

PROSES *THREAD ROLLING* (PROSES PEMBUATAN ULIR)

Thread rolling merupakan salah satu proses produksi ulir disamping proses lainnya yang menggunakan proses pemesinan. Proses-proses yang digunakan untuk menghasilkan ulir antara lain adalah :

1. *Thread cutting*,
2. *Thread grinding*,
3. *Thread milling*,
4. *Thread rolling*.

Dari keempat proses diatas, proses *thread rolling* menggunakan proses pembentukan dalam operasinya, sedangkan proses lainnya digunakan proses pemesinan.

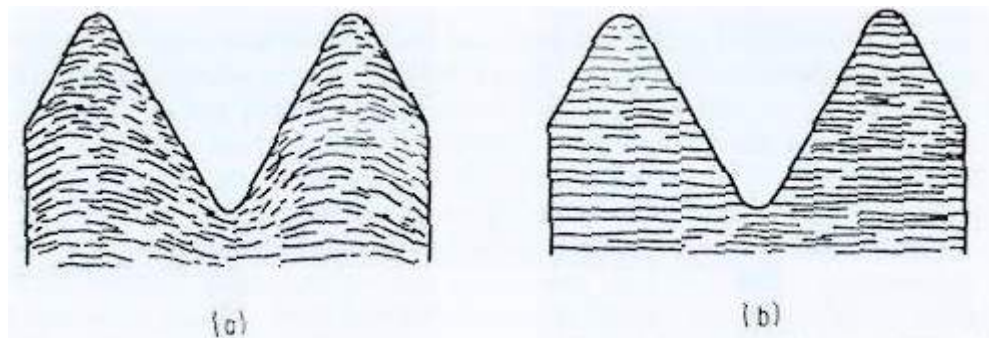
Dalam operasinya, material kerja yang berbentuk silindris pejal dijepit diantara dua atau tiga *dies* yang berbentuk silindris atau plat, tergantung dari jenis *thread rolling* yang digunakan, yang memiliki ulir. Selanjutnya, material kerja ditekan di sisi-sisi yang kontak dengan *dies*. Kemudian diputar akibat putaran *dies* yang berputar atau bergerak secara aksial, untuk jenis *dies* plat. Setelah selesai dirol, terbentuk ulir disekeliling material kerja.

Proses *thread rolling* memiliki beberapa keuntungan teknik. Keuntungan teknik pada proses *thread rolling* antara lain adalah :

- Derajat tinggi untuk keakuratan profil.
- Ulir lebih kuat. Ulir yang dirol juga mengalami perubahan kekuatan geser, saat serat material di bentuk ulang menjadi garis mengikuti kontur ulir seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.1.a. Beberapa ulir menentang alur karena kegagalan akibat geser dapat terjadi hanya menyeberang butir, ketika dalam pemotongan atau penggerindaan ulir, kegagalan akibat geser akan terjadi paralel terhadap butir. (lihat Gambar 2.1.b).
- Sisi-sisi ulir mengkilap.
- Ketahanan aus meningkat. Pengerjaan dingin yang dikategorikan dalam pembentukan rol menghasilkan suatu permukaan kerja yang dikeraskan dengan peningkatan hingga 10 persen dalam kekuatan tarik seperti diperlihatkan pada Gambar 2.2. Ditambah lagi, karena

kekerasan permukaan dan penyelesaian permukaan yang baik dan sifat tahan aus meningkat seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3.

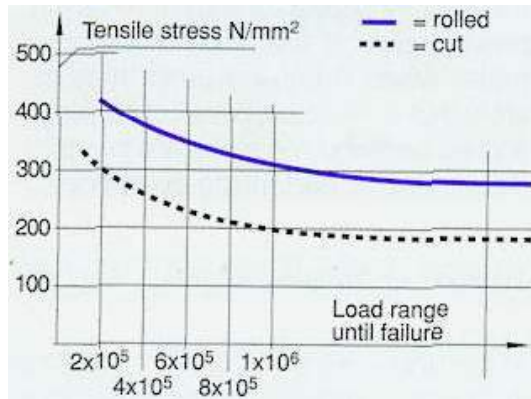
- Umur *fatigue* meningkat. Suatu akibat yang amat penting dari *thread rolling* adalah perubahan pada umur *fatigue* yang meningkat hingga sepuluh kali dari yang dihasilkan proses pemotongan atau penggerindaan ulir. Ketahanan *fatigue* dihasilkan oleh tegangan sisa tekan yang terjadi pada baut selama pengerolan. Karena perlakuan panas berikut akan mengurangi tegangan, hal ini secara mutlak perlu untuk mengerol ulir setelah perlakuan panas untuk mendapatkan keuntungan penuh dari keistimewaan ini.



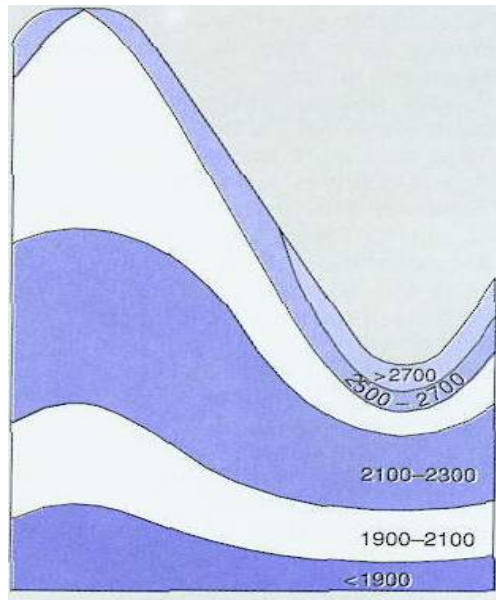
Gambar 2.1 Tipe aliran butir : (a) pada ulir yang dirol; (b) pada ulir yang dimesin. (Diambil dari *Tool And Manufacturing Engineers Handbook* – McGraw Hill).

Selain keuntungan teknik, proses *thread rolling* juga memiliki beberapa keuntungan ekonomis. Keuntungan ekonomis yang ditawarkan pada proses *thread rolling* antara lain, adalah :

- Waktu pengerjaan yang relatif singkat.
- Umur *dies* yang cukup panjang.
- Operasi pengerjaan relatif sederhana.



Gambar 2.2 Pengujian *fatigue* untuk ulir yang dimesin dan dirol (Diambil dari *FETTE Radial Thread Rolling Systems* – Wilhelm FETTE GmbH).



