

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perencanaan Rancang Bangun

Dalam merencanakan suatu alat bantu, terlebih dahulu kita harus memperhatikan faktor-faktor yang mendasari terlaksananya perencanaan alat bantu tersebut. Faktor-faktor tersebut adalah:

2.1.1. Pemilihan Bahan

Bahan yang merupakan syarat utama sebelum melakukan perhitungan komponen pada setiap perencanaan pada suatu alat bantu harus dipertimbangkan terlebih dahulu. Selain itu pemilihan bahan juga harus selalu sesuai dengan kemampuannya. Jenis-jenis bahan dan sifat-sifat bahan yang akan digunakan, misalnya tahan terhadap keausan, korosi dan sebagainya.

a. Sesuai dengan Fungsinya

Dalam pemilihan bahan, bentuk, fungsi dan syarat dari bagian alat bantu sangat perlu diperhatikan. Untuk perancangan harus mempunyai pengetahuan yang memadai tentang sifat mekanik, kimia, termal untuk mesin seperti baja besi cor, logam bukan besi (*non ferro*), dan sebagainya. Hal-hal tersebut berhubungan erat dengan sifat material yang mempengaruhi keamanan dan ketahanan alat yang direncanakan.

b. Mudah Didapat

Yang dimaksud bahan mudah didapat adalah bagaimana usaha agar bahan yang dipilih untuk membuat komponen yang direncanakan itu selain memenuhi syarat juga harus mudah didapat.

Pada saat proses pembuatan alat terkadang mempunyai kendala pada saat menemukan bahan yang akan digunakan. Maka dari itu, bahan yang akan digunakan harus mudah ditemukan di pasaran maupun pedesaan agar tidak menghambat pada saat proses pembuatan.

c. Efisien dalam Perencanaan dan Pemakaian

Keuntungan-keuntungan yang diperoleh dari pemakaian suatu bahan hendaknya lebih banyak dari kerugiannya. Sedapat mungkin alat yang dibuat sederhana, mudah dioperasikan, biaya perawatan dan perbaikan relatif rendah tetapi memberikan hasil yang memuaskan.

d. Pertimbangan Khusus

Dalam pemilihan bahan ini ada hal yang tidak boleh diabaikan mengenai komponen-komponen yang menunjang pembuatan alat itu sendiri komponen-komponen penyusunan alat tersebut terdiri dari dua jenis. Yaitu komponen yang telah tersedia lebih menguntungkan untuk dibuat, maka lebih baik dibuat sendiri, apabila komponen tersebut sulit untuk dibuat tetapi didapat dipasaran sesuai dengan standar. Lebih baik dibeli supaya dapat menghemat waktu pengerjaan.

2.1.2. Komponen-komponen Alat Bantu

Adapun komponen-komponen penyusun alat bantu pelepas bearing ini, yaitu:

a. Kompresor

Kompresor adalah alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida mampu mampat, yaitu gas atau udara. tujuan meningkatkan tekanan dapat untuk mengalirkan atau kebutuhan proses dalam suatu sistem proses yang lebih besar.

Fungsi kompresor adalah untuk menaikkan tekanan suatu gas. Tekanan gas dapat dinaikkan dengan mengurangi volumenya. Ketika volumenya dikurangi, tekanannya naik.



Gambar 2.1: Kompresor

(Sumber:

http://www.bhinneka.com/Data/image_product/KRISBOW-Compressor-3Hp-%5BKW1300006%5D-SKU01013748_0.jpg)

b. Air Impact

Air impact adalah suatu alat yang digunakan untuk membuka dan mengunci mur baut bertenaga angin. Sumber tenaga dari air impact berasal dari kompresor. Fungsi *air impact* pada umumnya adalah untuk memasang/melepas baut dan mur pada roda mobil yang di depannya ditambah dengan kunci sok yang sesuai dengan baut dan mur yang akan dipasang/dilepas. Namun, fungsi *air impact* pada alat yang akan kami rancang ini adalah sebagai motor penggerak yang meneruskan putarannya ke tracker untuk melepas *bearing*.



