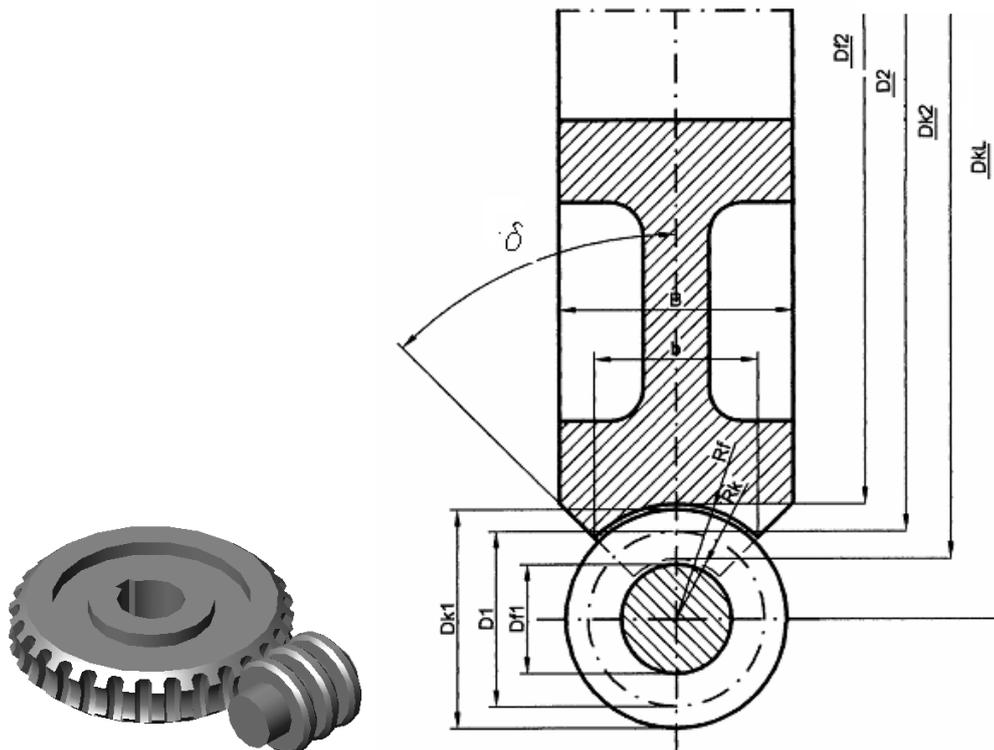
$$e = \frac{t_n}{2} - 2 \cdot h_k \cdot \tan \alpha$$

$$f = \frac{t_n}{2} + 2 \cdot h_f \cdot \tan \alpha$$

Catatan :

Ulir cacing biasanya dikerjakan pada mesin bubut dengan bentuk pahat yang disesuaikan dengan ukuran dan bentuk modul gigi pada roda gigi cacingnya .

Bentuk dan bagian bagian utama roda gigi cacing dapat dilihat pada gambar berikut .



Gambar 9.22 Roda gigi cacing

Keterangan :

D_2 = diameter jarak bagi [mm]

D_{f2} = Diameter kaki gigi [mm]

D_{k2} = diameter kepala roda gigi cacing bagian luar [mm]

R_k = jari jari kepala [mm]

R_f = jari jari kaki roda gigi cacing [mm]

δ = Sudut setengah kemiringan dari pusat poros cacing [°]

b = Lebar gigi pada dasar gigi [mm]

B = Lebar roda gigi cacing seluruhnya [mm]

12. Menentukan jumlah gigi pada roda gigi cacing (z_2)

Jumlah gigi pada roda gigi cacing , dihitung berdasarkan angka transmisi atau putaran dari poros penggerak dan poros yang digerakkannya yaitu :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

z_2 adalah jumlah gigi pada roda gigi cacing , maka jumlah z_2 dapat dihitung dengan persamaan :

$$z_2 = i \cdot z_1.$$

13. Jarak antara gigi normal dan aksial (t_n dan t_a)

Jarak antara gigi yang diukur secara normal yaitu tegak lurus terhadap gigi , dihitung dengan persamaan :

$$t_n = m \cdot \pi$$

14. Jarak antara gigi aksial

Jarak antara gigi aksial yaitu jarak antara gigi yang diukur sejajar dengan sumbu poros . Jika roda gigi cacing atau ulir cacing mempunyai sudut gigi rata rata λ_m , maka jarak gigi aksialnya adalah :

$$t_a = \frac{t_n}{\cos \lambda_m}$$

15. Ukuran diameter jarak bagi roda gigi cacing (D_2)

$$D_2 = \frac{z_2 \cdot m}{\cos \lambda_m}$$

16. Ukuran gigi pada roda gigi cacing

Tinggi kepala gigi

$$h_k = 1 \cdot m$$

Tinggi kaki gigi

Menurut standar NEN

$$h_f = 1,25 \cdot m$$

Menurut standar DIN

$$h_f = 1,166 \cdot m$$

Tinggi gigi :

Menurut standar NEN

$$h = 2,25 \cdot m$$

Menurut standar DIN

$$h = 2,166 \cdot m$$

17. Jari jari kepala roda gigi cacing (R_k)

Pada roda gigi cacing , giginya berbentuk busur ke dalam atau cekung , dengan jari jari lingkaran kepalanya R_k , yang dihitung dengan persamaan :

$$R_k = 0,5(D_1 - 2 \cdot m)$$

Keterangan :

R_k = Jari jari kepala roda gigi cacing [mm]

D_1 = Diameter jarak bagi ulir cacing [mm]

m = modul gigi [mm]

18. Jari jari kaki gigi (R_f)

Jari jari kaki gigi (R_f) menurut standar NEN

$$R_f = 0,5(D_1 - 2,5 \cdot m)$$

Menurut standar DIN

$$R_f = 0,5(D_1 - 2,33 \cdot m)$$

19. Diameter kepala orda gigi cacing (D_k)

Diameter kepala pada roda gigi cacing terdiri atas dua bagian yaitu

- Diameter kepala gigi yang diukur dari keliling sebelah dalam (D_{k2})
- Diameter kepala gigi yang diukur dari keliling sebelah luar (D_{kL})

Ukuran diameter kepala tersebut dihitung dengan persamaan :

$$D_{k2} = D_2 + 2 \cdot m$$

$$D_{kL} = D_{k2} + 2 \cdot R_k (1 - \cos \delta)$$

δ yaitu sudut setengah dari kemiringan gigi , dan dihitung dengan

persamaan:
$$\sin \delta = \frac{b}{2 \cdot R_f} \dots 24$$

20. Diameter kaki gigi roda gigi cacing (D_f)

Ukuran diameter roda gigi cacing adalah sebagai berikut :

- Menurut standar NEN
- $D_{f2} = D_2 - 2,5 \cdot m$
- Menurut standar DIN
- $D_{f2} = D_2 - 2,33 \cdot m$

21. Ukuran lebar gigi roda gigi cacing (b)

Ukuran lebar gigi roda gigi cacing dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$b = 2\sqrt{(D_1 + m)}$$

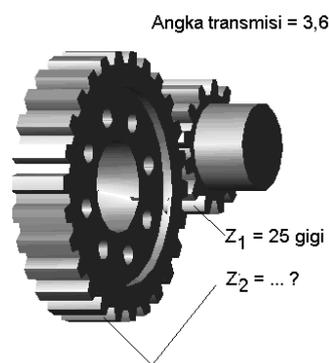
Sedangan ukuran lebar gigi seluruhnya (B) adalah :

$$B = b + 0,25 t_a$$

Contoh soal 9.1

Sepasang roda gigi akan dibuat dengan modul $m = 4 \text{ mm}$, dengan lebar giginya $b = 10 \text{ mm}$, angka transmisinya $i = 3,6$. Tentukan ukuran utama kedua roda gigi tersebut!, jika jumlah gigi pada roda gigi kecil = 25 gigi.

Lihat gambar berikut :



Gambar 9.21 Sepasang pinion dan gear

Penyelesaian :

Diketahui :

- Modul $m = 4 \text{ mm}$
- Lebar gigi $b = 10 \text{ mm}$
- Angka transmisi $i = 3,6$
- Jumlah gigi $z_1 = 25$ gigi

Ditanyakan : Ukuran utama roda gigi

Jawaban :

Ukuran utama roda gigi kecil

1) Diameter jarak bagi D_{t1}

$$D_{t1} = z_1 \cdot m$$

$$D_{t1} = 25 \times 4 = 100 \text{ mm}$$

2) Diameter kepala (D_{k1})

$$D_{k1} = D_1 + 2.m$$

$$D_{k1} = 100 + 2 \times 4 = 108 \text{ mm}$$

3) Diameter kaki gigi

$$D_{v1} = D_t - 2,5.m$$

$$D_{v1} = 100 - 2,5 \times 4 = 90 \text{ mm}$$

4) Tinggi gigi menurut NEN

$$H = 2,25 .m \text{ atau } H = 2,25 \times 4 = 9 \text{ mm}$$

5) Lebar gigi b

$$b = 10.m = 10 \times 4 = 40 \text{ mm}$$

Ukuran ukuran roda gigi besar

1) Jumlah gigi z_2

$$Z_2 = i.z_1 = 3,6 \times 25 = 90 \text{ gigi}$$

2) Diameter lingkaran jarak bagi (D_2)

$$D_2 = z_2.m = 90 \times 4 = 360 \text{ mm}$$

3) Diameter kepala

$$D_k = D_2 + 2.m = 360 + 2 \times 4 = 368 \text{ mm}$$

4) Diameter kaki gigi (D_{v2})

$$D_{v2} = D_2 - 2,5m = 360 - 2,5 \times 4 = 350 \text{ mm}$$

5) Jarak antara sumbu (T)

$$T = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{100 + 360}{2} = 230 \text{ mm}$$

6) Tebal pelek (k)

$$k = 1,5.m = 1,5 \times 4 = 6 \text{ mm.}$$

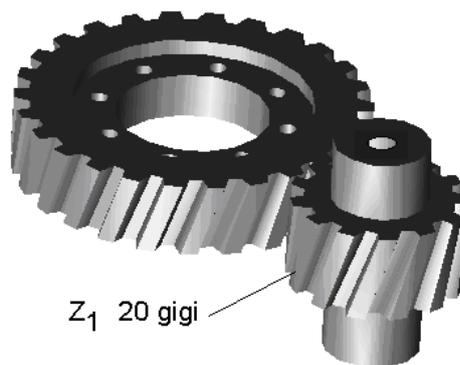
Dari perhitungan di atas , data ukurannya kita masukan pada tabel roda gigi lurus berikut :

Tabel 9. 3 Data Roda Gigi Lurus

Bagian	Roda gigi ke 1	Roda gigi ke 2
Jumlah gigi z	25	90
Diameter jarak bagi D	100	360
Diameter kepala D_k	108	368
Diameter kaki D_v	90	350
Modul m	4	4
Lebar gigi b	40	40
Tinggi gigi H	9	9
Jarak antara poros T	230	
Jarak antara gigi t	12,56	12,56

Contoh soal 9.2

Suatu roda gigi miring untuk alat transmisi akan dibuat dengan bentuk seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 9.22 Roda gigi miring

Diketahui :

- putaran poros penggerak $n_1 = 120$ rpm
- angka transmisi $i = 3$
- Jumlah gigi pada roda gigi penggerak $z_1 = 20$ gigi
- Modul normal $m_n = m = 2$.
- Sudut gigi $\beta = 18^\circ$.