Gambar 2.3 Peningkatan kekerasan ulir yang dirol dibandingkan dengan bagian dibawah permukaan ulir. (Diambil dari *FETTE Radial Thread Rolling Systems* – Wilhelm FETTE GmbH).

2.1.1. Klasifikasi Proses *Thread Rolling*

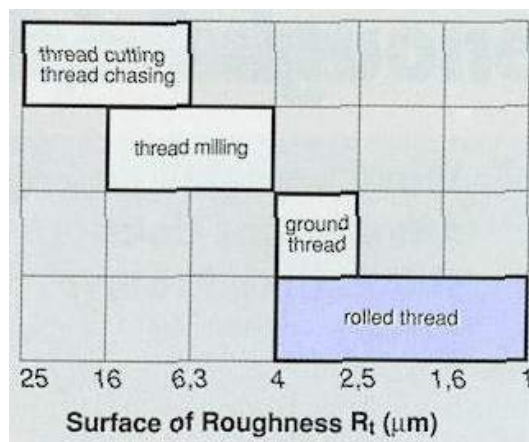
Klasifikasi proses *thread rolling* dibagi atas :

1. Berdasarkan bentuk *dies* :
 - a. *Dies* berbentuk silinder pejal (*cylindrical-die machine*), terdapat beberapa macam mesin *thread rolling* yang menggunakan *dies* berbentuk silinder. Diantaranya adalah :
 - Proses *thread rolling* dengan dua *dies*. Lihat Gambar 2.8 (a).
 - Proses *thread rolling* dengan tiga *dies*. Lihat Gambar 2.8 (b).

- Proses *thread rolling* dengan *die* silindris besar yang memiliki sumbu tetap dan *die* cekung stasioner yang mengelilingi *die* tetap (*planetary dies*). Lihat Gambar 2.9.
 - b. *Dies* berbentuk plat datar (*flat-die machine*). Lihat Gambar 2.6.
2. Berdasarkan arah gaya penekanan *dies* :
- a. Arah gerak tangensial (*tangential thread rolling machine*)
 - b. Arah gerak radial (*radial thread rolling machine*). Material kerja satu sumbu dengan *dies*.

Material Kerja Untuk Proses *Thread Rolling*

Thread rolling adalah suatu proses untuk memproduksi ulir pada benda kerja silindris atau konis dengan menggunakan proses pembentukan. Bentuk helik atau annular dihasilkan dari membentuk atau pengaturan kembali material polos, tidak membuang sebagian material seperti pada proses *thread cutting* atau *grinding*. Perbandingan penyelesaian permukaan di antara proses produksi ulir dapat dilihat pada Gambar 2.4. Laju produksi umumnya lebih tinggi dibanding yang dihasilkan *cutting* atau *grinding*, dan ulir yang dihasilkan mengalami perubahan sifat kekuatan dan *fatigue*, permukaan yang dihasilkan lebih bagus dan permukaan kerja yang dikeraskan merupakan keuntungan tambahan. Kebanyakan pengerolan dilakukan dengan material polos pada temperatur ruangan, meskipun panas bisa diterapkan untuk memudahkan pembentukan logam, kebanyakan lebih sering pada kasus material dengan kekerasan tinggi.



Gambar 2.4 Perbandingan permukaan yang dihasilkan *thread rolling* dengan metode pemesinan lainnya. (Diambil dari *FETTE Radial Thread Rolling Systems* – Wilhelm FETTE GmbH).

Baja karbon rendah yang digunakan untuk material polos biasanya ideal untuk pengerolan, juga baja paduan dan karbon digunakan untuk material polos dengan jenis bervariasi. Material untuk bagian-bagian yang membutuhkan pemesinan luas sering mengalami tambahan pemesinan bebas seperti sulfur atau timah.

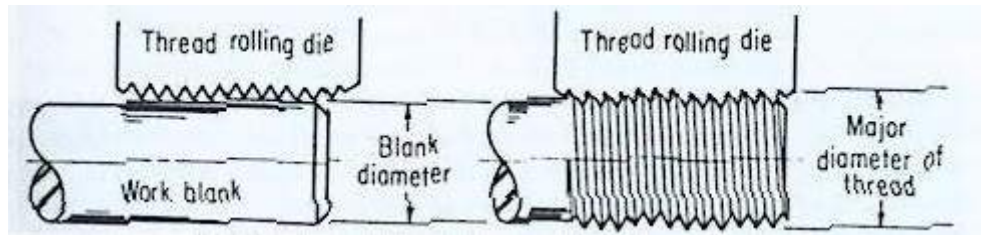
Aluminium umumnya bagus untuk dibentuk dan menghasilkan permukaan yang bagus dalam kondisi yang lebih lunak. Aluminium dengan kekuatan tarik lebih tinggi, dihasilkan dari *strain hardening* atau *heat treatment*, bisa membentuk permukaan “kulit jeruk” yang kasar, terutama sekali pada puncak ulir. Material lebih keras rentan terpotong.

Tembaga dan tembaga paduan kecuali kandungan timah baik untuk dirol. Paduan tembaga-seng digunakan dalam mesin screw biasanya memiliki aditif pemesinan bebas, dan ketika beberapa material polos di rol, spesifikasi material mesti secara hati-hati dipertimbangkan untuk menghasilkan sifat mampu mesin dan pengerolan yang baik. Cupronickel dan perunggu pospor biasanya bisa dirol dengan baik, perunggu silikon dan aluminium yang menghasilkan hasil jelek tergantung pada paduan spesifik yang digunakan.

Pada Tabel 2.1 dimuat rating sifat mampu rol berdasarkan permukaan yang dihasilkan dan umur *die* relatif untuk beberapa material yang biasanya digunakan.

Proses Pembentukan Ulir

Ulir atau pembentukan lainnya dihasilkan pada benda kerja ulet dengan perputaran benda kerja silindris atau konis diantara dies baja yang dikeraskan, jadi bentuk pada permukaan dies membekas pada benda kerja. Diameter benda kerja polos lebih kecil daripada diameter terluar akhir, jadi material yang ditekan akan mengalir keluar untuk membentuk puncak ulir seperti diperlihatkan pada Gambar 2.5. *Die* bisa berbentuk datar atau silindris sesuai yang dibutuhkan mesin pengerolan yang digunakan.