Gambar 2.2: Air impact dan komponen-komponennya

(Sumber: http://www.gison.com.tw/Templates/pic/1-2--air-impact-wrench-%28230-ft-lb%29_GW-15B.jpg)

c. Kunci Sok 24

Kunci sok adalah alat berbentuk silinder yang dibuat dari baja tensil tinggi atau sejenis logam paduan yaitu chrome vanadium dan untuk memperbaiki penampilannya dilapisi dengan nikel. Satu ujung soket mempunyai dudukan segi empat, dan ujung lainnya mempunyai dimensi hexagonal (seperti kunci ring). Fungsi kunci sok pada umumnya adalah untuk memasang/melepas baut dan mur. Namun fungsi kunci sok (sok 24) pada alat yang akan dibuat ini adalah sebagai pencekam pipa yang akan di sambungkan ke ulir daya.



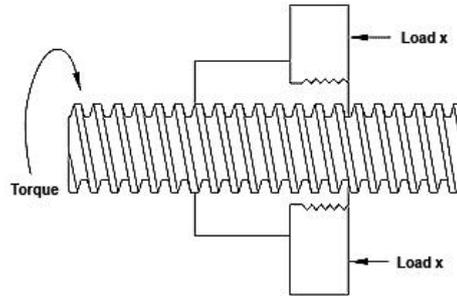
Gambar 2.3: Kunci sock 24

(Sumber:

<http://www.perkakasku.com/imgl.php?kode=TL572TPT12>)

d. Ulir Daya

Ulir daya adalah ulir yang dapat digunakan untuk memindahkan putaran sekaligus memindahkan gaya/beban pada alat yang akan kita rancang ini. Pemindahan putaran atau beban tersebut dikarenakan adanya kemiringan pada ulir, dan juga gesekan antara batang ulir dan *colar* atau bantalannya. Oleh karena itu maka efisiensi ulir dalam memindahkan putaran atau beban sangat tergantung pada bentuk ulir dan juga koefisien gesek pada permukaan ulir (bahan ulir).

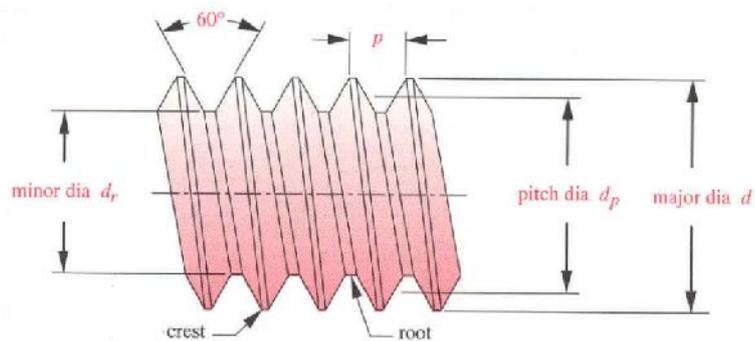


Gambar 2.4: Ulir daya

(Sumber: <http://www.roton.com/images/1.gif>)

Adapun bagian-bagian utama dari ulir, yaitu:

- 1) *Pitch* (p), jarak antar ulir yang di ukur paralel terhadap sumbu ulir.
- 2) Diameter (d), mayor diameter, minor diameter, dan pitch diameter.



Gambar 2.5: Bagian-bagian diameter ulir

(Sumber: <http://masmukti.files.wordpress.com/2011/10/bab-08-ulir1.pdf>)

Lead (l), jarak yang ditempuh ulir dalam arah paralel sumbu saat ulir diputar satu putaran. Untuk ulir *single thread*, ulir akan sama dengan *pitch*. Ulir juga dapat dibuat *multiple thread*. Untuk tipe *double thread*, ulir akan sama dengan 2 kali *pitch*. Untuk *triple thread*, ulir akan sama dengan 3 kali *pitch*. Dan seterusnya.

e. *Puller Bearing*

Puller bearing (tracker) adalah suatu alat bantu yang digunakan untuk melepas *bearing*. Pada umumnya *tracker* memiliki cabang kaki tiga atau lima. Dalam perencanaan alat bantu ini, kami memakai *tracker* kaki tiga. Prinsip kerja dari *tracker* adalah ketika kaki-kaki *tracker* mencekam *bearing*, poros berulir yang berada di tengah treker diputar yang akan mendorong as hingga *bearing* terlepas.