Ditanyakan :

- Modul arah
- Ukuran utama roda gigi kecil
- Ukuran utama roda gigi besar
- Jarak antara poros
- Lebar gigi
- Tebal pelek

Penyelesaian :

$$m_n = m = 2.$$

1. Modul arah

$$m_a = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{2}{\cos 18^\circ} = \frac{2}{0.9511} = 2,1028 \text{ mm}$$

2. Ukuran utama roda gigi kecil

Diameter jarak bagi (D_1)

$$D_1 = m_n \cdot z_1 = 2,1028 \times 20 = 42,056 \text{ mm}$$

Diameter kepala D_k

$$D_{k1} = D_1 + 2m_n = 42,056 + 2 \times 2 = 46,056 \text{ mm}$$

Diameter kaki D_v1

$$D_{v1} = D_1 - 2,5 m_n = 42,056 - 2,5 \times 2 = 37,056 \text{ mm}$$

3. Ukuran utama roda gigi besar :

Jumlah gigi :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$z_2 = z_1 \cdot i = 20 \times 3 = 60 \text{ gigi}$$

Diameter jarak bagi D_2

$$D_2 = m_a \cdot z_2 = 2,1028 \times 60 = 126,168 \text{ mm}$$

Diameter kepala gigi D_{k2}

$$D_{k2} = D_2 - 2,5 m_n = 126,168 - 2,5 \times 2 = 121,168 \text{ mm}$$

Tinggi kepala gigi (H_k)

$$H_k = 1 \cdot m_n = 2 \text{ mm}$$

Tinggi kaki gigi (H_v)

$$H_v = 1,25 \cdot m_n = 1,25 \times 2 = 2,5 \text{ mm}$$

Tinggi gigi (H)

$$H = H_k + H_v = 2 + 2,5 = 4,5 \text{ mm}$$

4. Jarak antara poros (T)

$$T = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

$$T = \frac{42,056 + 126,168}{2} = 84,112 \text{ mm}$$

5. Lebar gigi b

$$b = 12 \cdot m_n = 12 \times 2 = 24 \text{ mm}$$

6. Tebal pelek (k)

$$k = 1,16 \cdot m_n = 1,6 \times 2 = 3,2 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan ukuran utama roda gigi tersebut dimasukkan pada tabel. Hal ini untuk memudahkan melihat ukuran utama dari roda gigi miring, juga untuk menghindari kekeliruan ukuran rodagigi pasangannya. Tabel roda gigi miring tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9.4 Roda Gigi Miring

Bagian bagian utama		Roda gigi	
Nama bagian	Simbol	I	II
Jumlah	Z	20	60
Diameter jarak bagi	D	42,056	126,168
Diameter kepala gigi	Dk	46,056	130,168
Modul :			
Modul normal	m_n	2	2
Modul arah	m_a	2,1028	2,1028
Tinggi kepala gigi	Hk	2	2
Tinggi kaki gigi	Hv	2,5	2,5
Sudut gigi	β	18°	18°
Lebar gigi	B	24	24
Lebar gigi normal	b_n	25,23,39	25,23,39
Tebal pelek	K	3,2	3,2
Jarak antara poros	T	84,112	84,112

3. Rangkuman

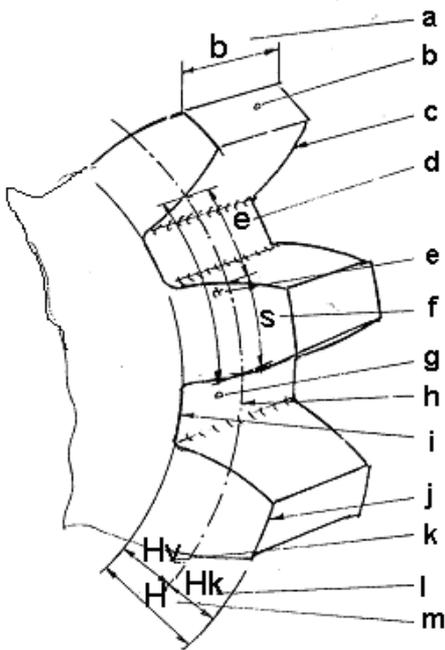
- Roda gigi adalah komponen mesin yang berfungsi untuk memindahkan daya atau putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakan

dengan perantaraan gigi gigi yang menekan pada roda gigi lain secara berurutan .

- Ditinjau dari kedudukan sumbu poros penggerak dan sumbu yang digerakannya , roda gigi terdiri atas :
 - Roda gigi silindris
 - Roda gigi kerucut
 - Roda gigi cacing
 - Batang bergigi
 - Roda gigi dalam
- Roda gigi dapat dibuat dari bahan besi cor , Baja cor , baja carbon , baja paduan dengan penguatan , baja paduan nikel , perunggu dan dari bahan lainnya disesuaikan dengan kebutuhan dan kekuatan yang diinginkan dari transmisi roda gigi tersebut.

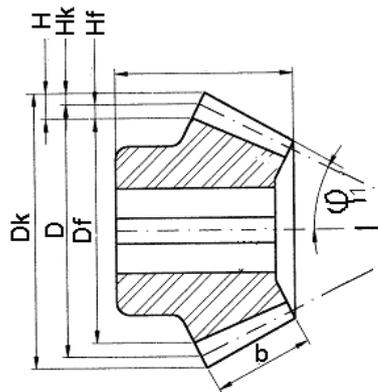
4. Tugas

- a. Sebutkan macam-macam roda gigi
- b. Jelaskan bagian –bagian roda gigi berikut:

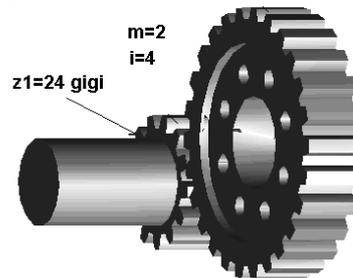


5. Tes Formatif

1. Apa fungsi roda gigi pada alat alat komponen mesin , jelaskan !
2. Sebutkan / tuliskan macam macam roda gigi !
3. Bahan apa yang dapat digunakan untuk membuat roda gigi pada peralatan mesin ?
4. Apa yang dimaksud dengan modul gigi ? jelaskan !
5. Apa yang dimaksud dengan angka transmisi ? jelaskan !
6. Sepasang roda gigi lurus / silndris , masing mempunyai gigi 30 dan 50 gigi , dan modulnya 3 . hitunglah ukuran ukuran utama roda gigi tersebut .
7. Apa nama roda gigi seperti pada gambar berikut ?

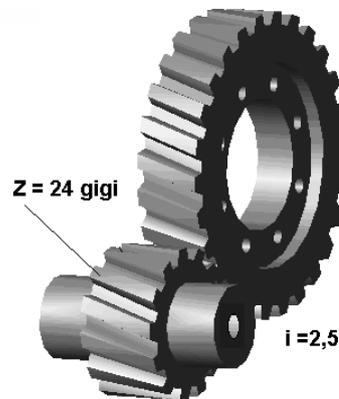


8. Sepasang roda gigi akan dibuat dengan modul $m = 2 \text{ mm}$, dengan lebar giginya $b = 10 \text{ mm}$, angka transmisinya $i = 4$. Tentukan ukuran utama kedua roda gigi tersebut!, jika jumlah gigi pada roda gigi kecil = 24 gigi. Lihat gambar berikut :



9. Suatu roda gigi miring untuk alat transmisi akan dibuat dengan bentuk seperti terlihat pada gambar berikut :

Diketahui :



- putaran poros penggerak $n_1 = 120 \text{ rpm}$
- angka transmisi $i = 2,5$
- Jumlah gigi pada roda gigi penggerak $z_1 = 24$ gigi
- Modul normal $m_n = m = 4$.
- Sudut gigi $\beta = 18^\circ$.

Ditanyakan :

- Modul arah
- Ukuran utama roda gigi kecil
- Ukuran utama roda gigi besar
- Jarak antara poros

K. Kegiatan Belajar 10: RING PEGAS DAN SIL

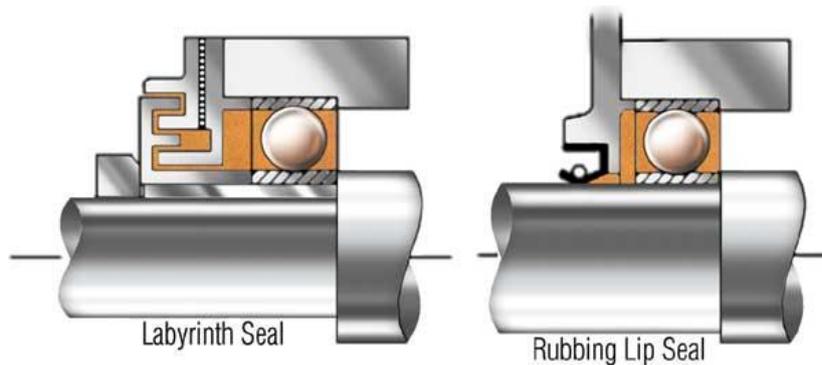
1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan fungsi ring pegas
- b. Menjelaskan macam-macam ring pegas
- c. Menjelaskan fungsi sil

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati foto mekanisme pemasangan bantalan pada poros berikut. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan bagaimana konstruksi bantalan pada poros dirakit agar tidak mudah lepas dari hasil pengamatan



Gambar 10.1 Pemasangan bantalan pada poros

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai fungsi ring pegas dan sil pada konstruksi konstruksi bantalan dan poros, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis dan fungsi ring pegas dan sil yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana fungsi dari ring pegas dan sil pada konstruksi bantalan dan poros mesin.

Presentasikan hasil pengumpulan data-data anda, terkait dengan jenis dan fungsi ring pegas dan sil yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan

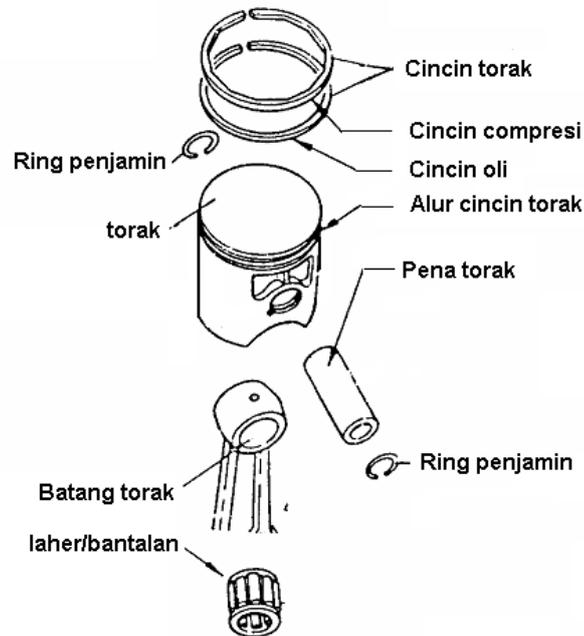
a. Ring Pegas

1. Fungsi ring pegas

Ring pegas berfungsi sebagai alat penjamin, misalnya pemasangan poros dan bantalan pada blok mesin. poros dan roda gigi pada gearbox atau poros utama mesin bubut, pemasangan katup pada kepala silinder, pemasangan pena torak suatu motor. Ring pegas selain berfungsi sebagai alat penjamin juga berfungsi sebagai penahan kebocoran kebocoran saat kompresi atau ekspansi suatu motor bensin atau motor diesel yang dikenal dengan nama ring seher .