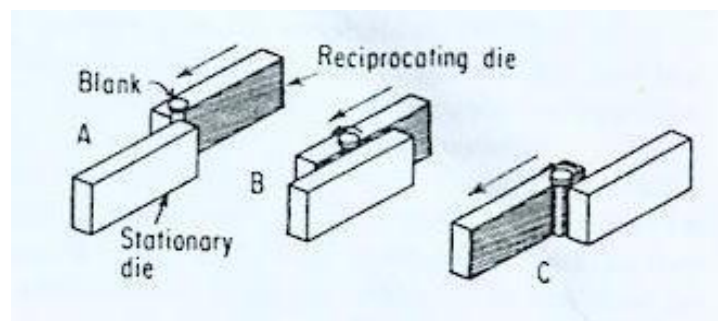


Gambar 2.5 Pemisahan material pada proses *thread rolling*. (Diambil dari *Tool And Manufacturing Engineers Handbook* – McGraw Hill).

Dies Untuk Mesin Thread Rolling

Dies Datar

Die datar dioperasikan dengan mengerol material polos di sepanjang *die* stasioner dengan gerakan melintang *die* bergerak, seperti digambarkan dalam Gambar 2.6. Jarak antara *dies* sama dengan diameter kerja yang dihasilkan. Suatu mekanik atau secara *pneumatic* dioperasikan memulai posisi menyentuh material polos dalam *dies*. Material polos kemudian dirol diantara permukaan *dies* dan ditekan secara progresif hingga ukuran akhir dicapai lebih dulu pada material polos selesai di penghujung *dies*. Dalam tipe pengerolan datar laju penekanan dimulai dengan jumlah total putaran material polos yang terdapat pada panjang *die*. Tiap ukuran mesin memiliki panjang *die* maksimum yang memulai jumlah putaran kerja.



Gambar 2.6 *Die* datar : (a) awal siklus pembentukan; (b) posisi *dies* setelah menyelesaikan setengah pembentukan ulir; (c) selesai siklus. (Diambil dari *Tool And Manufacturing Engineers Handbook* – McGraw Hill).

Putaran kerja yang dianjurkan bervariasi dari 5 sampai 10, seperti diperlihatkan dalam Tabel 2.2, dengan putaran kerja yang dibutuhkan lebih tinggi untuk material lebih keras. Dalam beberapa aplikasi seperti ulir yang panjang, atau

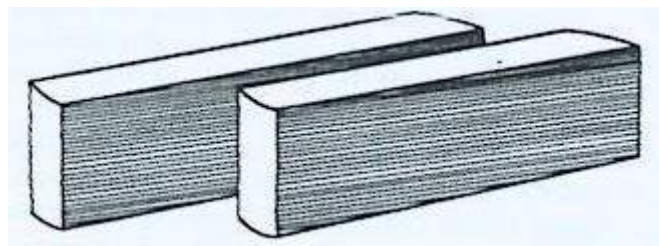
Tabel 2.1 Sifat mampu rol beberapa material untuk *thread rolling*, kaitannya dengan penyelesaian permukaan dan umur *dies*. (Diambil dari *Tool And Manufacturing Engineers Handbook* – McGraw Hill).

Material	Thread finish	Rollability rating				Remarks	
		Soft	Relative die life				
			R _C 15-25	R _C 26-32	R _C 33-40		
Straight carbon steel 1005-1095.....	E	H	H-M	M	L	Preferred materials for rolling	
Free-machining steel: 1111-1141 except 1112, 1113, 1116, 1119, and 1139.....	G	H	H-M	M	...	These have high sulfur content and may not be satisfactory for severe forming such as acme or other wide root forms	
1112, 1113, 1116, 1119, and 1144.....	F	H	H-M	M	...		
Leaded steel 11L17, 11L41, 12L14, and 12L15.....	G	H	M	...	...	Leaded steels have a tendency to produce laps or flakes and are not recommended for severe forming	
Alloy steel: 1330-1345.....	E	H	H-M	M	L	Generally excellent finish and quality. Die life decreases with higher hardness and in some cases with higher alloy content	
4012-4047, 4118-4161 4320-4340, 4615-4626, 4815, 4817, 4820, 5120-5160, 51100, 52100.....	E	H-M	M	M-L	L		
Stainless steel: 301-347.....	E	...	L	L	...		Work-hardening type, minimum crest seam but low die life
403-446.....	E	...	M	L	...		Better die life and moderate crest seam as compared with 300 series
Titanium: Gal-4V.....	G-P	...	...	L	...		Finish varies depending on material and rolling conditions
Copper: Phosphor, electrolytic.....	E	H					
Leaded.....	G	H					
Brass: Free-cutting.....	F	H					
Cartridge.....	E	H					
Naval.....	F-G	H					
Leaded naval.....	P	H					
Bronze: Commercial.....	E	H				Generally excellent rollability, but work-hardening properties reduce die life	
5% phosphor, grade A.....	E	H					
free-cutting phosphor.....	F	H					
Nickel aluminum.....	P	M					
Manganese (A).....	P	M					
Cupronickel, 20%.....	E	M					
Nickel, Monel.....	E	M					
Inconel.....	F	M					
Aluminum: 1100-0.....	E	H					Susceptibility to slivering increases with hardness, particularly when rolling full or slightly overrolling
1100-H18.....	G	H					
2011-T3.....	F	H					
2017-T4, 2024-T4.....	G	H					

Keterangan : Penyelesaian ulir diurut berdasarkan kategori E, *excellent*; G, *good*; F, *fair*; P, *poor*;
Umur *die* relatif ditandai dengan H, *high*; M, *moderate*; L, *low*.

material lebih keras, dimana beban mesin tinggi, putaran kerja lebih, yaitu, mesin lebih besar, lebih menguntungkan. Dan juga dibawah kondisi ideal dan dengan material lunak, putaran kerja lebih sedikit dihasilkan oleh mesin lebih kecil akan lebih praktis dan dapat menghasilkan laju produksi lebih tinggi.

Dies digunakan untuk pengerolan *die* datar yang dibuat dalam berpasangan dengan bentuk kebalikan dari bentuk ulir yang digerinda atau dimesin pada permukaan pengerolan. Saat tiap *die* memiliki dua permukaan pengerolan seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.7, dikenal sebagai “*dies* permukaan rangkap” merupakan berlawanan terhadap permukaan *single*. Bentuk ulir adalah sudut yang menyeberang dari *die* pada suatu sudut yang sama dengan sudut awal bagian, jadi baut akan menyeberangi dies tanpa pergerakan aksial yang besar, memungkinkan ulir untuk dirol dekat dengan bidang atau kepala baut.



Gambar 2.7 Sepasang *dies* permukaan rangkap. (Diambil dari *Tool And Manufacturing Engineers Handbook* – McGraw Hill).