Gambar 2.6: Tracker

(Sumber:

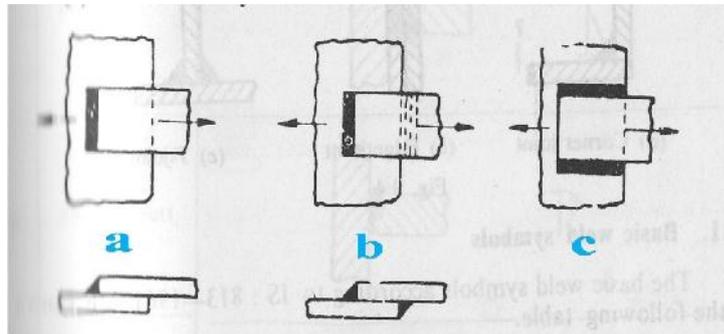
<http://www.hussaintools.com/images/BEARING%20PUULER.jpg>)

2.1.3. Pengelasan

a. Tipe-tipe Sambungan Las

Secara umum sambungan dibagi dalam dua tipe:

- 1) Lap Joint atau Fillet Joint
 - a) Single transverse fillet.
 - b) Double transverse fillet.
 - c) Parallel fillet joints.



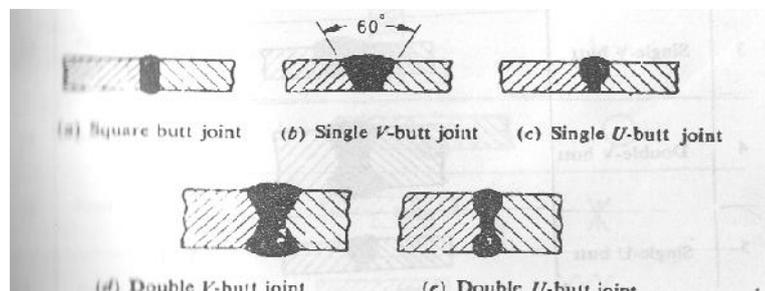
Gambar 2.7: Sambungan las tipe lap joint atau fillet joint
(Sumber: Sailon; 2010; 25)

2) Butt Joint :

Digunakan untuk pelat dan penumpu yang tidak terputus-putus. Kampuh temu lebih kuat menahan beban statik terutama beban dinamik dibandingkan dengan kampuh leher. Kekuatan dinamik akan bertambah secara drastis bila kedua permukaan dari kampuh akar dilas dan digerinda searah dengan arah gaya. Kampuh miring juga lebih kuat menahan beban statik.

Sambungan butt joint terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

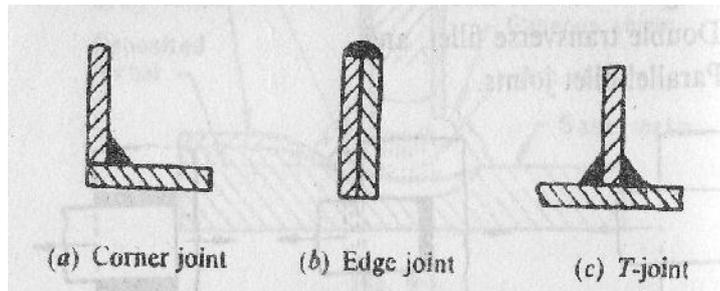
- a) Square butt joint
- b) Single V- butt joint
- c) Single U- butt joint
- d) Double V- butt joint
- e) Double U- butt joint



Gambar 2.8: Sambungan las tipe butt joint
(Sumber: Sailon; 2010; 25)

3) Tipe sambungan lain

- a) Corner joint.
- b) Edge joint.
- c) T-joint.

