

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

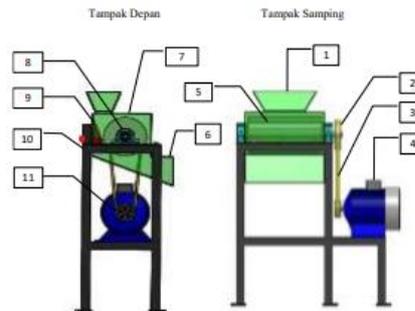
Nadliroh (2019) telah melakukan penelitian dengan judul rancang bangun mesin penggiling kotoran kambing dengan sudu berbentuk martil. Dari alat yang telah dibuat dengan menggunakan bentuk sudu menyerupai martil yang dapat menghancurkan kotoran kambing dengan halus, untuk sampel kotoran kambing 25 kg membutuhkan waktu 20 menit sehingga dapat disimpulkan bahwa peralatan tersebut layak digunakan dengan melihat berbagai keuntungan yang ditawarkan melalui alat ini. Dengan menggunakan peralatan ini pekerjaan petani menjadi lebih mudah dalam hal pengolahan pupuk kandang yang akan diberikan kepada tanaman sehingga penggunaan pupuk kimia bisa dikurangi untuk menjaga kadar pH tanah dalam rentang 6 sampai 6,5 supaya tetap subur dan menghasilkan produk pertanian yang melimpah. Mesin tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Mesin penggiling kotoran kambing dengan sudu berbentuk martil
(Nadliroh, 2019)

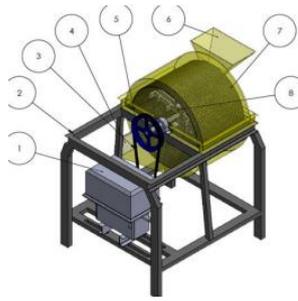
Saputra dan Karcana (2022) membuat penelitian dengan judul perancangan mesin pencacah kotoran kambing kapasitas 1 ton/jam. Dimana pada penelitian ini menghasilkan perhitungan rancang bangun mesin perajang kotoran kambing didapatkan putaran putar kotoran kambing dengan kecepatan 740 rpm, gaya hancur kotoran kambing sebesar 88,51 kg, daya yang digunakan sebesar 1,5 kW dengan putaran 1435 rpm, diameter puli besar 138 mm, dan puli kecil 71 mm.

dengan transmisi *V-belt*, poros diameter 20 mm dengan ukuran *pin* (7 x 7) panjang 16 mm, bantalan dengan beban dinamis setara dengan 146,52 kg dan masa pakai bantalan 2837,9745 jam atau 1 tahun, kapasitas mesin 1000 kg / jam. Sehingga perancangan tersebut layak untuk digunakan. Gambar mesin dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Pencacah kotoran kambing (Saputra dan Karcana, 2022)

Alimuddin, dkk (2020) telah melakukan penelitian perencanaan dan pembuatan mesin penghancur kotoran sapi dan kambing menjadi pupuk kompos organik. Tujuan penelitian ialah menentukan kapasitas produksi per jam dan proses yang tepat dalam merancang, membuat dan merakit mesin penghancur kotoran sapi dan kambing dengan motor penggerak diesel. Hasil penelitian tentang perencanaan dan pembuatan mesin penghancur kotoran sapi dan kambing dapat disimpulkan dengan spesifikasi mesin: daya rencana mesin = 5,222 kW; putaran poros pada pisau = 680 rpm; kecepatan sabuk = 8.89 m/s; panjang keliling sabuk (L) 1400 mm; sudut kontak sabuk = 195° ; daya ditransmisikan = 1,93 kW; jumlah sabuk = 2; tebal *pulley* = 20,63 mm; massa *pulley* = 1,821 kg; jumlah pisau 16 mata; diameter poros = 40 mm; jari jari bantalan (*rb*) = 20 mm; umur nominal bantalan (*lh*) = 24.715,431 jam. Kapasitas mesin untuk kotoran sapi 404,4 kg/jam, sedangkan kapasitas mesin untuk kotoran kambing 517,2 kg/jam. Berikut dengan gambar desain mesin dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Mesin penghancur kotoran sapi dan kambing (Alimuddin, dkk 2020)