Tabel 2.2 Putaran kerja yang diharapkan untuk pengerolan *die* datar. (Diambil dari *Tool And Manufacturing Engineers Handbook* – McGraw Hill).

Type of thread	Material	Hardness	Preferred revolutions* of blank
Machine screw, Types B, C tapping screw	Aluminum	Soft	5-6
	Brass	Soft	5-6
	Steel 1010-1025	Soft	5-6
	Steel 30-50 carbon or alloy	15-25 RC	6-7
		26-32 RC	7-8
		33-40 RC	8-10
	Stainless steel	300 series (chrome-nickel alloy)	7-8
		400 series (chrome alloy)	6-7
Type F tapping screw	Steel 1010-1025	Soft	6-7
Type A tapping, and wood screw	Aluminum	Soft	5-6
	Brass	Soft	5-6
	Steel, 1010-1020 (basic wire)	Soft	5-6
Lag screw	Steel 1010-1020	Soft	7-8
Pipe	Aluminum	Soft	5-6
	Brass	Soft	5-6
	Steel 1010-1025	Soft	5-6
	Steel 30-50 carbon on alloy	15-25 RC	6-7

* Ulir panjang pada baja kadang-kadang membutuhkan putaran lebih banyak dibanding ulir yang lebih pendek.

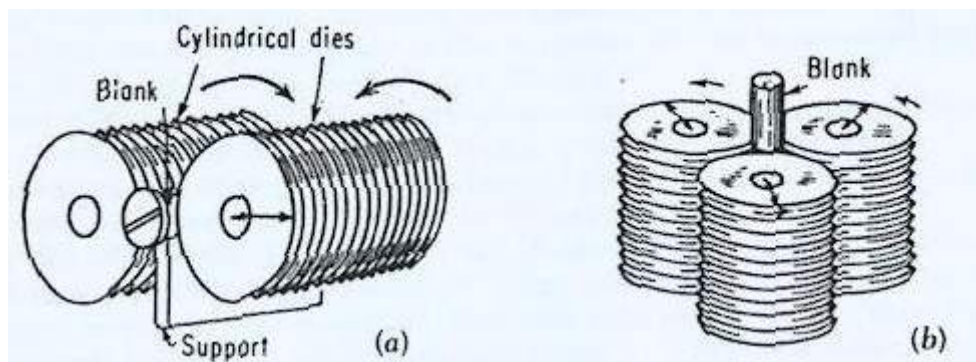
Die Silindris

Jenis pengerolan dengan *die* silindris yang menggunakan dua atau tiga *dies* seperti diperlihatkan Gambar 2.8. Material kerja berputar berlawanan arah dengan putaran *dies* yang searah antara satu dengan lainnya dan berputar seiring dengan putaran *dies*. Selain gerak rotasi, *dies* juga melakukan gerak translasi yang salah satu *dies* bergerak mendekati *dies* lainnya yang selanjutnya akan menekan *dies*.

Jenis mesin *thread rolling* dengan *die* silindris yang lazim memiliki dua atau tiga *dies* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.8. Dihasilkannya ulir dengan cara material kerja berputar seiring dengan perputaran *dies*, saat bersamaan *dies* saling mendekat satu sama lain, yang selanjutnya dihasilkan bentuk ulir seperti bentuk ulir pada *dies*. Setelah selesai material kerja yang telah terbentuk ulir tersebut diambil dan dilanjutkan material kerja polos selanjutnya dan diperlakukan dengan proses yang sama.

Diameter *die* maksimum pada mesin tiga *dies* adalah lima hingga enam kali diameter material kerja disebabkan ukuran bantalan spindel terbatas. Dan untuk alasan inilah beberapa mesin tidak lazim digunakan untuk ukuran ulir dibawah 0,25 inci dan dibatasi panjang ulir dan kapasitas kekerasan material kerja dalam ukuran lebih kecil.

Mesin dengan menggunakan *die* silindris direkomendasikan untuk material kerja yang terlalu besar untuk dirol secara memuaskan dengan mesin yang menggunakan *dies* datar atau *dies planetary*.

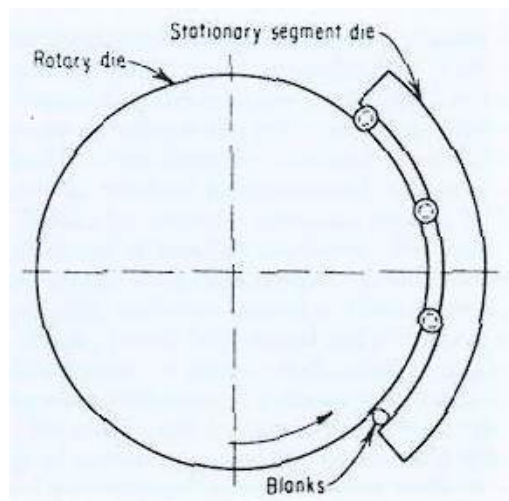


Gambar 2.8 Tipe *die* silindris : (a) Tipe dua *dies*; (b) Tipe tiga *dies*. (Diambil dari *Tool And Manufacturing Engineers Handbook* – McGraw Hill).

Mesin dengan dua atau tiga *dies* dapat juga menghasilkan ulir dengan metode *throughfeed* atau dengan kombinasi metode *infeed* dan *throughfeed*. *Dies* untuk pengerolan *infeed* didesain dengan sudut kepala ulir kira-kira sama dengan sudut kepala ulir yang dihasilkan sehingga penyimpangan aksial yang terjadi selama pengerolan dapat diminimumkan.

Dies Planetary

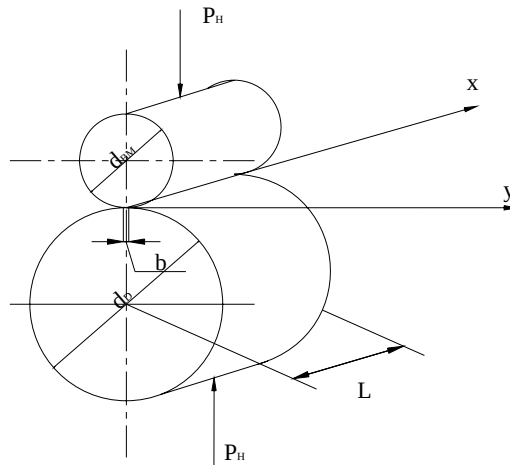
Mesin *thread rolling* dengan *dies planetary* memiliki *die* silindris berputar pada sumbu tetap dan satu atau lebih segmen *die* cekung stasioner ditempatkan pada lintasan jarak dari batas luar *die* berputar seperti diperlihatkan pada Gambar 2.9. Material kerja diselipkan diantara *die* berputar dan *die* segmen cekung dalam sekejap dimulai, dan material kerja dirol diantara dua *dies* dan berlanjut terus hingga akhir segmen.