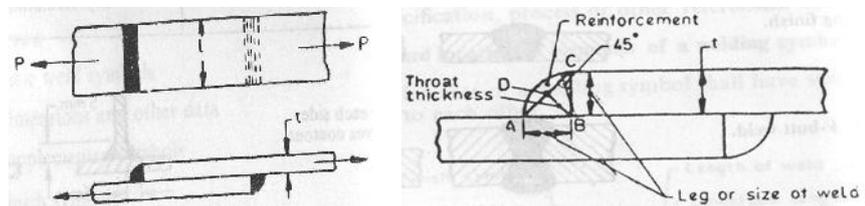


Gambar 2.9: Tipe sambungan las *corner joint*, *edge joint* dan *T-joint*

(Sumber: Sailon; 2010; 26)

b. Perhitungan Kekuatan Sambungan Las

1) Tipe *Lap Joint (transverse)*



Gambar 2.10: Sambungan las tipe lap joint

(Sumber: Sailon; 2010; 26)

Untuk single fillet

$$F = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \times \tau_g \dots\dots\dots (\text{Sailon; 2010; 27})$$

Untuk double fillet

$$F = \frac{2 \times t \times l}{\sqrt{2}} \times \tau_g = \sqrt{2} \times t \times l \times \tau_g \dots\dots\dots (\text{Sailon; 2010; 27})$$

Panjang leher pengelasan

$$BD = \frac{l}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (\text{Sailon; 2010; 27})$$

Luas minimum pengelasan

$$L = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (\text{Sailon; 2010; 27})$$

Dimana:

BD = panjang leher pengelasan (mm).

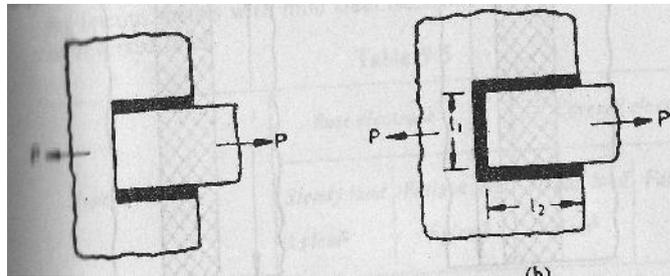
t = tebal pelat atau tebal lasan (mm).

l = panjang lasan (mm).

τ_g = tegangan geser bahan yang dilas (kg/mm^2).

L = luas minimum lasan (mm^2).

2) Tipe Lap Joint (parallel)



Gambar 2.11: Sambungan las tipe lap joint (parallel)
(Sumber: Sailon; 2010; 25)

Untuk single parallel

$$F = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \times \tau_g \dots\dots\dots (\text{Sailon; 2010; 27})$$

Untuk double parallel

$$F = \frac{2 \times t \times l}{\sqrt{2}} \times \tau_g = \sqrt{2} \times t \times l \times \tau_g \dots\dots\dots (\text{Sailon; 2010; 27})$$

Panjang leher pengelasan

$$BD = \frac{l}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (Sailon; 2010; 27)$$

Luas minimum pengelasan

$$L = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (Sailon; 2010; 27)$$

Dimana:

BD = panjang leher pengelasan (mm).

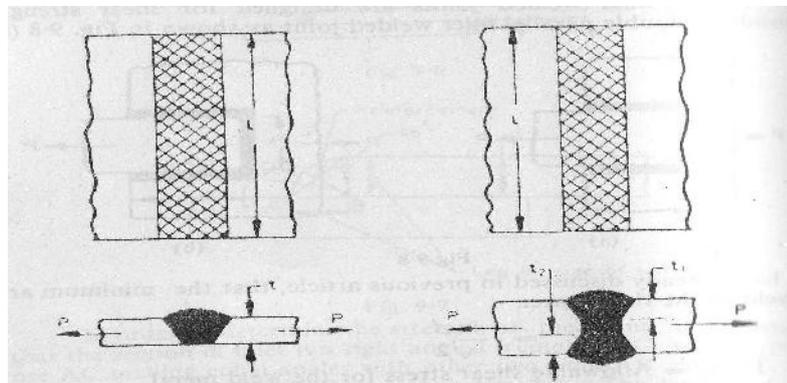
T = tebal pelat atau tebal lasan (mm).

L = panjang lasan (mm).

τ_g = tegangan geser bahan yang dilas (kg/mm^2).

L = luas minimum lasan (mm^2).