Jika ring pegas digunakan sebagai alat penjamin poros dan bantalan atau roda gigi , maka ring pegas harus dapat menerima yaga aksial yang ditimbulkan oleh poros atau bantalan tersebut . Ring pegas harus dapat

mengimbangi gaya aksial yang menyebabkan tegangan geser dan tekanan bidang . Oleh kerana itu bahan ring harus dipilih dari bahan baja yang kuat yaitu baja yang dikeraskan .



Gambar 10.2 Penggunaan ring pegas pada motor bakar

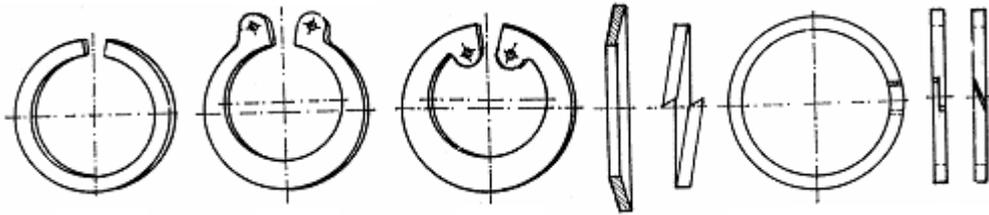
2. Macam macam ring pegas

Ditinjau dari alur tempat kedudukannya , ring pegas terdiri dari :

- Ring pegas luar
- Ring pegas dalam

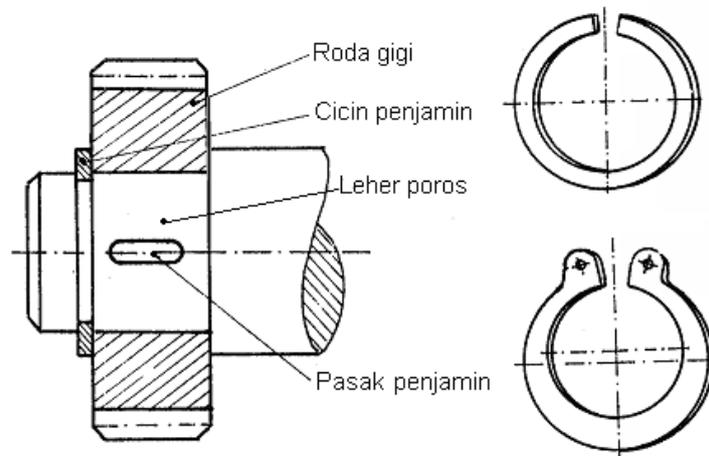
Ditinjau dari konstruksinya ring pegas terdiri atas :

- Ring pegas tanpa lubang kunci
- Ring pegas luar dengan lubang kunci
- Ring pegas dalam dengan lubang kunci
- Ring pegas V
- Ring pegas penjamin mur baut
- Ring seher

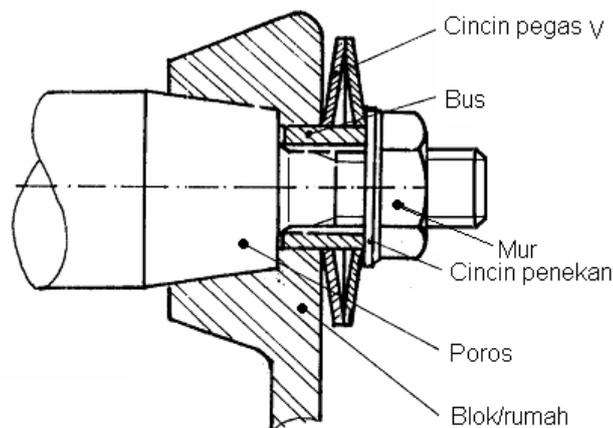


Gambar 10.3 Macam macam ring

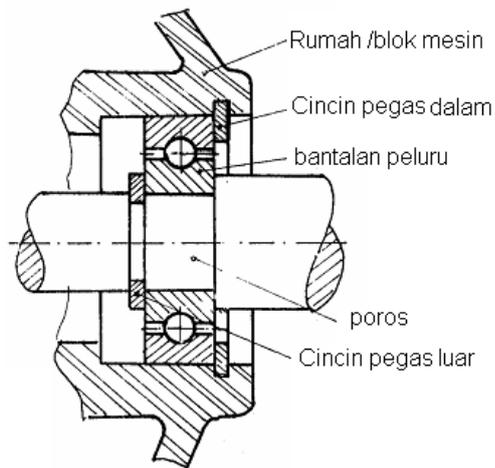
Untuk menjamin atau mengikat ujung poros dengan alat alat transmisi lainnya misalnya dengan roda gigi atau roda ban atau poros dengan bantalan , dalam hal ini supaya roda gigi atau roda ban tersebut tidak lepas atau tidak bergeser maka pada leher poros selain dipasang pasak juga dibuat alur sebagai tempat untuk ring pegas. Pemasangan ring pegas dapat dilihat gambar berikut .



Gambar 10.4 Pemasangan ring pegas pada ujung poros



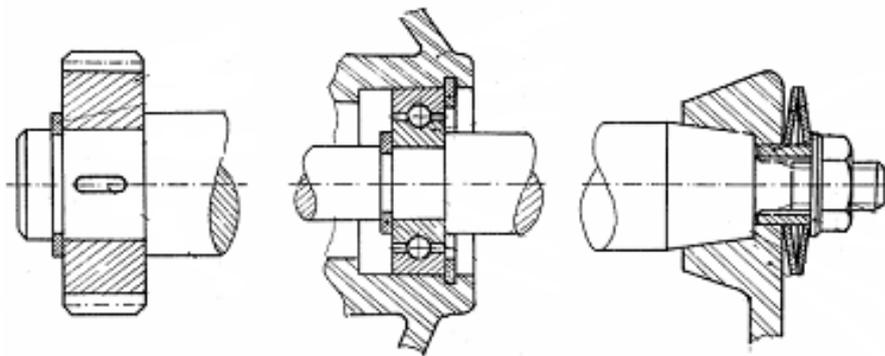
Gambar 10.5 Cincin pegas V



Gambar 10.6 Cincin pegas untuk menjamin poros dan bantalan

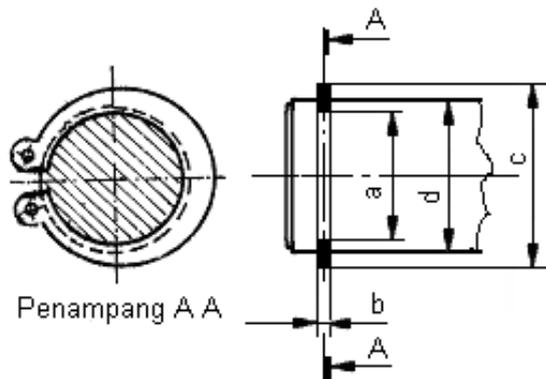
Contoh penggunaan ring pegas

Ring pegas digunakan untuk penjamin roda gigi , poros , bantalan pada blok mesin dan menjamin poros dengan mur , lihat gambar berikut .

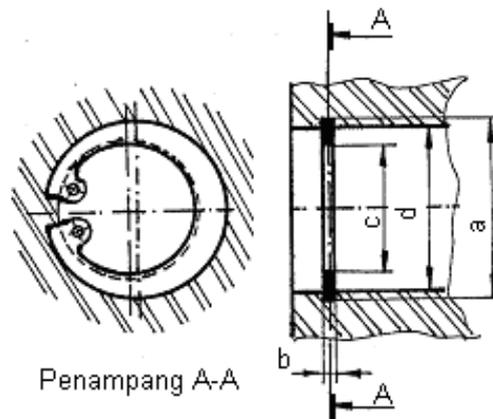


Gambar 10.7 Penggunaan ring pegas

Ukuran dan konstruksi ring pegas dapat di lihat pada gambar dan tabel berikut



Gambar 10.8 Ring pegas luar



Gambar 10.9 Ring pegas dalam

Tabel 10.1 Ukuran Ring Pegas [mm]

Diameter	Ukuran ring pegas luar (mm)			Ukuran ring pegas luar (mm)		
d	a	b	C	a	b	c
12	12,7	1	5,5	11,5	0,8	19,7
14	14,7	1	6,75	13,5	1	22,5
16	16,7	1	8,75	15,5	1	25,5
18	19	1	11	17,2	1,2	28
20	21,1	1	11,5	19	1,2	28,5
24	25,1	1,2	14	23	1,2	32
26	27,2	1,2	16	25	1,3	37
32	33,4	1,2	22	30,5	1,5	43,5
36	38,2	1,6	26	-	-	-
40	42,5	1,8	28	38,2	1,8	51

b. Sil

1. Fungsi sil

Sil disebut juga perpak banyak digunakan pada pemasangan poros poros dan bantalan bantalan peluru yang berfungsi untuk mencegah kebocoran kebocoran pelumas serta masuknya benda benda asing melalui permukaan poros misalnya debu , air dan sebagainya ke dalam blok mesin . Sil digunakan juga sebagai penyekat pada tutup atau lubang lubang baut .

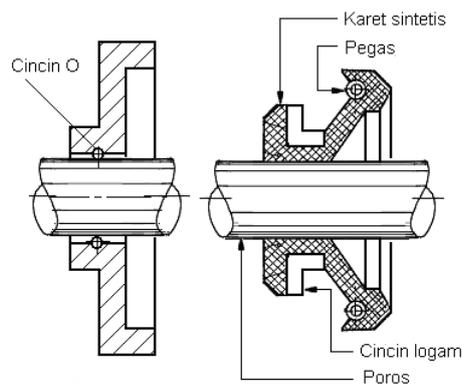
2. Macam macam sil

Ditinjau dari bentuk atau fungsinya sil terdiri atas :

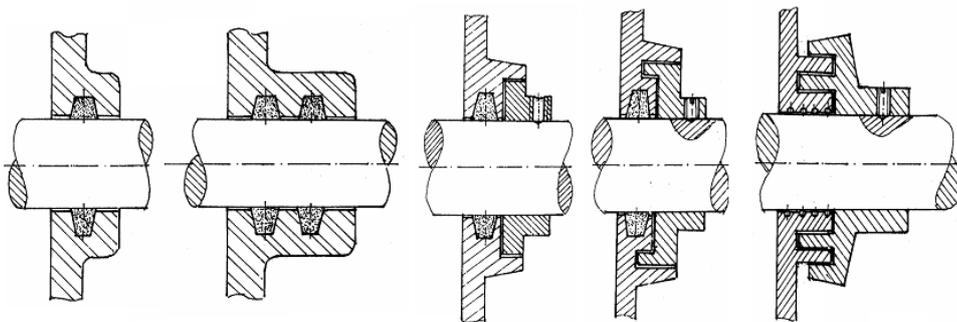
- Sil bentuk O

- o Sil minyak
- o Sil penyekat

Sil O yaitu cincin dengan bentuk lingkaran yang terbuat dari karet sintesis, karet atau plastic. Sil minyak, merupakan suatu kesatuan dari karet sintesis cincin logam dan pegas yang mempunyai penampang tertentu. Cincin penyekat, cincin ini terbuat dari kulit , karet sintesis atau bulu kempa. Paking labirin , digunakan untuk mencegah kebocoran minyak, gemuk atau uap dari poros yang berputaran tinggi, lihat gambar berikut .