Adapun parameter pembeda dengan penelitian terdahulu yang telah disebutkan diatas dengan yang akan penulis lakukan adalah komponen penghancur menggunakan ujung paku sebagai penghancurnya. Mesin juga dilengkapi dengan saringan, saringan ini berfungsi sebagai penahan kotoran kambing yang belum menjadi serbuk. Kotoran kambing yang belum menjadi serbuk dan tertahan disaringan akan dihancurkan kembali oleh komponen penghancur sehingga hasil kotoran kambing yang dihancurkan oleh mesin ini menjadi serbuk.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pupuk

Pupuk merupakan bahan yang ditambahkan manusia ke dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tanaman dalam bertumbuh dan berproduksi. Pupuk adalah bahan kimia atau organisme yang berperan dalam penyediaan unsur hara bagi keperluan tanaman secara langsung atau tidak langsung. Sedangkan pupuk anorganik adalah pupuk hasil proses rekayasa secara kimia, fisik dan atau biologis, dan merupakan hasil industri atau pabrik pembuat pupuk (Firmansyah, 2011).

Pemupukan dapat diartikan sebagai pemberian bahan organik maupun non organik untuk mengganti kehilangan unsur hara di dalam tanah dan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman sehingga produktivitas tanaman meningkat (Mansyur, Pudjiwati & Murtilaksono, 2021). Beberapa tujuan pemupukan adalah (Purba, 2021):

1. Melengkapi penyediaan unsur hara secara alami yang ada dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tanaman.

2. Menggantikan unsur hara yang hilang karena tersangkut dengan hasil panen, pencucian dan sebagainya.
3. Memperbaiki kondisi tanah yang kurang baik atau mempertahankan kondisi tanah yang sudah baik untuk pertumbuhan tanaman.

2.2.2 Perancangan

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada. Adapun perancangan lainnya adalah tahapan perancangan (*design*) memiliki tujuan untuk mendesain sistem baru yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi perusahaan yang diperoleh dari pemilihan alternatif sistem yang terbaik.

Berikut merupakan penjelasan secara lengkap mengenai fungsi, syarat perancangan, dan kriteria evaluasi (Nur & Suyuti, 2017).

1. Fungsi

Fungsi menyatakan apa yang harus dilakukan oleh sebuah peralatan dengan menggunakan pernyataan umum yang menggunakan kata aksi seperti : untuk menyangga suatu beban, untuk mengangkat peti kayu, atau untuk mentransmisikan daya.

2. Syarat perancangan

Pernyataan terperinci yang biasanya bersifat kuantitatif mengenai tingkat untuk kerja yang diinginkan, kondisi lingkungan dimana peralatan dapat beroperasi, terbatasnya ruang atau berat, atau bahan-bahan dan komponen yang tersedia yang dapat dimanfaatkan.

3. Kriteria evaluasi

Pernyataan tentang kualitatif yang diharapkan dari perancangan yang membantu perancang dalam menentukan alternatif perancangan yang terbaik berupa perancangan yang memperbesar manfaat dan meminimalkan kerugian.

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai, memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang

optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada (Nur and Suyuti 2017).

Terdapat beberapa metode perancangan yang digunakan dalam merancang mesin. Berikut ini dijelaskan beberapa metode perancangan yang ada (Nursyahuddin & Gasni, 2014):

a. Metode Ibrahim Zeid

Metode Ibrahim Zeid ini dikenal luas dari karangan buku Ibrahim Zeid. Metode ini merupakan pengembangan bertahun-tahun yang mulai dari tahun 50-an. Metode Zeid ini meliputi proses perancangan, proses pembuatan, dan juga terdapat feedback dari pemasaran yang digunakan untuk pengembangan produk.

b. Metode French

Metode French hampir sama dengan metode-metode lainnya. Metode French dimulai dengan menentukan kebutuhan dan diakhiri dengan gambar rancangan dan keterangan lainnya.

c. Metode VDI 2222 (*Verein Deutcher Ingenieure*)

Merupakan suatu metode perancangan dari Persatuan Insinyur Jerman. Metode VDI ini dikembangkan dari pengalaman-pengalaman insinyur-insinyur Jerman yang dibuat dalam bentuk diagram yang sistematis. Tahapan dalam perancangan VDI 2222 yaitu merencana, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian. Perancangan menurut VDI 2222 lebih sederhana dan lebih singkat. Berikut merupakan urutan dalam metode perancangan VDI 2222 :

1) Merencana

Yaitu merencanakan desain yang akan dibuat. Tahap ini berisi tentang masukan desain dan rencana realisasi desain tersebut. Tahapan ini sama dengan tahap input desain dan rencana desain.