3) Tipe Butt Joint



Single V-Joint

Double V-Joint

Gambar 2.12: Sambungan las tipe butt joint

(Sumber: Sailon; 2010; 25)

Untuk single V-joint

$$F = t \times l \times \tau_g \dots\dots\dots (Sailon; 2010; 28)$$

Untuk double V-joint

$$F = (t_1 + t_2) \times l \times \tau_g \dots\dots\dots (\text{Sailon; 2010; 28})$$

Dimana:

t_1 = throat thickness top (mm).

t_2 = throat thickness bottom (mm).

l = panjang lasan (mm).

τ_g = tegangan geser bahan yang dilas (kg/mm^2).

Tabel 2.1: Nilai-nilai tegangan pada lasan (Sailon; 2010; 28).

Type of Weld	Bare electrode		Covered electrode	
	Steady load	Fatigue load	Steady load	Fatigue load
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1. Fillet (All type)	790	210	210	350
2. Butt weld	900	350	1100	550

Tabel 2.2: Nilai-nilai faktor konsentrasi tegangan geser untuk beban dinamik (Sailon; 2010; 29).

Type of Joint	Stress Concentration Factor
1. Retinfoced butt joint	1,2
2. Toe of transverse fillet weld	1,5
3. End of parallel fillet weld	2,7
4. T-butt joint shap corner	2,0

2.1.4. Persamaan Kesetimbangan dan Diagram Benda Bebas

a. Persamaan Kesetimbangan

Sebuah benda/konstruksi dikatakan setimbang statik apabila jumlah gaya dan jumlah momen gaya yang bekerja pada benda tersebut sama dengan nol.

$$\sum F = 0 \text{ dan } \sum M = 0$$

Bila benda/konstruksi berada pada bidang 2 dimensi, maka persamaan diatas dapat diuraikan lagi menjadi:

$$\sum F_x = 0, \quad \sum F_y = 0, \quad \text{dan} \quad \sum M = 0$$

Tetapi bila benda tersebut berada pada bidang 3 dimensi, maka persamaan diatas dapat diuraikan lagi menjadi:

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0, \quad \sum F_y = 0, \quad \text{dan} \quad \sum F_z = 0 \\ \sum M_x = 0, \quad \text{dan} \quad \sum M_y = 0 \end{aligned}$$

Dimana:

$\sum F$ = Jumlah gaya-gaya yang bekerja (kg).

$\sum M$ = Jumlah momen gaya yang bekerja (kgmm).

$\sum F_x$ = Jumlah gaya-gaya yang bekerja pada bidang x (kg).

$\sum F_y$ = Jumlah gaya-gaya yang bekerja pada bidang y (kg).

$\sum F_z$ = Jumlah gaya-gaya yang bekerja pada bidang z (kg).

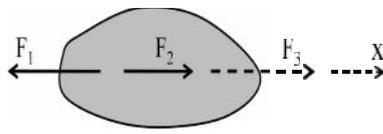
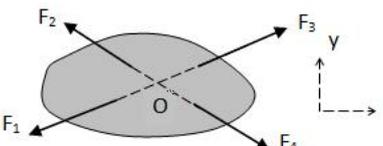
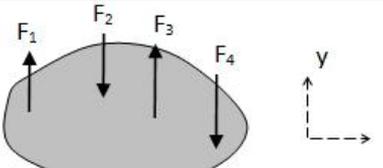
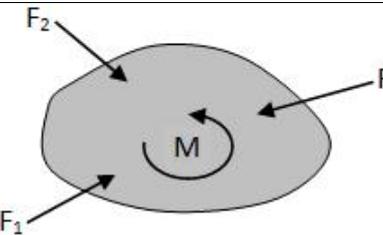
$\sum M_x$ = Jumlah momen gaya yang bekerja pada bidang horizontal (kgmm).

$\sum M_y$ = Jumlah momen gaya yang bekerja pada bidang vertikal (kgmm).