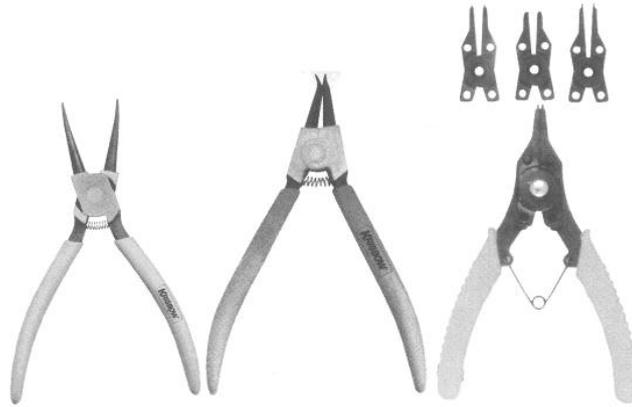
Gambar 10.10 Cincin O



Gambar 10. 11 Sil penyekat

c. Alat Untuk Melepas Cincin

Untuk memasang atau melepaskan ring pegas luar atau ring pegas dalam dapat digunakan tang khusus . lihat gambar .



Gambar 10.12 Tang khusus untuk melepas cincin

3. Rangkuman

- Ring pegas berfungsi sebagai alat penjamin, misalnya pemasangan poros dan bantalan pada blok mesin. poros dan roda gigi pada gearbox atau poros utama mesin bubut, pemasangan katup pada kepala silinder, pemasangan pena torak suatu motor.
- Ring pegas selain berfungsi sebagai alat penjamin juga berfungsi sebagai penahan kebocoran saat kompresi atau ekspansi suatu motor bensin atau motor diesel yang dikenal dengan nama ring seher.

- Jika ring pegas digunakan sebagai alat penjamin poros dan bantalan atau roda gigi, maka ring pegas harus dapat menerima gaya aksial yang ditimbulkan oleh poros atau bantalan tersebut .
- Ring pegas harus dapat mengimbangi gaya aksial yang menyebabkan tegangan geser dan tekanan bidang. Oleh karena itu bahan ring harus dipilih dari bahan baja yang kuat yaitu baja yang dikeraskan .
- Ditinjau dari alur tempat kedudukannya , ring pegas terdiri dari :
 - Ring pegas luar
 - Ring pegas dalam
- Ditinjau dari konstruksinya ring pegas terdiri atas :
 - Ring pegas tanpa lubang kunci
 - Ring pegas luar dengan lubang kunci
 - Ring pegas dalam dengan lubang kunci
 - Ring pegas V
 - Ring pegas penjamin mur baut
 - Ring seher
- Sil disebut juga perpak banyak digunakan pada pemasangan poros poros dan bantalan bantalan peluru yang berfungsi untuk mencegah kebocoran kebocoran pelumas serta masuknya benda benda asing melalui permukaan poros misalnya debu , air dan sebagainya ke dalam blok mesin .
- Sil digunakan juga sebagai penyekat pada tutup atau lubang lubang baut .
- Ditinjau dari bentuk atau fungsinya sil terdiri atas :
 - Sil bentuk O - Sil Penyekat
 - Sil minyak

4. Tugas

- a. Jelaskan fungsi ring pegas dan sil
- b. Sebutkan macam–macam ring pegas dan sil

5. Tes Formatif

1. Apa gunanya ring pegas ?
2. Jika ring dibebani dengan gaya aksial , tegangan apa yang terjadi pada ring tersebut ?
3. Tuliskan dua macam ring pegas.

4. Tuliskan macam macam ring pegas ditinjau dari konstruksinya .
5. Tap poros berukuran 20 mm berapa ukuran lebar alur untuk dudukan ring
6. Apa perbedaan ring dengan sil ?
7. Apa gunanya sil ?
8. Tuliskan macam macam sil !
9. Tuliskan bagian bagian utama sil minyak !
10. Sebutkan alat penyekat poros turbin supaya tidak terjadi kebocoran !

L. Kegiatan Belajar 11: PEGAS

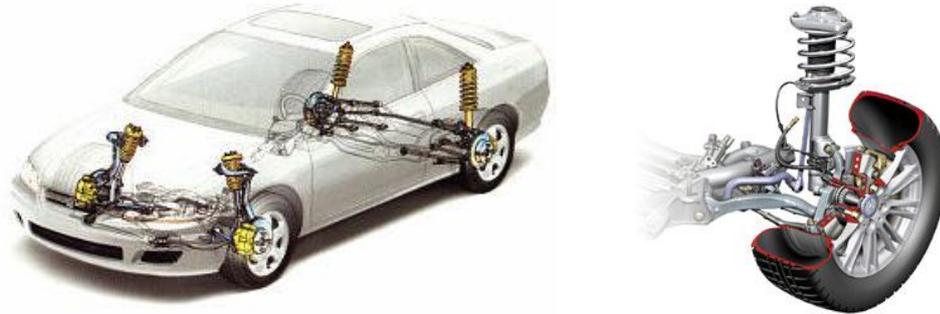
1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, dengan melalui mengamati, menanya, pengumpulan data, mengasosiasi dan mengkomunikasikan, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan macam macam sambungan baut
- b. Menjelaskan keuntungan dan kerugian sambungan baut
- c. Menghitung kekuatan sambungan baut.

2. Uraian Materi

Silahkan mengamati foto alat pengukur berat tersebut atau amati suatu alat yang menggunakan pegas pada prinsip kerjanya. Selanjutnya sebutkan dan jelaskan bagaimana cara kerja alat tersebut dari hasil pengamatan.



Gambar 1.31 Foto konstruksi sistem suspensi kendaraan

Apabila anda mengalami kesulitan didalam mendeskripsikan / menjelaskan mengenai prinsip kerja pegas pada alat tersebut, silahkan berdiskusi/bertanya kepada sesama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Kumpulkan data-data atau jawaban secara individu atau kelompok terkait jenis, fungsi dan ukuran pegas yang ada atau anda dapatkan melalui dokumen, buku sumber atau media yang lainnya.

Selanjutnya jelaskan bagaimana jenis, fungsi dan ukuran pegas . Apabila anda telah melakukan pendeskripsian, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menghitung kekuatan pegas tersebut..

Presentasikan hasil pengumpulan data–data anda, terkait dengan jenis, fungsi dan ukuran pegas yang telah anda temukan dan jelaskan aplikasinya dalam dunia keteknikan

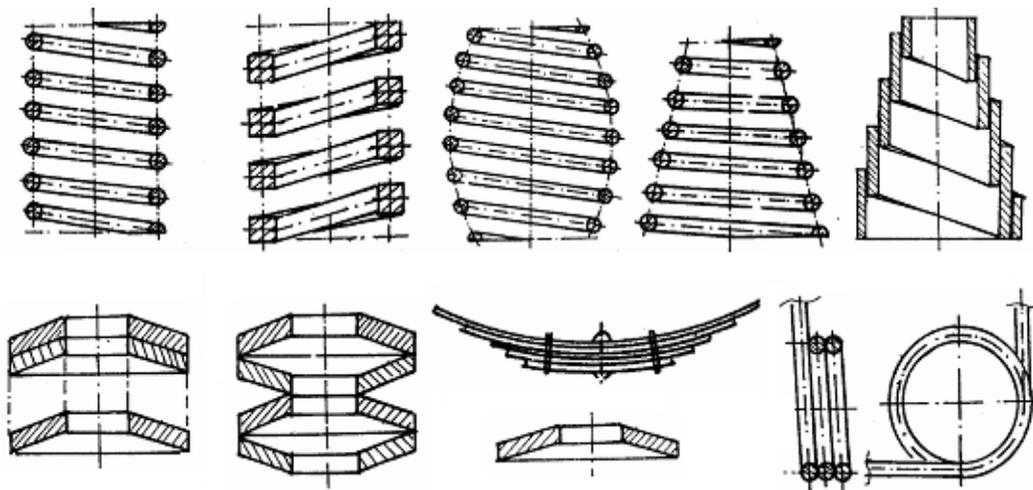
a. Fungsi Pegas

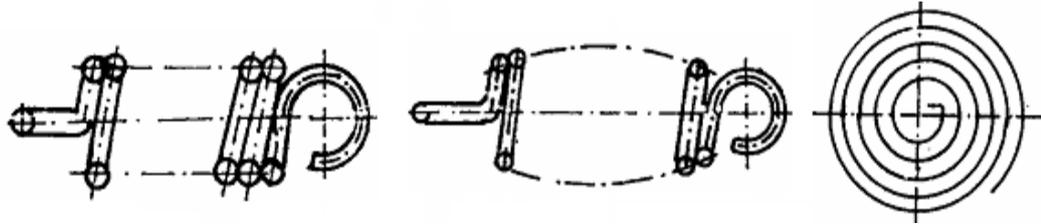
Dalam keteknikan pegas atau disebut juga dengan per banyak digunakan pada bagian-bagian mesin . Pegas digunakan sebagai alat peredam getaran pada kendaraan kendaraan bermotor yaitu pada suspensi atau shok-absorber, sebagai penekan pada katup masuk atau katup buang pada motor empat langkah, sehingga katup dalam posisi tertutup , penahan gaya centrifugal pada governor pada poros alat pengapian sehingga putaran tidak lari , Mengembalikan posisi sepatu rem pada roda roda kendaraan

bermotor , sendi sendi/engsel pada pintu , penahan gaya tekan pada mesin pres/pans, sebagai alat penyimpanan gaya pada jam-jam mekanik atau robot-robot mekanik dan sebagainya.

b. Macam-Macam Pegas

1. Pegas ditinjau dari arah gaya yang bekerja pada pegas itu sendiri terdiri atas:
 - a. Pegas tarik
 - b. Pegas tekan
 - c. Pegas torsi/puntir
 - d. Pegas momen (pegas daun)
2. Ditinjau dari konstruksinya pegas terdiri atas :
 - a. Pegas tekan dengan penampang bulat
 - b. Pegas ulir tekan dengan penampang bujur sangkar
 - c. Pegas tekan kerucut dengan penampang bulat
 - d. Pegas tekan dengan kerucut ganda (pegas keong)
 - e. Pegas tekan kerucut dengan penampang segi empat
 - f. Pegas ulir puntir (torsi)
 - g. Pegas piring tunggal
 - h. Pegas piring majemuk susunan searah
 - i. Pegas piring majemuk dengan bergantian
 - j. Pegas tarik silindris
 - k. Pegas tarik tirus ganda penampang bulat
 - l. Pegas daun
 - m. Pegas spiral





Gambar 11.1 Macam-macam pegas

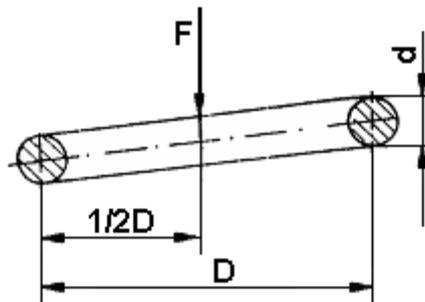
c. Perhitungan Pegas

Perhitungan pegas tekan atau pegas tarik ini meliputi perhitungan momen yang terjadi pada pegas dan defleksi akibat pembebanan pada pegas, yang selanjutnya di gunakan untuk merencanakan pegas yaitu menghitung diameter-pegas, diameter kawat pegas, jumlah lilitan, bahan dan gaya maksimum yang diizinkan pada pegas itu sendiri.