Gambar 2.9 Prinsip *thread rolling planetary*. (Diambil dari *Tool And Manufacturing Engineers Handbook* – McGraw Hill).

2.2. TEORI PERANCANGAN

Pada mesin *thread rolling* dengan dua *die* silindris, sesuai dengan mesin yang akan dibuat, dibutuhkan perhitungan torsi pada *dies* sebagai langkah awal. Untuk mendapatkan torsi yang terjadi pada material polos dapat diketahui dengan terlebih dahulu diketahui variabel-variabel b , C_E dan K_D dengan menggunakan Persamaan 2.1, Persamaan 2.2 dan Persamaan 2.3.



Gambar 2.10 Penguraian gaya pada *dies* dan material polos⁴⁾

Berdasarkan Gambar 2.10 maka dapat ditentukan nilai torsi yang terjadi pada material polos, dimana :

P_H = Gaya penekanan dari hidrolik yang nilainya merupakan gaya yang dibutuhkan untuk menekan material polos sedalam selisih diameter mayor dengan diameter minor

L = Panjang kontak (mm)

B = Lebar kontak (mm)

d_{BM} = Diameter material polos (mm)

d_D = Diameter *dies* (mm)

Dimana

$$b = \sqrt{\frac{F}{\pi L}} C_E K_D \quad \text{pers 2.1}$$

$$C_E = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \quad \text{pers 2.2}$$

$$K_D = \frac{D_{BM} D_D}{D_{BM} + D_D} \quad \text{pers 2.3}$$

Berdasarkan tabel B1 /4/ didapatkan nilai :

E = Modulus elastisitas

$$E_1 = E_{BM} = 2.069 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

$$E_2 = E_D = 0.69 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

μ = Poisson's ratio = 0,3⁴⁾ (Untuk material logam)

Tegangan normal yang terjadi di sepanjang panjang kontak selebar b (σ_{zo}) dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.4:

$$\sigma_{zo} = \frac{-2 F}{\pi b L} \quad \text{pers 2.4}$$

Dengan menggunakan Persamaan 2.5 maka akan didapatkan nilai tegangan geser maksimum ($\tau_{\max}$).

$$\tau_{\max} = \frac{1}{3} \sigma_{zo} \quad \text{pers 2.5}$$

Dari Persamaan 2.5, maka hasil tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan nilai torsi yang terjadi pada material polos (T_{BM}). Untuk mendapatkan nilai torsi digunakan Persamaan 2.6.

$$T = \frac{\pi d_{BM}^3 \tau}{16} \quad \text{pers 2.6}$$

Jadi untuk memutar *dies* dibutuhkan torsi yang nilainya lebih besar dari torsi pada material polos sehingga *dies* akan mampu memutar material polos.

2.3.1. Komponen Pendukung Sistim Penggerak

a. Motor

Motor merupakan sumber penggerak utama dalam sistim pembuatan ulir dengan mesin *thread rolling* yang akan didesain, dimana daya yang dihasilkan oleh motor akan ditransmisikan melalui suatu sistim transmisi hingga menghasilkan torsi yang diinginkan.

Penentuan torsi keluaran motor (T_M)

Nilai dari torsi ini dapat dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 2.7

$$T_M = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \text{ (kg.mm)} \quad \text{pers 2.7}$$

$$P_d = f_c \cdot P \text{ (kW)} \quad \text{pers 2.8}$$

dimana :

P_d = Daya rencana (kW)

n_1 = Putaran poros dari motor (rpm)

P = Daya yang keluar dari motor penggerak (kW)
(1 kW = 0.735 Hp)

f_s = faktor keamanan yang diambil, yang disesuaikan dengan kondisi kerja sistim (lampiran tabel B/2³)

Penentuan kecepatan keluaran dari motor (V_M)

Dengan menggunakan Persamaan 2.9 maka akan didapatkan berapa besarnya kecepatan yang dihasilkan oleh motor.

$$V_M = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{pm} \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \quad \text{Pers 2.9}$$

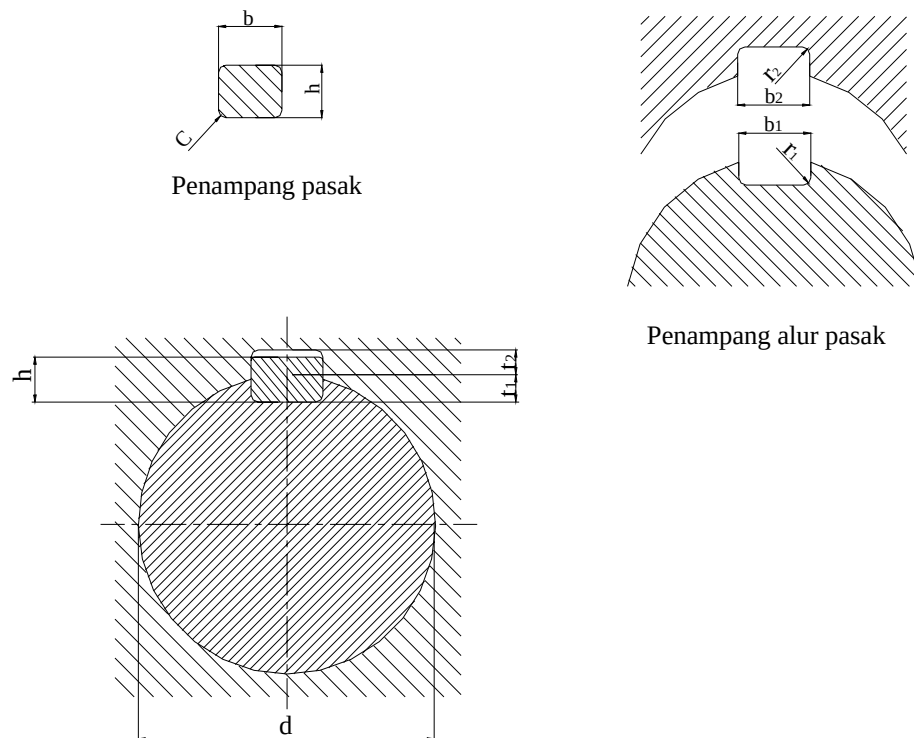
Dimana :

r_{pm} = Jari-jari poros transmisi pada motor

b. Pasak

Pasak digunakan untuk menggabungkan antara poros dengan benda lain dimana diinginkan agar terjadi kesamaan gerak dalam arah radial sehingga putaran pada poros akan sama dengan benda yang digabungkan tadi.