Berdasarkan persamaan umum diatas, maka terdapat 4 persoalan kesetimbangan, yang masing-masing memerlukan rumus pemecahan berbeda-beda, seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.3: Empat persoalan kesetimbangan (Suparjo; 2013; 1)

Sistem Gaya	Diagram Benda Bebas	Persamaan
-------------	---------------------	-----------

		Kesetimbangan
Gaya-gaya koliner (segaris)		$\sum F_x = 0$
Gaya-gaya konkuren pada satu titik		$\sum F_x = 0$ $\sum F_y = 0$
Gaya-gaya paralel		$\sum F_x = 0$ $\sum M = 0$
Gaya-gaya campuran		$\sum F_x = 0$ $\sum F_y = 0$ $\sum M = 0$

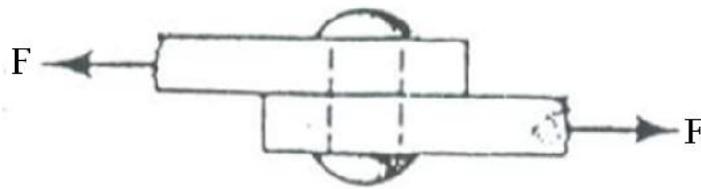
b. Diagram Benda Bebas (*freebody diagram*)

Menggambar diagram benda bebas berarti menggambar gaya-gaya yang bekerja pada benda/konstruksi untuk mempermudah analisa gaya pada benda/konstruksi tersebut. Didalam menggambar diagram benda bebas maka benda/konstruksi yang digambar hanya yang mendapat gaya dan menjadi fokus analisa.

2.1.5. Dasar Perhitungan Kekuatan Bahan

a. Perhitungan Tegangan Geser (murni)

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi. Misalnya: sambungan keling, gunting, dan sambungan baut.



Gambar 2.13: Tegangan Geser

Rumus yang digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan geser adalah:

$$\tau_g = \frac{F}{A} \leq \tau_{gi}$$

Dimana:

τ_g = Tegangan geser (N/mm^2).

F = Beban (N).

A = Luas penampang (mm^2).

τ_{gi} = Tegangan geser izin (N/mm^2).

b. Perhitungan Tegangan Puntir

Tegangan puntir sering terjadi pada poros roda gigi dan batang-batang torsi pada mobil, juga saat melakukan pengeboran. Jadi, tegangan puntir merupakan tegangan tangensial. Benda yang mengalami beban puntir akan menimbulkan tegangan puntir.



Gambar 2.14: Tegangan Puntir

Rumus untuk menghitung besarnya tegangan puntir yang terjadi adalah:

$$\tau_p = \frac{M_p}{W_p} \leq \tau_{pi}$$

Dimana:

τ_p = Tegangan puntir (N/mm^2).

M_p = Momen puntir (Nmm).

W_p = Momen tahanan puntir (mm^3).

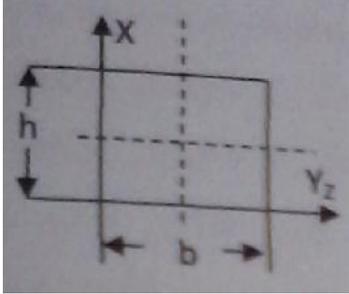
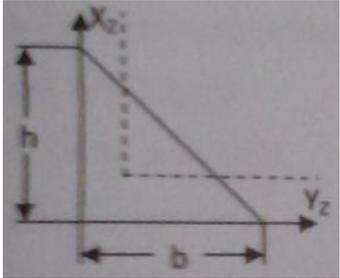
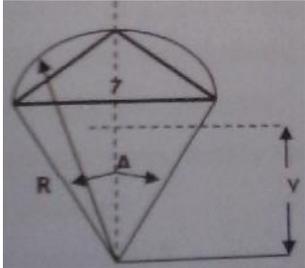
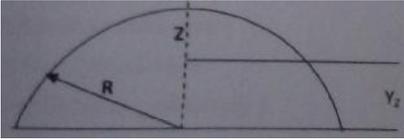
τ_{pi} = Tegangan puntir izin (N/mm^2).

2.1.6. Titik Berat

Titik berat suatu luasan/garis/volume (centroid) adalah sebuah titik yang dapat mewakili seluruh luasan/garis/volume tersebut. Selain untuk menentukan posisi gaya berat suatu komponen atau gabungan dari komponen mesin, titik berat juga dapat digunakan untuk menentukan momen inersia suatu luasan, dimana momen ini digunakan untuk menentukan potensi kekuatan suatu penampang.