1. Momen puntir yang terjadi

Jika pegas mempunyai ukuran diameter D (mm) bekerja gaya F (N) maka pada pegas akan terjadi momen puntir yaitu

$$M_p = F \cdot \frac{D}{2} \quad [\text{N mm}] , \text{ lihat gambar berikut}$$



Gambar 11.2 Momen puntir pada pegas

Keterangan:

- M_p = Momen puntir dalam satuan (N mm)
- F = Gaya tekan atau tarik dalam (N)
- D = Diameter pegas alam dalam satuan (mm)

2. Momen puntir yang diizinkan

Jika kawat pegas mempunyai ukuran d (mm) dengan bahan yang mempunyai tegangan puntir yang diizinkan $\bar{\tau}$, maka momen puntir yang diizinkan adalah:

$$\bar{M}_p = \bar{\tau} \cdot W_p \text{ dan } W_p = \frac{\pi}{16} \cdot d^3$$

$$\bar{M}_p = \bar{\tau} \cdot \frac{\pi}{16} d^3 \text{ [Nmm]}$$

Keterangan :

\bar{M}_p = momen puntir yang diizinkan (Nm)

$\bar{\tau}$ = tegangan puntir yang diizinkan (N/mm²)

d = diameter kawat pegas dalam satuan mm

W_p = momen tahanan puntir dalam satuan mm³

Pada perencanaan pegas besarnya momen puntir yang terjadi harus sama atau lebih kecil dari Momen puntir yang diizinkan atau dapat ditulis $M_p \leq \bar{M}_p$.

3. Perencanaan diameter kawat pegas (d) dan diameter pegas (D).

Jika perencanaan diameter kawat pegas dan diameter pegas berdasarkan momen

$M_p = \bar{M}_p$ maka :

$$M_p = \bar{\tau} \cdot \frac{\pi}{16} \cdot d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_p}{\pi \cdot \bar{\tau}}} \text{ dengan memasukkan persamaan diatas maka :}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot \bar{\tau}}}$$

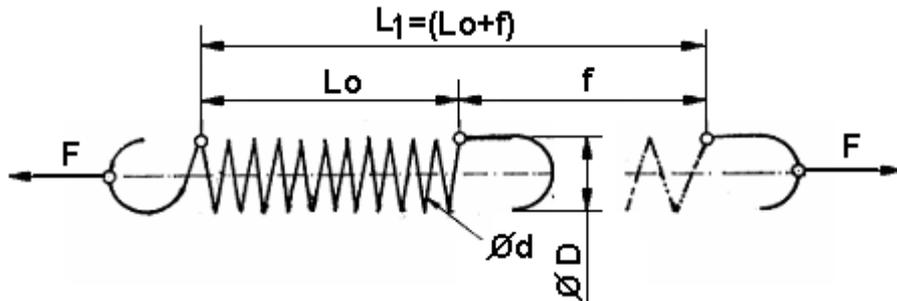
Selanjutnya untuk menentukan diameter D dengan persamaan berikut .

$$D = \frac{\pi}{8F} \cdot \bar{\tau} \cdot d^3$$

4. Defleksi pada pegas

Jika pegas di tarik oleh suatu gaya F maka pegas tersebut akan meregang bertambah panjang sebesar f dan panjangnya bertambah menjadi $l_1 = (l_0 + f)$,

lihat gambar , pertambahan panjang ini sesuai dengan gaya yang diberikan pada pegas dan reaksi dari pegas itu sendiri, yang mana gaya perlawanan (gaya reaksi) dari pegas adalah tergantung pada bahan pegas, ukuran diameter-pegas, ukuran diameter-kawat-pegas dan jumlah lilitannya.



Gambar 11.3 Pegas tarik

Pegas jika ditarik atau ditekan akan mengalami puntiran pada seluruh lilitannya secara merata, dan besarnya sudut puntir dapat kita gunakan persamaan dari mekanika-teknik

$$\varphi = \frac{M_p \cdot l}{I \cdot G}$$

M_p = momen puntir yaitu $M_p = F \cdot \frac{D}{2}$ (Nmm)(a)

l = Panjang kawat lilitan aktif, untuk diameter pegas D dengan jumlah lilitan n maka

$l = \pi \cdot D \cdot n$ (mm) (b)

I = momen Inersia polar yaitu $I = \frac{\pi}{32} \cdot d^4$ (mm⁴)(c)

G = modulus geser dari bahan pegas dengan satuan N/mm²

Jika persamaan (a), (b), (c) kita masukan pada persamaan $\varphi = \frac{M_p \cdot l}{I \cdot G}$ maka

besarnya sudut puntir menjadi :

$$\varphi = \frac{(F \cdot \frac{D}{2}) \cdot (\pi \cdot D \cdot n)}{(\frac{\pi}{32} \cdot d^4) \cdot G}$$

Atau sudut puntir $\varphi = \frac{16F \cdot D^2 \cdot n}{d^4 \cdot G}$ radial

Jika defleksi dalam satuan mm maka $f = \varphi \cdot \frac{D}{2}$, karena 1 radial = $\frac{D}{2}$

$$\text{Atau } f = \frac{16.F.D^2.n}{d^4.G} \cdot \frac{D}{2}$$

$$f = \frac{8.F.D^3.n}{d^4.G} \quad (\text{mm})$$

Keterangan :

f = penambahan panjang untuk pegas tarik atau pengurangan panjang untuk pegas tekan (Defleksi) (mm)

F = Gaya tarik atau tekan dalam satuan (N)

D = Diameter pegas dalam satuan (mm)

d = diameter-kawat pegas dalam satuan (mm)

n = jumlah lilitan

G = modulus geser untuk bahan pegas dalam satuan (N/mm²)

modulus geser untuk bahan pegas tersebut dapat kita lihat pada tabel berikut :

Tabel 11. 1 Modulus Geser

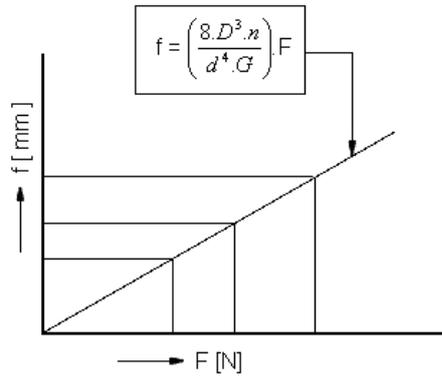
Bahan	Tegangan puntir yang diizinkan $\bar{\tau}_p$ (N/mm ²)	Modulus geser G (N/mm ²)
Baja	500 s/d 1000	80.000 s/d 84.000
Baja tahan karat	400	70.000 s/d 72.000
Perunggu	250	43.000

5. Diagram gaya dan defleksi pada pegas

Untuk pegas tarik maupun pegas tekan yang mempunyai ukuran tertentu yaitu : diameter pegas, diameter-kawat pegas, jumlah lilitan dan bahan telah ditentukan nilainya, maka hubungan antara defleksi dengan gayanya merupakan persamaan linier yaitu :

$$f = \left(\frac{8.D^3.n}{d^4.G} \right) \cdot F \quad \text{Jika} \quad \left(\frac{8.D^3.n}{d^4.G} \right) = a \quad (\text{telah tertentu})$$

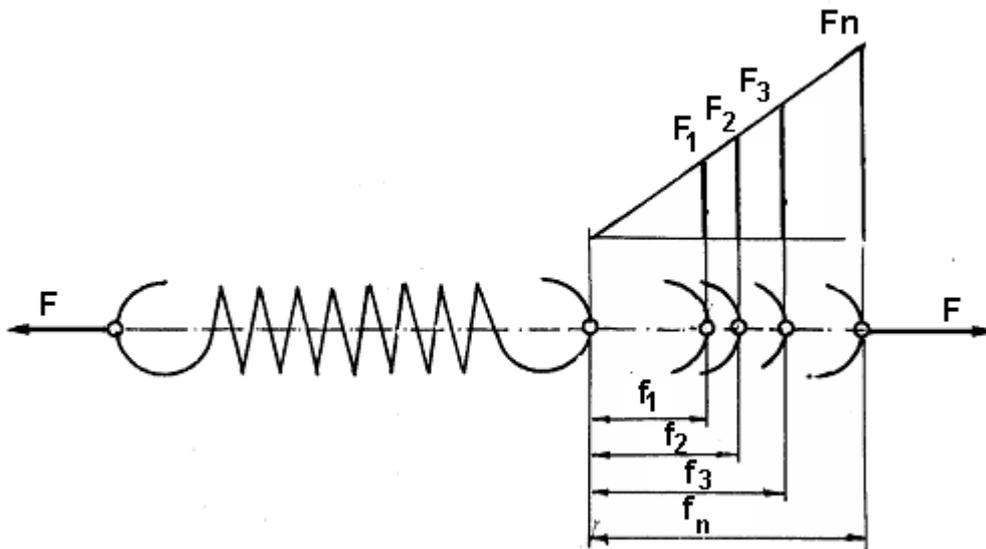
Maka $f_1 = a \cdot F_1$; $f_2 = a \cdot F_2$ $f_n = a \cdot F_n$, dari angka angka yang diperoleh didapat hubungan antara f dan F yang merupakan garis lurus (linier) lihat gambar berikut



Gambar 11.4 Hubungan antara f dan F

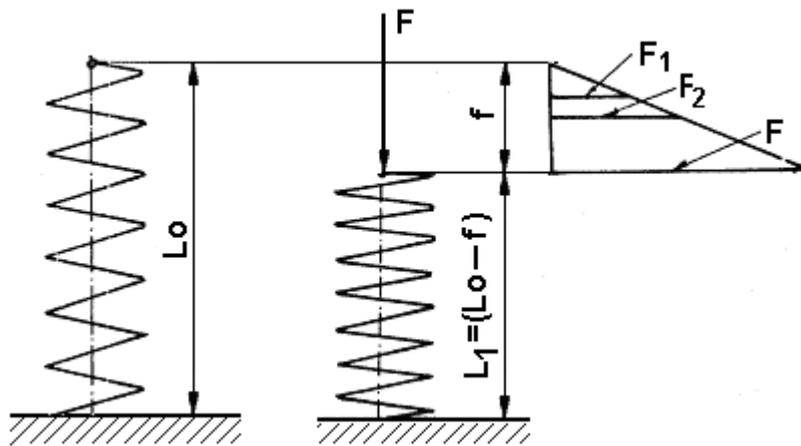
Diagram $f - F$ pegas tarik dan pegas tekan

a. Pegas tarik



Gambar 11.5 Pegas tarik

b. Pegas tekan



Gambar 11.6 Pegas tekan

6. Panjang pegas

Untuk pegas tarik biasanya di lilit dengan lilitan tertutup (rapat) sehingga panjang awal