Perencanaan pasak sangat dipengaruhi oleh diameter poros. Dimensi pasak dapat dilihat pada lampiran Tabel B2 /3/. Pada Gambar.2.11 dapat dilihat ukuran dari pasak dan alur pasak.



Gambar 2.11 Ukuran pasak dan alur pasak³⁾

c. **Pulley dan Sabuk**

Transmisi dengan menggunakan sabuk dapat digolongkan atas :

1. Sabuk rata

Digunakan untuk *pulley* silinder dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya sampai dengan 10 meter dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 6/1.

2. Sabuk dengan penampang trapesium

Dipasang pada *pulley* beralur trapesium dan dapat meneruskan momen antara dua poros sampai dengan 5 meter dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 7/1.

3. Sabuk dengan gigi

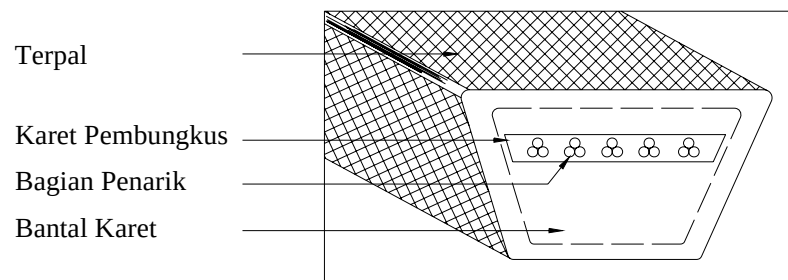
Sabuk jenis ini digerakkan dengan sproket dengan jarak maksimal antara kedua poros adalah 2 meter dan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 6/1.

Dalam pemakaian yang lebih luas, biasanya digunakan sabuk-V (Trapesium) karena mudah dalam penanganan dan harga yang lebih murah. Pada umumnya

kecepatan untuk sabuk-V direncanakan antara 10 sampai 20 m/s dan maksimum 25 m/s. Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih 500 kW.

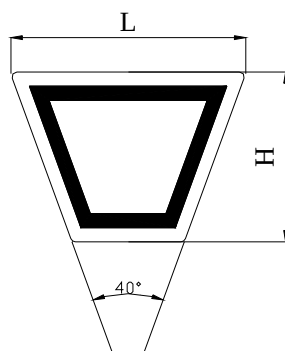
Transmisi sabuk-V

Sabuk-V terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoron atau semacamnya digunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar seperti dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Konstruksi sabuk-V ¹⁾

Pada Gambar 2.13 diberikan berbagai proporsi penampang sabuk-V yang umum dipakai.



TIPE SABUK-V	DIMENSI	
	L	H
TIPE A	12,5 mm	9,0 mm
TIPE B	16,5 mm	11,0 mm
TIPE C	22,0 mm	14,0 mm
TIPE D	31,5 mm	19,0 mm
TIPE E	38,0 mm	22,5 mm

Gambar 2.13 Ukuran penampang sabuk-V ³⁾

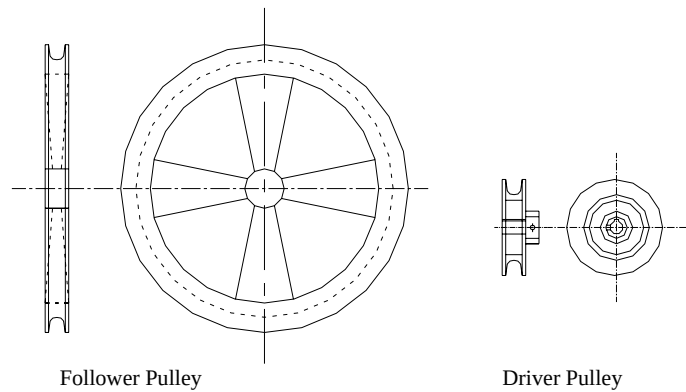
Perbandingan putaran (i)

Perbandingan putaran antara kedua *pulley* dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.10.

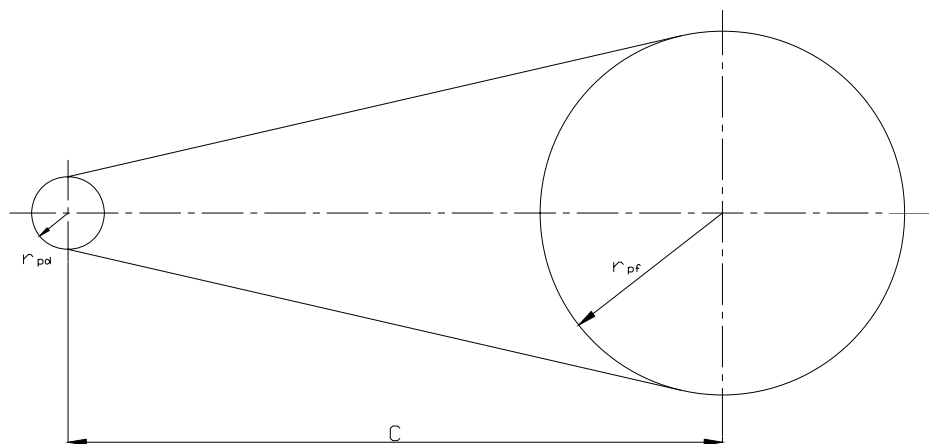
$$i = \frac{n_d}{n_f} = \frac{d_{pf}}{d_{pd}} \quad \text{Pers 2.10}$$

dimana :

- i = Rasio putaran
- d_d = Diameter *pulley* penggerak (mm)
- d_f = Diameter *pulley* yang digerakan (mm)
- n_d = Putaran *pulley* penggerak (rpm)
- n_f = Putaran *pulley* yang digerakan (rpm)



Gambar 2.14 Driver dan follower pulley



Gambar 2.15 Jarak antar poros antara *driver pulley* dengan *follower pulley*³⁾

Jarak sumbu poros (c)

Perhitungan jarak antara kedua sumbu poros yang menghubungkan kedua *pulley* dipengaruhi oleh diameter *pitch* masing-masing *pulley*. Perhitungan jarak C seperti dapat dilihat pada Gambar 2.15, bisa didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2.11.

$$C_{pl} = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_{pf} - D_{pd})^2}}{8} \quad \text{pers 2.11}$$

$$b = 2L_{sb} - 3,14(D_{pf} + D_{pd}) \quad \text{pers 2.12}$$

dimana :

- L_{sb} = Panjang sabuk (mm), Tabel lampiran B4 /3/
- D_{pf} = Diameter *follower pulley* (mm)
- D_{pd} = Diameter *driver pulley* (mm)

d. **Gear Box**

Gear box merupakan sistim yang digunakan untuk mereduksi putaran dan torsi yang keluar dari poros transmisi motor. *Gear box* merupakan gabungan dari roda gigi yang menjadi suatu kesatuan sehingga mampu mereduksi putaran dan daya yang dihasilkan oleh motor.