2) Mengkonsep

Memberikan sketsa dan spesifikasi teknis terhadap ide desain yang sudah ditetapkan.

3) Merancang

Memberikan desain wujud dan desain rinci terhadap ide desain. Ide ini sudah melewati analisa, pemilihan dan penentuan ide desain.

4) Penyelesaian

Melakukan finishing terhadap rancangan desain, dengan melakukan verifikasi terhadap konsumen/marketing dan menyiapkan dokumen untuk disampaikan kepada lini produksi.

d. Metode Pahl dan Beitz

Metode Pahl dan Beitz menggabungkan pengalaman mereka didunia industri alat berat selama 20 tahun, pengalaman menulis buku (*Engineering Design*, 1976), dan mengambil pengalaman-pengalaman Insinyur Jerman. Metode Pahl dan Beitz lebih sistematis pada bagian perencanaan dan desain konsep.

2.2.3 Motor listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Begitu juga dengan sebaliknya yaitu alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang biasanya disebut dengan generator atau dynamo. Pada motor listrik yang tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana yang telah kita ketahui bahwa kutub-kutub dari magnet yang senamaakan tolak menolak dan kutub yang tidak senama akan tarik menarik. Dengan terjadinya proses ini maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap. Motor listrik dibagi menjadi dua yaitu motor listrik AC dan DC(Cendana, 2018).

Motor AC atau motor arus bolak balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik: "stator" dan " rotor". Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor. Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekwensi variable untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena

keandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah (harganya setengah atau kurang dari harga sebuah motor DC) dan juga memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi (sekitar dua kali motor DC). Berdasarkan karakteristik dari arus listrik yang mengalir, motor AC (*Alternating Current*, Arus Bolak-balik) terdiri dari 2 jenis, yaitu motor listrik AC / arus bolak-balik 1 fasa dan motor listrik AC / arus bolak-balik 3 (Cendana, 2018). Berikut ini merupakan motor listrik AC pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Motor listrik AC (Cendana, 2018)

Motor DC merupakan sebuah motor listrik yang menggunakan arus searah (*Direct Current*) dan medan gaya untuk menghasilkan torsi, yang mengaktifkan motor. Dengan kata lain, sebuah motor DC membutuhkan dua magnet berpolaritas berlawanan dan sebuah kumparan yang bertindak sebagai suatu elektromagnet. Ada dua tipe dari motor DC yaitu: *brushed* DC motor dan *brushless* DC motor. Pada perancangan ini digunakan motor DC jenis *brushed* (Fahrozi, 2020). Berikut merupakan motor listrik DC pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Motor listrik DC (Cendana, 2018)

2.2.4 Peran komputer dalam proses perancangan

CAD dalam keteknikan artinya mendesain menggunakan sistem grafis komputer untuk membuat desain mekanis (mesin/komponen mesin), rangkaian elektronik, dan arsitektur/teknik sipil. Pada umumnya CAD dikenal pula sebagai

metode menggambar komponen atau lainnya dengan bantuan *software* komputer, misal *AutoCAD Release 2000*, *RoboCAD*, *Master Engineering*, dan lain-lain..

Penguasaan CAD penting dalam dunia teknik dan seorang yang ahli CAD banyak dibutuhkan dalam dunia industri karena teknologi CAD menjadi dasar untuk beragam kegiatan keteknikan seperti gambar, desain, analisis, dan proses manufaktur. Karena dikerjakan dengan bantuan komputer, suatu desain atau gambar dapat dianalisis, direvisi, dan dimodifikasi dengan lebih mudah. (Pujono, 2019).