$L_o = t \cdot n$ dimana $t=d$ maka $L_o=d \cdot n$ jika antara lilitan di beri kelonggaran sebesar fc maka $t=d+fc$ dan panjang awal menjadi

$$L_o=n(d+fc)$$

Keterangan :

L_o = panjang awal pegas tarik (mm)

n = jumlah lilitan aktif

d = diameter kawat pegas (mm)

t = jarak antara kawat pegas (mm)

fc = kelonggaran antara kawat pegas (mm)

Panjang pegas tekan

Pegas tekan biasanya dililit dengan lilitan terbuka, sehingga jarak antara $t > d$ dan panjang awalnya

$L_o=t \cdot n$ atau $t=\frac{L_o}{n}$ untuk merencanakan jarak antara ini perlu

dipertimbangkan mengenai defleksi maksimum dan kelonggaran pegas sewaktu mendapatkan beban. Ukuran panjang pegas sewaktu mendapat beban menjadi L_1 dan panjang awalnya $L_o=L_1+f$ lihat gambar .Panjang L_1

diperoleh dari : ($L_1=d.n$) jika sewaktu mendapat beban maksimum pegasnya rapat (tertutup) dan

$$L_1= d.n + f.c.n \text{ atau}$$

$$L_1= n(d+fc)$$

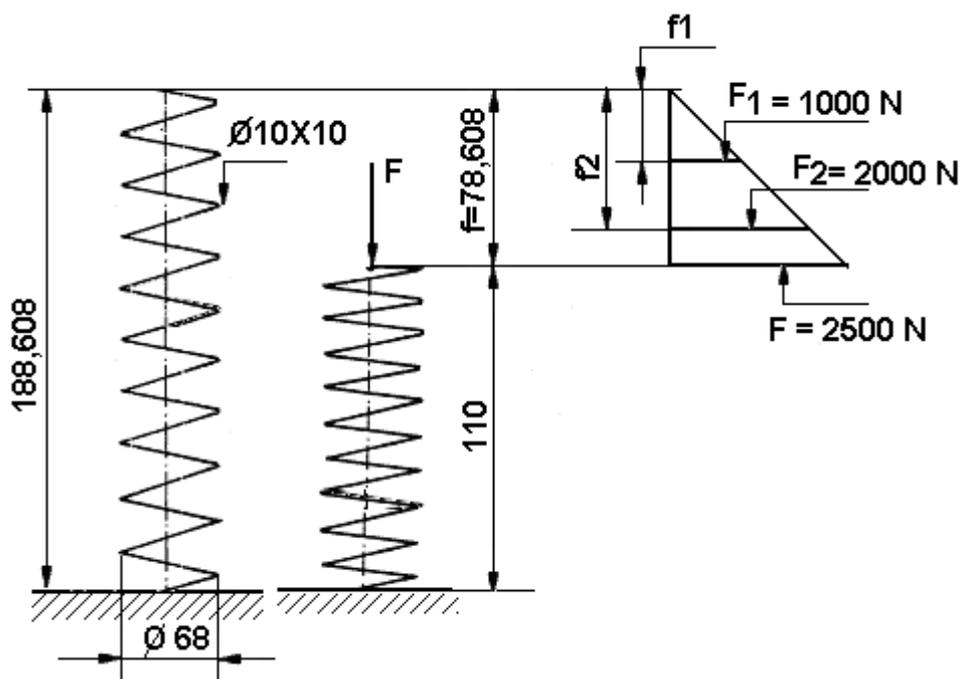
Jika antara pegas masih ada kelonggaran sebesar f .

Dari persamaan di atas diperoleh :

$$L_0=n(d+fc)+f \text{ (mm)}$$

$$t.n = n(d+fc)+f$$

$$t = (d+fc) + \frac{f}{n} \text{ (mm)}$$



Gambar 11.7 Diagram defleksi

Contoh 11.1:

Pegas tekan (ulir silindris) mendapatkan gaya tekan sebesar $F = 2009,6$ N, hitunglah diameter –kawat-pegas tekan tersebut, jika ukuran diameter-pegas $D = 50$ mm dan $\bar{\tau}_p$ (tegangan puntir yang diizinkan) = 500 N/mm²

Penyelesaian :

Diketahui :

Pegas ukuran tekan, Diameter pegas $D = 50$ mm

Gaya tekan $F = 2009,6$ N

Tegangan puntir yang di izinkan $\bar{\tau}_p = 500$ N/mm²

Ditanya :

diameter –kawat pegas d

$$\begin{aligned}\text{Jawab : } d &= \sqrt[3]{\frac{8.F.D}{\pi \bar{\tau} p}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{8 \times 2009,6 \times 50}{3,14 \times 500}} \\ &= \sqrt[3]{512} \\ d &= 8 \text{ mm}\end{aligned}$$

Contoh 11.2:

Suatu pegas tekan mempunyai ukuran $D = 6 d$. pegas tersebut terbuat dari bahan dengan tegangann besar yang di izinkan 5400 N/mm^2 dan beban maksimum 1570 N . Hitunglah ukuran D dan d dari pegas tersebut.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Diketahui : } D &= 6 d \\ F &= 1570 \text{ N} \\ \bar{\tau} p &= 490 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Ditanya: D dan d

Jawab:

$$\begin{aligned}D &= \frac{\pi}{8.F} \bar{\tau} . d^3 \\ 6.d &= \frac{\pi}{8.F} \bar{\tau} . d^3 \\ \frac{6 \times 8 F}{\pi \bar{\tau}} &= \frac{d^3}{d} \\ d^2 &= \frac{48.F}{\pi \bar{\tau}} \\ d &= \sqrt{\frac{48 \times 1570}{3,14 \times 490}} = \sqrt{48,979}\end{aligned}$$

$d = 7 \text{ mm}$, dan diameter pegas $D = 6.d$

$$D = 6 \times 7 = 42 \text{ mm}$$

Contoh 11.3:

Suatu pegas tekan tersebut dari bahan baja dengan tegangan puntir yang diizinkan $\bar{\tau}_p = 500 \text{ N/mm}^2$ dan modulus geser $G = 80.000 \text{ N/mm}^2$. Ukuran diameter pegas 80 mm dengan jumlah lilitan 10 buah tentukan diameter kawat pegas dan hitung pula defleksinya, jika gaya tekan $F = 2000 \text{ N}$.

Diketahui :

$$\bar{\tau}_p = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 80.000 \text{ N/mm}^2$$

$$D = 80 \text{ mm}$$

$$n = 10 \text{ lilitan, dan } F = 2000 \text{ N}$$

Ditanyakan :

(a) diameter kawat pegas (d)

(b) defleksi (f)

Jawab

a. Diameter kawat

$$d = \sqrt[3]{\frac{8F \cdot D}{\pi \tau_p}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \times 2000 \times 80}{3,14 \times 500}}$$

$d = 9,34 \text{ mm}$ dan selanjutnya diameter kawat pegas

$$d = 10 \text{ mm}$$

b. Defleksi pada pegas (f)

$$f = \frac{8 \cdot F \cdot D^3 \cdot n}{d^4 \cdot G}$$

$$f = \frac{8 \times 2000 \times 80^3 \cdot 10}{10^4 \times 80.000}$$

$$f = 102,4 \text{ mm}$$

Contoh 11.4

Suatu pegas tekan terbuat dari bahan baja, diketahui sebagai berikut :

- Modulus geser $G = 80.000 \text{ N/mm}^2$
- Tegangan puntir yang diizinkan $\bar{\tau}_p = 500 \text{ N/mm}^2$
- Ukuran diameter pegas 69 mm
- Jumlah lilitan $n = 10$ buah

- Beban maksimum $F = 2500 \text{ N}$

Tentukan :

- diameter kawat pegas (d)
- defleksi (f)
- Panjang pegas awal L_0 jika sewaktu mendapatkan beban maksimum kelonggaran antara lilitannya $f_c = 1 \text{ mm}$
- Panjang pada saat dibebani maksimum
- Gambarkan diagram defleksinya

Penyelesaian :

- diameter kawat pegas (d)

$$d = \sqrt[3]{\frac{8F.D}{\pi\tau_p}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \times 2500 \times 68}{3,14 \times 500}} = 9,33 \text{ mm}$$

dibulatkan : $d \approx 10 \text{ mm}$

- Defleksinya (f)

$$f = \frac{8.F.D^3n}{d^4G}$$

$$f = \frac{8 \times 2500 \times 68^3 \times 10}{10^4 \times 80.000}$$

$$= 78,608 \text{ mm}$$

- Panjang pegas awal (L_0) dimana $f_c = 1 \text{ mm}$

$$L_0 = n(d+f_c) + f$$

$$= 10(10 + 1) + 78,608$$

$$= 110 + 78,608$$

$$L_0 = 188,608 \text{ mm}$$

- Panjang pada saat dibebani :

$$L_1 = n(d+f_c)$$

$$= 10(10+1)$$

$$L_1 = 110 \text{ mm}$$

3. Rangkuman

- Pegas digunakan sebagai alat peredam getaran pada kendaraan bermotor yaitu pada suspensi atau shok-absorber, sebagai penekan pada

katup masuk atau katup buang pada motor empat langkah, sehingga katup dalam posisi tertutup, penahan gaya centrifugal pada gubernor pada poros alat pengapian sehingga putaran tidak lari, Mengembalikan posisi sepatu rem pada roda kendaraan bermotor, sendi sendi/engsel pada pintu, penahan gaya tekan pada mesin pres/pans, sebagai alat penyimpanan gaya pada jam-jam mekanik atau robot-robot mekanik dan semacamnya.