Tabel 2.4: Titik berat beberapa luasan sederhana (Suparjo; 2013; 5)

No	Bentuk Luasan	Koordinat titik berat/pusat
----	---------------	-----------------------------

1		$Xz = \frac{1}{2} b$ $Yz = \frac{1}{2} h$
2		$Xz = \frac{1}{3} b$ $Yz = \frac{1}{3} h$
3		$Yz = \frac{2 R \sin a/2}{3a/2}$
4		$Yz = \frac{4 R}{3 \pi}$

2.1.7. Prinsip Kerja

a. Prinsip Kerja *Tracker* Konvensional

Pada *tracker* konvensional (*tracker* manual) proses pelepasan *bearing* banyak memerlukan waktu dan tenaga. Prinsip kerja dari *tracker* manual adalah kai-kai *tracker* mencekam *bearing*, lalu poros berulir pada *tracker* diputar menekan poros *bearing* dengan menggunakan kunci ring hingga *bearing* tersebut terlepas. Seperti pada gambar 2.15.



Gambar 2.15: Tracker manual

(Sumber:

http://gambar.otomotifnet.com/Kanal%20MOTOR/Tips/2012/10-Oktober/20122410_caraamancopotmagnet_1.jpg)

b. Prinsip Kerja *Tracker* Semi Otomatis

Prinsip kerja alat yang dibuat ini adalah setelah pencekaman *puller bearing* ke *bearing* kemudian *air impact* dihubungkan ke kompresor. Setelah *air impact* dengan putaran searah jarum jam dan *reverse* untuk putaran berlawanan arah jarum jam. Setelah itu putaran diteruskan ke pipa dan mur yang telah disambungkan ke pipa. Kemudian putaran tersebut diteruskan ke ulir daya. Akibat adanya putaran inilah, ulir daya menekan poros *bearing* hingga *bearing* terlepas dari porosnya. Lihat gambar 2.16.

Dengan menggunakan alat bantu ini, proses pelepasan bearing dari poros bearing menjadi lebih cepat dan hanya memakai tenaga yang relatif kecil.

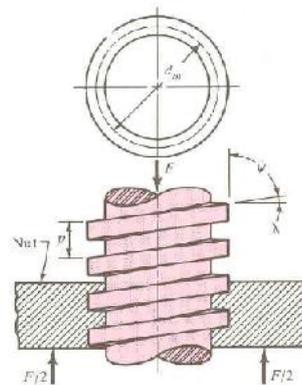
Dalam proses pelepasan bearing ini menggunakan beberapa perhitungan, seperti: untuk menghitung Parameter inklinasi bidang ulir () juga disebut *lead angle* dapat dihitung dengan persamaan :

$$\tan \lambda = \frac{l}{\pi \cdot d_m} \dots\dots\dots(\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

Dimana:

l = lead.

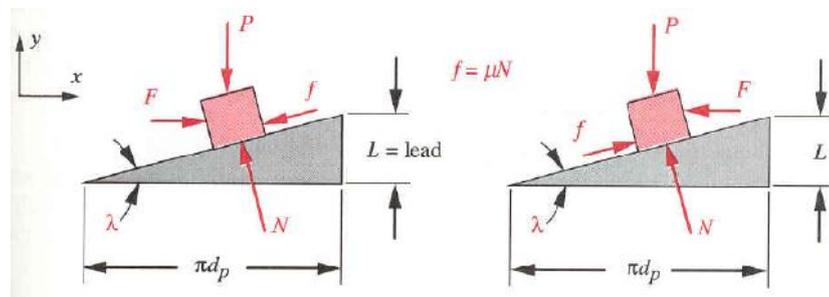
d_m = diameter rata-rata.