2.2.5 Gambar teknik

Gambar teknik adalah gambar yang digunakan sebagai media komunikasi antara perencana dan pelaksana dalam proses pembuatan suatu benda atau konstruksi. Gambar teknik merupakan suatu gambar yang terdiri dari simbol, garis dan tulisan yang bersifat tegas. Gambar Teknik berfungsi sebagai gambar yang memuat penjelasan lengkap tentang suatu benda atau konstruksi, berdasarkan ketentuan dan standar teknik yang sudah disepakati oleh badan standarisasi, baik itu Nasional maupun Internasional (Fakhri et al., 2019).

Adapun fungsi gambar adalah sebagai berikut (Sato & Hartanto, 2000) :

a. Penyampaian informasi

Gambar mempunyai tugas meneruskan maksud dari perancang dengan tepat kepada orang-orang yang bersangkutan, kepada perencanaan proses, pembuatan, pemeriksaan, perakitan.

b. Pengawetan, penyimpanan dan penggunaan keterangan.

Gambar merupakan data teknis yang sangat ampuh, dimana teknologi dari suatu perusahaan dipadatkan dan dikumpulkan.

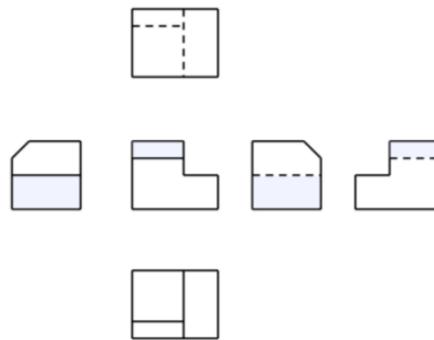
c. Cara-cara pemikiran dalam penyampaian informasi

Dalam perencanaan, konsep abstrak yang melintas dalam pikiran diwujudkan dalam bentuk gambar melalui proses. Masalah pertama-tama dianalisa dan disintesa dengan gambar. Kemudian gambarnya diteliti dan dievaluasi. Proses ini di ulang-ulang, sehingga dapat dihasilkan gambar-gambar yang sempurna.

Gambar teknik memiliki beberapa arah pandangan dalam proses menggambar yang disebut proyeksi. Adapun beberapa proyeksi dalam gambar teknik sebagai berikut :

a. Proyeksi Eropa

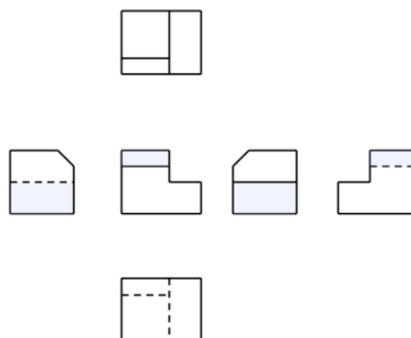
Proyeksi Eropa disebut juga proyeksi sudut pertama atau proyeksi kuadran I, Dapat dikatakan bahwa Proyeksi Eropa ini merupakan proyeksi yang letak bidangnya terbalik dengan arah pandangannya. Gambar 2.6 merupakan gambar tata letak proyeksi eropa seperti berikut :



Gambar 2. 6 Tata letak proyeksi eropa (Anwari, 1997)

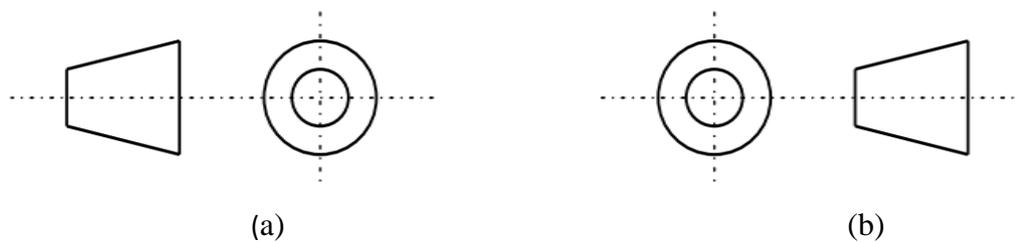
b. Proyeksi Amerika

Proyeksi Amerika dikatakan juga proyeksi sudut ketiga atau proyeksi kuadran III. Proyeksi Amerika merupakan proyeksi yang letak bidangnya sama dengan arah pandangannya. Gambar 2. 7 merupakan gambar tata letak proyeksi eropa sebagai berikut :