- Pegas ditinjau dari arah gaya yang bekerja pada pegas itu sendiri terdiri atas:
 - Pegas tarik
 - Pegas tekan
 - Pegas torsi/puntir
 - Pegas momen (pegas daun)
- Ditinjau dari konstruksinya pegas terdiri atas :
 - Pegas tekan dengan penampang bulat
 - Pegas ulir tekan dengan penampang bujur sangkar
 - Pegas tekan kerucut dengan penampang bulat
 - Pegas tekan dengan kerucut ganda (pegas keong)
 - Pegas tekan kerucut dengan penampang segi empat
 - Pegas ulir puntir (torsi)
 - Pegas piring tunggal
 - Pegas piring majemuk susunan searah
 - Pegas piring majemuk dengan bergantian
 - Pegas tarik silindris
 - Pegas tarik tirus ganda penampang bulat
 - Pegas daun
 - Pegas spiral

4. Tugas

Suatu pegas tekan terbuat dari bahan baja tahan karat dengan tegangan puntir yang diizinkan $\bar{\tau}_p = 400 \text{ N/mm}^2$ dan modulus geser $G = 71.000 \text{ N/mm}^2$. Ukuran diameter pegas 50 mm dengan jumlah lilitan 10 buah tentukan diameter kawat pegas dan hitung pula defleksinya, jika gaya tekan $F = 2000 \text{ N}$

5. Tes Formatif

1. Apa gunanya pegas ?, dan jelaskan contoh penggunaannya.
2. Tuliskan macam-macam pegas di tinjau dari arah gaya yang bekerja pada pegas !.
3. Tuliskan macam-macam pegas di tinjau dari penampangannya !.
4. Gambarkan salah satu konstruksi pegas tersebut !.
5. Suatu gaya sebesar 400 N bekerja pada pegas-tekan yang berdiameter 50 mm. Berapakah momen puntir yang bekerja pada pegas tersebut.
6. Tegangan-puntir yang diizinkan dari bahan pegas = 800 N/mm^2 dan diameter-kawat-pegas 8 mm. Berapa momen puntir yang diizinkan dari pegas tersebut !.
7. Suatu pegas tarik mempunyai diameter 40 mm dan tegangan puntirnya 600 N/mm^2 . Hitunglah diameter-kawat pegasnya, jika gaya tarik maksimum 100 N.
8. Suatu perbandingan diameter-pegas dengan diameter-kawat-pegas $D/d = 6$, pegas terbuat dari bahan yang mempunyai tegangan puntir yang diizinkan 1000 N/mm^2 . Hitunglah ukuran pegas tersebut.
9. Suatu pegas tekan terbuat dari bahan baja diketahui sebagai berikut :
 - Modulus-geser $G = 82.000 \text{ N/mm}^2$
 - Tegangan puntir yang diizinkan 600 N/mm^2
 - Ukuran diameter pegas 70 mm
 - Jumlah lilitan 12 buah
 - Beban tekanan maksimum 3000 NTentukan :
 - a) Diameter kawat pegas
 - b) Defleksi
 - c) Panjang pegas awal, jika kelonggaran antara lilitan sewaktu mendapat beban maksimum $f_c = 1 \text{ mm}$
 - d) Panjang saat beban maksimum
 - e) Gambarkan diagram defleksi dan gaya tekannya (skala tentukan sendiri).
10. Suatu pegas tarik dengan lilitan tertutup di ketahui :
 - Perbandingan ukuran $D/d = 8$.
 - Tegangan puntir yang diizinkan 600 N/mm^2 .
 - Modulus geser 80.000 N/mm^2 .
 - Gaya tarik maksimum 1000 N.

Tentukan :

- a) Ukuran pegas tersebut
- b) Defleksi jika jumlah lilitannya 14 buah.
- c) Panjang awal (dengan lilitan tertutup).
- d) Panjang pada saat beban maksimum !.

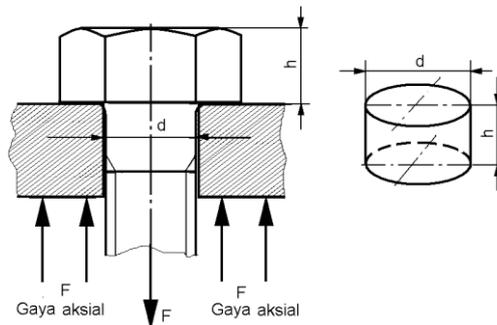
Gambarkan diagram gaya dan defleksinya (skala tentukan sendiri).

BAB III EVALUASI

Tes Akhir

Isilah pertanyaan pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apa fungsi sambungan pada komponen mesin.
2. Tuliskan tiga macam ulir standar.
3. Apa yang dimaksud dengan tanda M 12 X 1,5 baut.
4. Suatu bahan akan dibuat ulir UNC dengan diameter dasar $3/4$ inchi
Tentukan ukuran diameter minor untuk ulir baut dan mur UNC tersebut, jika beban tarik pada baut 15 KN .
5. Hitung tegangan geser pada kepala baut standar M10 dengan tinggi kepala baut $0,7 d$, jika beban geser adalah 10 KN



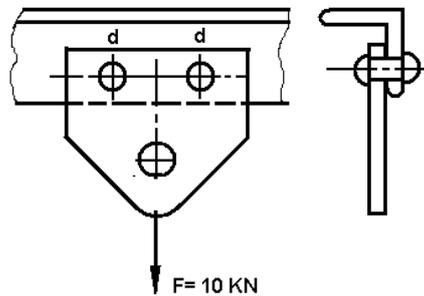
6. Apa yang dimaksud dengan sambungan permanen.
7. Apa fungsi sambungan kelingan.
8. Pada pekerjaan pelat, ditinjau dari kekuatannya sambungan kelingan ada berapa macam ? jelaskan dengan contohnya !
9. Suatu konstruksi dengan sambungan kelingan berimpit, lihat gambar halaman berikut!.

Diketahui :

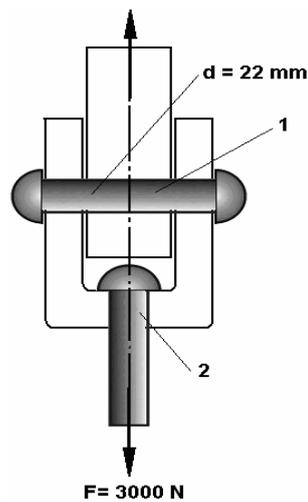
Beban $F = 20 \text{ KN}$,
 Jumlah paku keling 2 buah

Tegangan yang diizinkan $\tau_g = 80 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

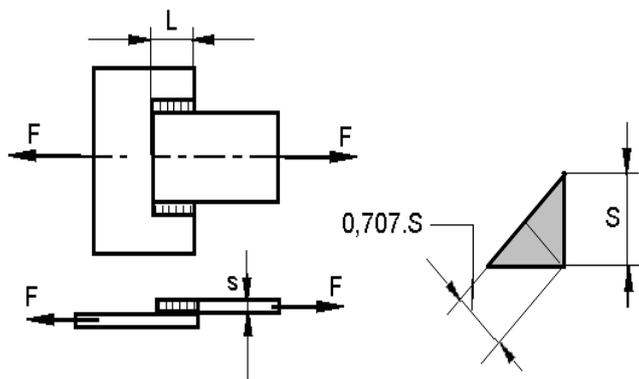
Hitung diameter paku keling.



10. Suatu konstruksi sambungan kelingan seperti terlihat pada gambar berikut, diketahui :Diameter paku keling $d = 22 \text{ [mm]}$ Gaya $F = 3000 \text{ N}$ Hitung tegangan geser yang terjadi pada paku keling No.1.

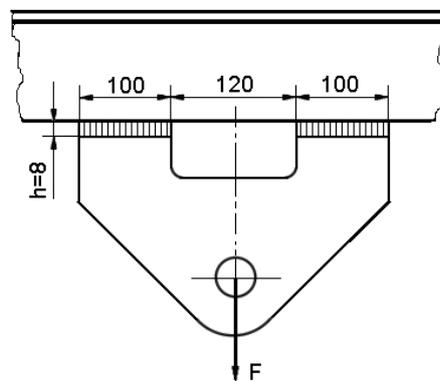


11. Suatu konstruksi sambungan las seperti terlihat pada gambar dibawah : $L = 50 \text{ mm}$, tegangan tarik yang di izinkan $\sigma_t = 120 \text{ [N/mm}^2\text{]}$, dan tegangan geser yang di izinkan $\tau_g = 0,8 \sigma_t$. Hitunglah besarnya beban F yang diizinkan.



12. Bagian dari konstruksi las seperti tampak pada gambar berikut , diketahui :

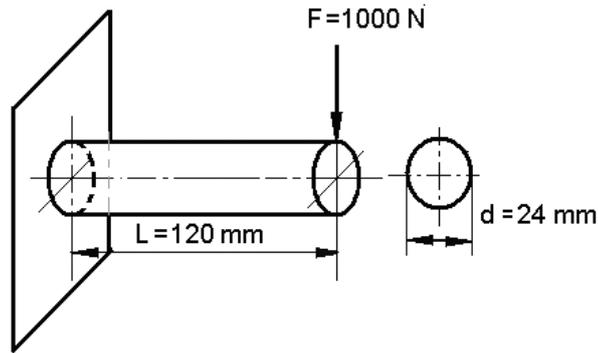
- Elektroda yang di pakai E 6013
- Faktor keamanan 5
- Tebal lasan $h = 8$
- Ukuran lainnya lihat gambar



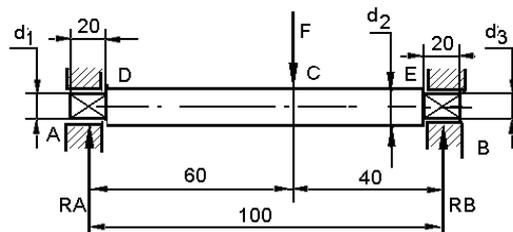
Hitung :

- a. Tegangan tarik yang di izinkan
- b. Luas penampang las
- c. Gaya tarik maksimum F

13. Suatu poros dengan panjang $L=120$ mm pada ujung sebelah kiri dilas dan ujung lainnya dibebani dengan gaya $F= 1000$ N , hitunglah tegangan lengkung pada poros tersebut jika diameter poros adalah $d = 24$ mm . lihat gambar berikut !



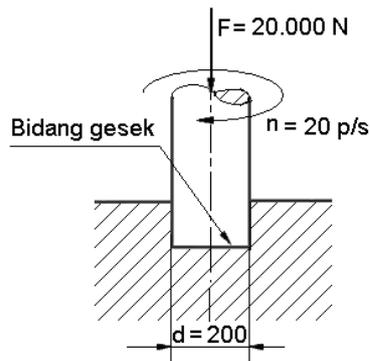
14. Suatu poros mempunyai konstruksi seperti terlihat pada gambar berikut



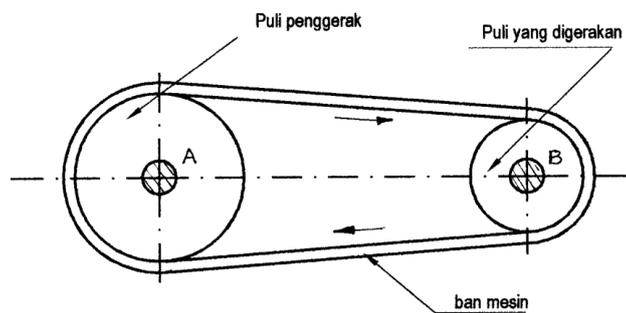
15. Suatu poros tegak dengan ujung rata ukurannya $d = 200$ mm mendapatkan gaya 20.000 N dengan putaran 20 p/s koefisien gesek $\mu = 0,05$.