Gambar 2.17: Bagian dari suatu ulir daya

(Sumber: <http://masmukti.files.wordpress.com/2011/10/bab-08-ulir1.pdf>)

Jika kita buka satu lilitan ulir dan dibuat menjadi garis lurus, maka hasilnya akan berbentuk seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.18: Diagram benda bebas: gerakan maju alat bantu (kiri) dan gerakan mundur alat bantu (kanan)

(Sumber: <http://masmukti.files.wordpress.com/2011/10/bab-08-ulir1.pdf>)

Untuk gerakan maju, F bekerja ke arah kanan dan untuk gerakan mundur, F bekerja ke arah kiri (Gambar 2.18). Gaya gesek adalah hasil kali koefisien gesek μ dengan gaya normal N , dan bekerja melawan arah gesekan. Sistem berada dalam kesetimbangan dibawah gaya-gaya yang bekerja tersebut. Oleh karena itu, untuk gerakan maju kita mendapatkan:

$$\sum F_x = F - \mu N \cos \lambda - N \sin \lambda = 0 \dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

$$\sum F_y = P - \mu N \sin \lambda - N \cos \lambda = 0 \dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

Dengan cara yang sama, untuk gerakan mundur, kita mendapatkan

$$\sum F_x = -F - N \sin \lambda + \mu N \cos \lambda = 0 \dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

$$\sum F_y = P - \mu N \sin \lambda - N \cos \lambda = 0 \dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

Karena kita tidak mempunyai minat terhadap gaya normal N , kita mengeliminirnya dari persamaan – persamaan tersebut dan menyelesaikan hasilnya untuk mendapatkan F . Untuk gerakan maju didapat :

$$F = \frac{P(\sin \lambda + \mu \cos \lambda)}{\cos \lambda - \mu \sin \lambda} \dots \dots \dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

Dan untuk gerakan mundur,

$$F = \frac{P(\mu \cos \lambda - \sin \lambda)}{\cos \lambda + \mu \sin \lambda} \dots \dots \dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

Selanjutnya, pembagi dan yang dibagi dari persamaan – persamaan ini dibagi dengan \cos dan pakailah persamaan $\tan = \frac{\sin}{\cos}$. Kemudian kita akan mendapatkan, masing – masing,

$$F = \frac{P[(\frac{l}{\pi d_m}) + \mu]}{1 - (\frac{\mu l}{\pi d_m})} \dots\dots\dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

$$F = \frac{P[\mu - (\frac{l}{\pi d_m})]}{1 + (\frac{\mu l}{\pi d_m})} \dots\dots\dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

Akhirnya, dengan memperhatikan bahwa daya putar adalah hasil kali gaya F dan radius rata – rata $d_m/2$, untuk gerakan maju kita dapat menulis

$$T = \frac{P d_m}{2} \left(\frac{1 + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right) \dots\dots\dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

Di mana T adalah daya putar yang diperlukan untuk dua maksud : melawan gesekan ulir dan gerakan maju.

Daya putar yang diperlukan untuk gerakan mundur, dari persamaan (f), didapat berupa :

$$T = \frac{P d_m}{2} \left(\frac{\pi \mu d_m - l}{\pi d_m + \mu l} \right) \dots\dots\dots (\text{Joseph E Shigley dkk ; 1991})$$

2.2. Perawatan dan Perbaikan

Teknik perawatan adalah sesuatu sistem kegiatan untuk menjaga, memelihara, mempertahankan, mengembangkan dan memaksimalkan daya guna dari alat bantu yang akan kita rancang. Fungsi perawatan adalah untuk menjaga, memelihara, mempertahankan, mengembangkan dan memaksimalkan daya guna dari alat bantu.

Bentuk-bentuk Perawatan :

- a. Perawatan *Preventif (Preventive Maintenance)*

Perawatan preventif adalah pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan (preventif). Ruang lingkup pekerjaan preventif termasuk: pelumasan dan penyetelan sehingga alat bantu selama beroperasi terhindar dari kerusakan.

b. Perawatan Korektif

Perawatan korektif adalah pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi alat bantu sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik.

c. Perawatan Prediktif

Perawatan prediktif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Biasanya perawatan prediktif dilakukan dengan bantuan panca indra atau alat-alat monitor yang canggih.

d. Perawatan setelah terjadi kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Pekerjaan perawatan dilakukan setelah terjadi kerusakan pada alat bantu dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya

e. Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Perawatan darurat adalah pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.

2.3. Pengujian

Pengujian merupakan suatu tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan data hasil akhir dari pembuatan alat yang bisa menyatakan apakah alat tersebut berhasil bekerja atau tidak. Agar hasil data lebih menarik bisa juga ditampilkan dalam bentuk grafik (*chart*).