Gambar 2. 7 Tata letak proyeksi amerika (Anwari, 1997)

Lambang Proyeksi Untuk membedakan proyeksi Eropa dan proyeksi Amerika, perlu diberi lambang proyeksi. Dalam standar ISO, telah ditetapkan bahwa cara kedua proyeksi boleh dipergunakan. Dalam sebuah gambar tidak diperkenankan terdapat gambar dengan menggunakan kedua proyeksi secara bersamaan. Simbol proyeksi ditempatkan disisi kanan bawah kertas gambar. Gambar 2. 8 merupakan lambang proyeksi eropa dan amerika seperti berikut :



Gambar 2. 8 (a) Simbol proyeksi eropa dan (b) Simbol proyeksi amerika (Anwari, 1997)

2.2.6 Solidworks

Solidworks merupakan program yang dirancang untuk kebutuhan penggambaran bidang teknik. Misalnya desain produk, desain mesin, desain *mold* dan keperluan teknik lainnya. *Solidworks* adalah *software CAD (Computer Aided Design)* yang menyediakan *feature based parametric solid modeling* sehingga banyak digunakan untuk pemodelan 3Dimensi. (Bertha Bintari & Baskoro Latu Anurogo, 2018).

2.2.7 Rangka

Rangka adalah struktur datar yang terdiri dari sejumlah batang-batang yang disambung-sambung satu dengan yang lain pada ujungnya, sehingga membentuk suatu rangka kokoh. Konstruksi rangka bertugas mendukung beban atau gaya yang bekerja pada sebuah sistem tersebut. Beban tersebut harus ditumpu dan diletakan pada peletakan tertentu agar dapat memenuhi tugasnya. Beberapa peletakan antara lain: (Khurmi, R. et Al., 2005).

1. Tumpuan rol

Tumpuan rol adalah tumpuan yang dapat menahan gaya tekan yang arahnya tegak lurus bidang tumpuannya. Tumpuan rol tidak dapat menahan gaya yang arahnya sejajar dengan bidang tumpuan dan momen.

2. Tumpuan sendi

Tumpuan sendi adalah tumpuan yang mampu menahan gaya yang arahnya sembarang pada bidang tumpuan. Tumpuan sendi dapat menumpu 5 gaya yang arahnya tegak lurus maupun sejajar dengan bidang tumpuan.

3. Tumpuan jepit

Tumpuan jepit adalah tumpuan yang dapat menahan gaya dalam segala arah dan dapat menahan momen.

Parameter-parameter yang dibutuhkan dalam proses perhitungan pembuatan rangka antara lain sebagai berikut (Irawan, 2007):

a. Menghitung gaya yang bekerja

$$F = m \times g \quad (2.1)$$

Keterangan :

F = Gaya (N)

m = massa (kg)

g = gravitasi (9,8 m/s²)

b. Menghitung beban merata

$$Q = \frac{F}{L} \quad (2.2)$$

Dimana :

Q = Beban merata (N/mm)

F = Gaya (N)

L = Panjang rangka yang diberikan beban (mm)

c. Menghitung jarak momen maksimal

$$V(x) = R_A - Q(x) \quad (2.3)$$

Q = Beban merata (N/mm²)

X = Jarak (mm)

R_A = Reaksi pada titik A

d. Menghitung momen maksimal

$$M_{max} = (R_A \cdot x) - [(Q \cdot x)1/2 \cdot x] \quad (2.4)$$

Keterangan:

M_{max} = Momen maksimal (N/mm)

R_A = Reaksi pada titik A

Q = Beban merata

x = Jarak momen maksimal (mm)

e. Menghitung momen inersia besi *hollow*

$$I = \frac{1}{12} BH^3 - \frac{1}{12} bh^3 \quad (2.5)$$

Dimana :

I = momen inersia (mm⁴)

B = lebar penampang luar (mm)

H = tinggi penampang luar (mm)

b = lebar penampang dalam (mm)

h = tinggi penampang dalam (mm)

f. Menghitung tegangan maksimal

$$\sigma = \frac{M_{max}}{I} \times C \quad (2.6)$$

σ = Tegangan (N/mm²)

M_{max} = Momen maksimal (N/mm)

C = Titik tengah penampang (mm)

2.2.8 Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga berasama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros (Sularso & Suga, 2008).