Dalam perencanaan pembuatan mesin *thread rolling* diinginkan kondisi akhir yang akan muncul pada *dies* adalah torsi yang besar namun dengan putaran yang kecil. Untuk itu digunakan jenis *gear box* yang sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

e. **Kopling**

Kopling merupakan komponen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakkan.

Berdasarkan prinsip kerjanya, kopling dapat dibagi atas :

1. Kopling tetap

Pada kopling tetap ini, antara poros penggerak dengan poros yang digerakkan selalu dalam keadaan terhubung. Adapun contoh dari kopling tetap ini adalah :

- Kopling kaku
- Kopling luwes
- Kopling universal

2. Kopling tak tetap

Pada kopling ini, hubungan antara poros penggerak dengan poros yang digerakkan dapat dilepaskan dan dihubungkan sesuai dengan keperluan. Kopling tidak tetap, contohnya adalah :

- Kopling cakar
- Kopling plat
- Kopling kerucut
- Kopling friwil

Pada perencanaan kopling yang akan dipakai untuk penunjang sistim alat *thread rolling* ini adalah kopling tetap dimana kopling ini hanya bersifat sebagai *safety clutch*. Pada dasarnya kopling tetap merupakan sistim yang dikorbankan apabila beban yang bekerja pada sistim melebihi batas maksimalnya maka yang akan terlebih dahulu rusak adalah kopling, bukan motor maupun *gear box*. Sehingga apabila ditinjau dari segi biaya perawatan nantinya akan lebih murah untuk menukar kopling dibandingkan harus mengganti motor atau *gear box*.

f. Rantai dan Sproket

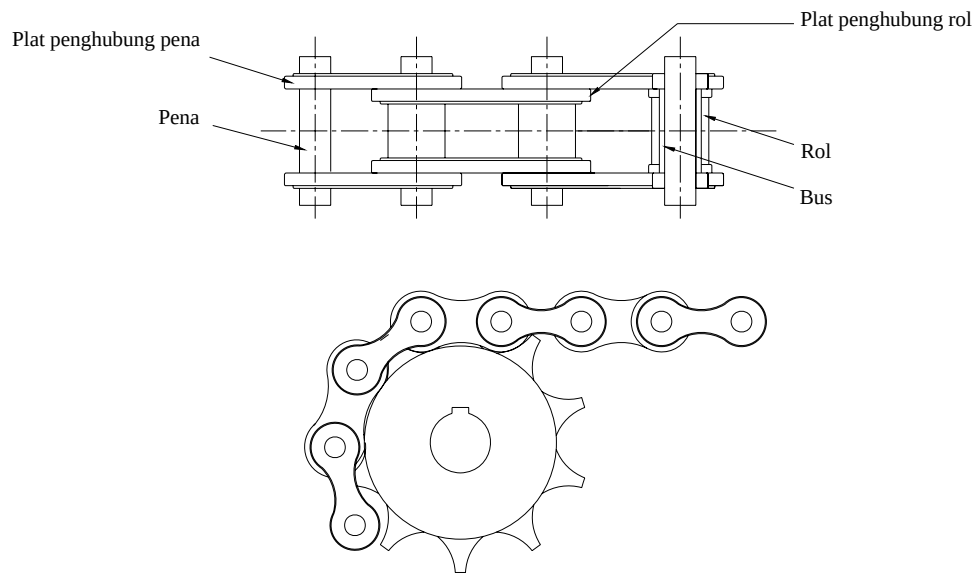
Rantai merupakan elemen mesin yang digunakan sebagai transmisi daya dan putaran. Dalam penggunaannya rantai mempunyai banyak keuntungan apabila dibandingkan dengan elemen transmisi lain antara lain :

1. Mampu meneruskan daya besar yang dikarenakan oleh kekuatannya yang besar.
2. Tidak memerlukan tegangan awal.
3. Keausan pada bantalan yang kecil.
4. Mudah dalam pemasangan.

Secara umum rantai dapat dibagi atas dua jenis, yaitu :

1. Rantai rol

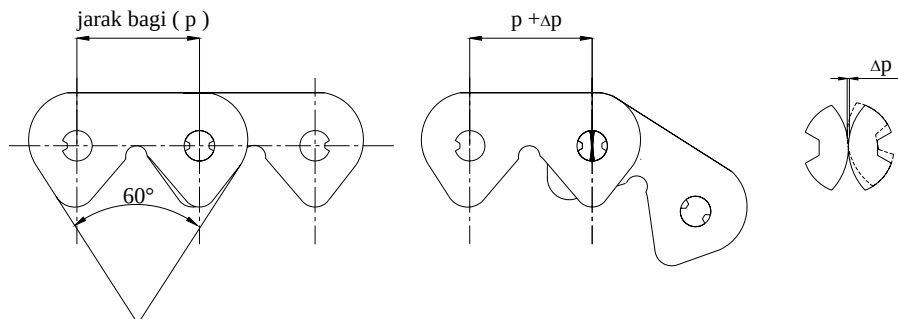
Rantai yang terdiri atas pena, bus, rol dan plat mata rantai. Secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.16



Gambar 2.16 Rantai rol ³⁾

2. Rantai gigi

Terdiri atas plat-plat berprofil roda gigi dan pena berbentuk bulan sabit yang disebut sambungan kunci seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Rantai gigi ³⁾

Rantai Rol

Berikut dapat dilihat karakteristik dalam pemakaian rantai rol.

- Dalam pemakaiannya rantai rol dipakai untuk transmisi posotif (tanpa adanya slip) dengan kecepatan sampai 600 m/min.
- Harga murah dibandingkan dengan rantai gigi.
- Pada umumnya untuk bahan pena dan bus adalah baja krom atau baja karbon yang telah mengalami pengerasan kulit.