Hitunglah:

- Gaya gesek
- Momen gesek
- Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan watt
- Daya yang hilang akibat gesekan dalam satuan TK
- Jumlah kalor yang timbul setiap jamnya

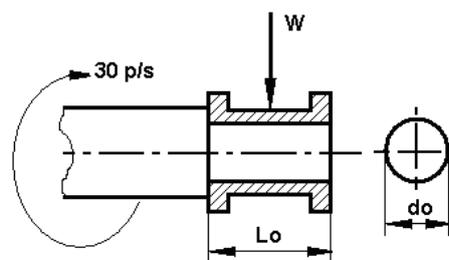


16. Suatu poros dari mesin bor dengan transmisi roda sabuk seperti terlihat pada gambar berikut : diketahui poros A dengan puli penggerak mempunyai ukuran 200 mm , poros B dengan puli yang digerakan mempunyai ukuran 100 mm , putaran poros pada puli A yaitu 150 rpm . Tentukan angka transmisi dan putaran pada poros yang digerakannya !



17. Suatu bantalan radial diketahui :

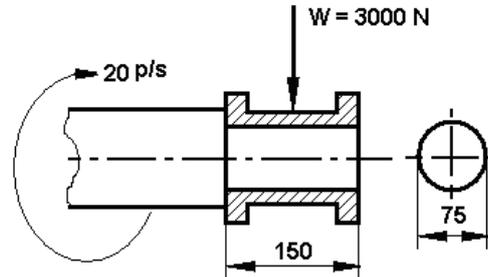
- o Diameter poros 40 mm;
- o Panjang bantalan $L_o = 2 \cdot d_o$;
- o Koefisien gesek 0,03
- o Putaran 30 p/s.



Tentukan :

- a. Momen gesek
- b. Daya yang hilang akibat gesekan

- c. Jumlah kalor yang hilang akibat gesekan
 - d. Tekanan bidang pada bantalan .
18. Lihat gambar berikut :

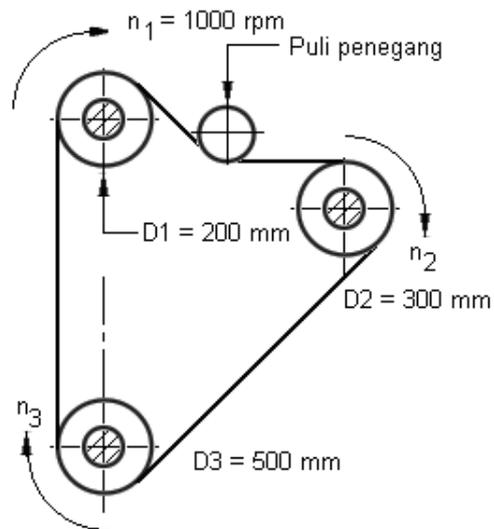


Suatu bantalan radial diketahui :

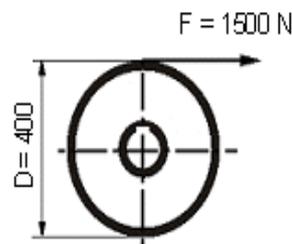
- o Diameter poros 75 mm;
- o Panjang bantalan $L_o=150$ mm ;
- o Koefisien gesek 0,03 ;
- o Putaran 20 p/s.
- o Beban pada bantalan $W = 3000$ [N]

Tentukan :

- a. Momen gesek
 - b. Daya yang hilang akibat gesekan
 - c. Jumlah kalor yang hilang akibat gesekan
 - d. Tekanan bidang pada bantalan
19. Diketahui lihat gambar berikut
- o Diameter puli kecil $D_1 = 200$ mm
 - o Diameter puli kecil $D_2 = 300$ mm
 - o Diameter puli kecil $D_3 = 500$ mm
 - o Putaran puli kecil $n_1 = 1000$ rpm
- Tentukan :
- Putaran poros n_2 dan n_3 .



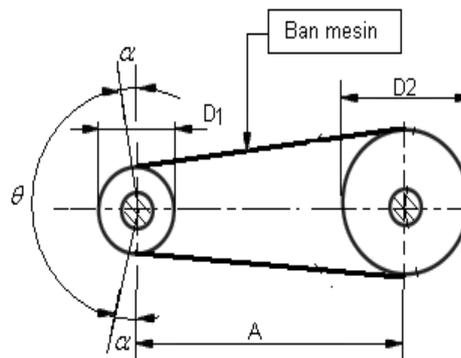
20. Suatu roda berputar dengan gaya keliling $F = 1500 \text{ N}$. Hitunglah momen putarnya, jika diameter roda $D=400 \text{ mm}$. Lihat gambar berikut



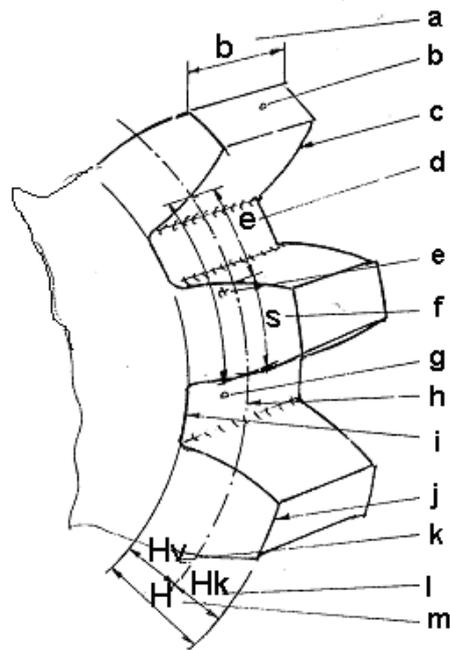
21. Diketahui lihat gambar
- Diameter puli kecil $D_1 = 300 \text{ mm}$
 - Diameter puli besar $D_2 = 600 \text{ mm}$
 - Jarak antara poros $A = 2000 \text{ mm}$

Tentukan :

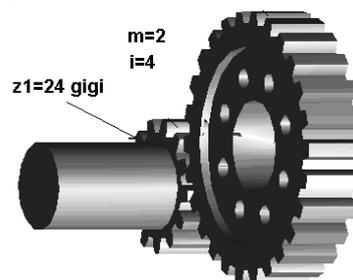
- a. Panjang ban sabuk yang dibutuhkan dalam satuan meter
- b. Sudut kontak dalam radial dan derajat



22. Dua poros masing masing poros penggerak dan poros yang digerakan, untuk menyambung kledua poros tersebut diperlukan alat alat / elemen mesin tertentu , sebutkan nama alat penyambung poros tersebut.
23. Apa perbedaan kopling tetap dengan kopling tidak tetap.
24. Sebutkan macam macam bentuk kopling tetap.
25. Kopling apa yang biasa digunakan pada kendaraan.
26. Sebutkan macam macam kopling gesek .
27. Sebutkan macam macam material / bahan untuk pembuatan kopling flens
28. Diketahui :kopling flens dengan data sebagai berikut :
 - Jumlah baut 6 buah dengan faktor keamanan 6 dan faktor koreksi 2.
 - Diameter baut terkecil 14 mm
 - Flens dengan faktor keamanan 6 dan faktor koreksi 2.
 - Daya yang dipindahkan 42 Kw
 - Putaran $n = 15$ p/s
 - Tentukan : Momen puntirnya
29. Apa gunanya rantai.
30. Tuliskan macam macam rantai.
31. Berapa ukuran standar rantai nomor 60 ?, gambarkan.
32. Apa fungsi roda gigi pada alat alat komponen mesin.
33. Sebutkan / tuliskan macam macam roda gigi.
34. Bahan apa yang dapat digunakan untuk membuat roda gigi pada peralatan mesin ?
35. Sebutkan bagian bagian utama dari roda gigi berikut



36. Apa yang dimaksud dengan modul gigi.
37. Apa yang dimaksud dengan angka transmisi.
38. Sepasang roda gigi lurus / silindris , masing mempunyai gigi 30 dan 50 gigi , dan modulnya 3 . hitunglah ukuran utama roda gigi tersebut .
39. Sepasang roda gigi akan dibuat dengan modul $m = 2 \text{ mm}$, dengan lebar giginya $b = 10 \text{ mm}$, angka transmisinya $i = 4$. Tentukan ukuran utama kedua roda gigi tersebut ! , jika jumlah gigi pada roda gigi kecil = 24 gigi. Lihat gambar berikut :



40. Apa gunanya ring pegas
41. Jika ring dibebani dengan gaya aksial, tegangan apa yang terjadi pada ring tersebut.
42. Tuliskan dua macam ring pegas.
43. Apa gunanya sil.
44. Tuliskan macam macam sil.

45. Apa gunanya pegas ?, dan jelaskan contoh penggunaannya.
46. Tuliskan macam-macam pegas di tinjau dari arah gaya yang bekerja pada pegas !.
47. Tuliskan macam-macam pegas di tinjau dari penampangannya !.
48. Gambarkan salah satu konstruksi pegas tersebut !.
49. Suatu gaya sebesar 400 N bekerja pada pegas-tekan yang berdiameter 50 mm. Berapakah momen puntir yang bekerja pada pegas tersebut.
50. Suatu pegas tarik mempunyai diameter 40 mm dan tegangan puntirnya 600 N/mm². Hitunglah diameter-kawat pegasnya, jika gaya tarik maksimum 100 N.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwari , Ir.1978. “*Sisttem Satuan Internasional*”, Jakarta , Depdikbud
- Arif Darmali . Ir . 1977. Ilmu Gaya .Jakarta ; depdikbud RI.
- Bambang Priambodo, Ir, 1979, “*Teknologi Mekanik*”, Jakarta , Erlangga.
- Djaidar Sidabutar, Drs. Sutarto SM.1979, “*Petunjuk pengukuran dan pemeriksaan bahan*”, Jakarta Depdikbud.
- John Stefford dkk, 1986. Teknologi kerja logam . Jakarta , Erlangga
- Kasbolah MP,Drs, Salipoen TS, Drs. 1982 “ *Pengetahuan bahan dan perkakas otomotip*” , Jakarta , Depdikbud.
- Khurmi RS , JK Gupta . 1978 . Theory of Machine . New Delhi : S.Chan.
- Sarjono Bsc, Mashudi Bsc. 1978 . “*Pengetahuan bahan* “. Jakata , Depdikbud
- Sarjono, Wiganda BE, 1977. “*Teknologi Mekanik I,II*”, Jakarta , Depdikbud.
- Soemadi . Drs , Nazwir .Drs . 1979 . Ilmu Mekanika Teknik . Jakarta ; Depdikbud RI.
- Spotts. 1959. Design of Machine Elements. Tokyo ; Maruzen.
- Sugiharto Hartono N . Ir , Sudalih. Drs , Suarpraja Teja .Ir . 1978 . Ilmu Mekanika Teknik . Jakarta ; Depdikbud RI.
- Tata Surdia Ir. M.S.Met.E Kenji Chijiwa Dr. Prof. 1975. Teknik Pengecoran Logam, Jakarta, Pradnya Paramita.
- Thimoshenco and Young. 1974 . Enginering Mechanics . Tokyo : Mc Graw-Hill.
- Thimoshenco and Young. 1974 . Enginering Mechanics . Tokyo : Mc Graw-Hill
- Wahyudin K Ir. Wahyu Hidayat Drs 1979, Pengetahuan logam,Jakarta Depdikbud