- Untuk sproket biasanya dibuat dari baja karbon untuk ukuran kecil dan besi cor atau baja cor untuk diameter sproket yang besar.
- Dalam hal perencanaan jumlah gigi sproket berjumlah ganjil namun biasanya jumlah minimum yang diizinkan untuk sproket kecil adalah 13 buah sedangkan untuk sproket besar dibatasi, maksimum 114 buah .
- Perbandingan putaran yang diizinkan untuk rantai rol adalah 10/1.
- Lebih banyak untuk pemakaian rangkaian tunggal namun tidak menutup kemungkinan untuk dua atau tiga rangkaian yang biasanya untuk transmisi berat.

Penentuan jarak antar poros (C_{sp})

Apabila jumlah gigi pada sproket telah didapatkan maka jarak antar poros dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.13 :

$$C_p = \frac{1}{4} \left\{ \left(L_{sp} - \frac{z_1 + z_2}{2} \right) + \sqrt{\left(\left(L_{sp} - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{2}{9,86} (z_1 - z_2) \right)^2} \right)} \right\} \quad \text{Pers 2.13}$$

dimana :

L = Panjang rantai (dalam jumlah mata rantai)

Dengan menggunakan Persamaan 2.14 didapatkan jarak antar poros sproket.

$$C_{sp} = C_p \cdot p \quad \text{pers 2.14}$$

Dimana:

P = Jarak bagi rantai (mm)

2.3.2. Bantalan

Bantalan merupakan elemen mesin yang berfungsi sebagai penumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Dalam hal ini, bantalan memegang peranan penting dimana apabila bantalan tidak berfungsi dengan baik, maka akan mempengaruhi prestasi kerja dari sistim itu sendiri.

a. Klasifikasi Bantalan

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros

- Bantalan luncur

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas. Bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban yang besar. Dengan konstruksi yang sederhana maka bantalan ini mudah untuk dibongkar pasang. Akibat adanya gesekan pada bantalan dengan poros maka akan memerlukan momen awal yang besar untuk memutar poros. Pada bantalan luncur terdapat pelumas yang berfungsi sebagai peredam tumbukan dan getaran sehingga akan meminimalisasi suara yang ditimbulkannya. Secara umum bantalan luncur dapat dibagi atas :

- ▲ Bantalan radial, yang dapat berbentuk silinder, belahan, elips dan lain-lain.
- ▲ Bantalan aksial, yang berbentuk engsel, kerah dan lain-lain.
- ▲ Bantalan khusus yang berbentuk bola.

- Bantalan gelinding

Pada bantalan gelinding terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum atau rol bulat. Bantalan gelinding lebih cocok untuk beban kecil. Putaran pada bantalan gelinding dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada elemen gelinding tersebut. Apabila ditinjau dari segi biaya, bantalan gelinding lebih mahal dari bantalan luncur.

2. Berdasarkan arah beban terhadap poros

- Bantalan radial tegak lurus

Arah beban yang ditumpu tegak lurus terhadap sumbu poros.

- Bantalan radial sejajar

Arah beban bantalan sejajar dengan sumbu poros.

- Bantalan gelinding khusus

Bantalan ini menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus terhadap sumbu poros.

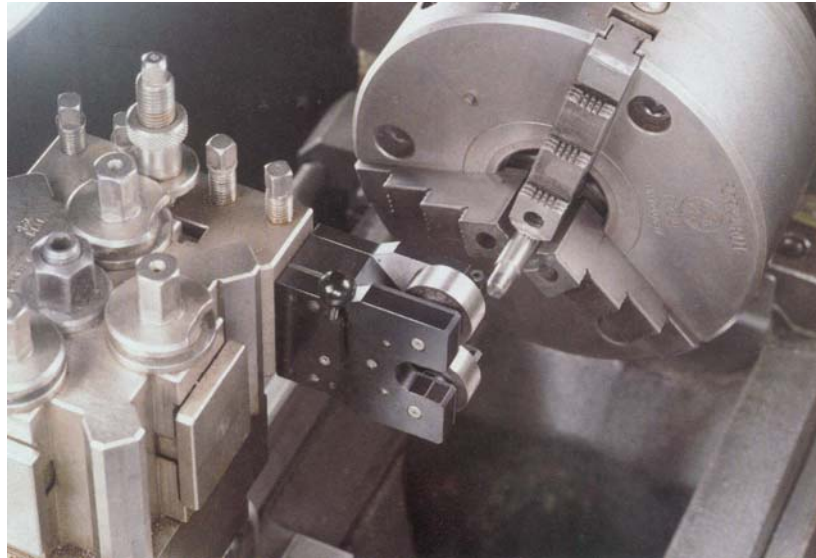
b. Pertimbangan Dalam Pemilihan Bantalan

Dalam pemilihan bantalan banyak hal yang harus dipertimbangkan seperti :

- Jenis pembebanan yang diterima oleh bantalan (aksial atau radial)
- Beban maksimum yang mampu diterima oleh bantalan
- Kecocokan antara dimensi poros yang dengan bantalan sekaligus dengan keseluruhan sistim yang telah direncanakan.
- Keakuratan pada kecepatan tinggi
- Kemampuan terhadap gesekan
- Umur bantalan
- Harga
- Mudah tidaknya dalam pemasangan
- Perawatan.

2.4. PENELITIAN-PENELITIAN MENGENAI *THREAD ROLLING*

Penelitian-penelitian terkini mengenai mesin *thread rolling* lebih banyak ditekankan terhadap penggunaan *dies* yang dilengkapi peralatan-peralatan pendukung (*thread rolling with attachment*) untuk jenis *dies* silindris. Jenis *dies* silindris lebih banyak dikembangkan karena lebih efektif dalam proses pengerjaan, produk yang dihasilkan lebih bagus dibanding digunakannya jenis proses *thread rolling* yang lain dan dapat diseimbangkan dan disesuaikan untuk diameter yang tidak balans.



Gambar 2.18 Mesin *thread rolling* yang digabung dengan mesin bubut CNC. (Diambil dari *FETTE Radial Thread Rolling Systems – Wilhelm FETTE GmbH*).

Salah satu industri pembuat komponen mesin *thread rolling* terkemuka di Jerman, yaitu **FETTE**, membuat sistem *thread rolling* yang tergabung dengan mesin bubut CNC dengan menggunakan *dies* silindris yang didukung oleh peralatan tambahan (*thread rolling with attachment*) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.18, sehingga memudahkan dalam pengerjaan. Karena dapat digunakan untuk diameter yang lebih bervariasi hanya dengan menukar komponen *dies* dan pendukungnya disamping didukung oleh kepresisian dan besarnya torsi yang dihasilkan oleh mesin bubut CNC.