Bahan poros yang digunakan secara universal biasanya terbuat dari baja batang yang dilakukan tarik dingin dan difinis, baja karbon konstruksi mesin (disebut bahan S-C). Poros yang berfungsi untuk meneruskan putaran tinggi dan beban berat biasanya terbuat dari baja paduan yang dilakukan pengerasan pada kulit yang sangat tahan terhadap aus. Contohnya seperti baja khrom nikel, baja khrom nikel *molibden*, baja khrom, baja khrom *molibden*. Berikut merupakan tabel baja karbon konstruksi mesin dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baja karbon untuk konstruksi mesin

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan Panas	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	Penormalan	52	
	S40C	Penormalan	55	
	S45C	Penormalan	58	
	S50C	Penormalan	62	
	S55C	Penormalan	66	
	S45C-D	-	60	
	S55C-D	-	72	

Berikut merupakan tabel penggolongan baja secara umum yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penggolongan baja secara umum

Golongan	Kadar C (%)
Baja lunak	<0,15
Baja liat	0,2-0,3
Baja agak keras	0,3-0,5
Baja keras	0,5-0,8
Baja sangat keras	0,8-1,2

Berikut merupakan perhitungan perencanaan poros beban puntir dan lentur menurut (Sularso, 2008).

1. Daya yang ditransmisikan P (kW) dan Putaran Poros (rpm)

Untuk daya dilambangkan P (kW) dan putaran poros dilambangkan n (rpm). Jika P adalah daya rata-rata yang dibutuhkan maka yang dibutuhkan dengan cara membagi efisiensi mekanis η dari sistem transmisi agar mendapatkan data dari

penggerak awal yang dibutuhkan. Jika P adalah daya nominal output dari penggerak motor, terdapat beberapa macam cara untuk faktor keamanan dapat diambil dalam perencanaan.

2. Faktor Koreksi (f_c)

Keadaan momen puntir dalam poros yang dilakukan peninjauan. Menurut ASME terdapat beberapa anjuran mengenai faktor koreksi yang meliputi beban yang dikenakan secara halus dinyatakan nilainya 1, beban yang dikenakan dengan sedikit kejutan dinyatakan nilainya 1-1,5, dan beban yang dikenakan dengan tumbukan yang besar dinyatakan dengan 1,5-3. Berikut merupakan tabel faktor koreksi yang ditranmisikan dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor koreksi daya yang ditranmisikan

Daya yang akan ditranmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

3. Daya Rencana

Daya rencana adalah daya yang berasal dari motor listrik yang akan disalurkan melalui mesin antara pulley dan sabuk untuk mengetahui kinerja dari poros.

$$P_d = f_c \times P \quad (2.7)$$

Keterangan :

- (1) P_d = Daya Rencana (kW)
- (2) P = Daya Motor Listrik (kW)

4. Momen Rencana

Momen rencana adalah besarnya nominal yang terdapat pada poros yang direduksi dengan suatu reduksi dari kekuatan.

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n} \quad (2.8)$$

Keterangan :

- (1) P_d = Daya Rencana (kW)
- (2) P = Daya Motor Listrik (kW)
- (3) T = Momen rencana (n.m)

5. Keadaan Beban

Keadaan beban pada poros dapat diidentifikasi dengan *free body* diagram untuk menganalisis gaya vertikal dan gaya horizontal. Beban yang tertumpu pada poros digambarkan pada setiap tumpuannya untuk mempermudah menganalisis beban yang terjadi.

6. Perhitungan Beban Horizontal dan Beban Vertikal

Beban horizontal adalah suatu beban yang bekerja pada sumbu x yang dilambangkan dengan F_x atau H. Sedangkan beban vertikal adalah suatu beban yang bekerja pada sumbu y yang dilambangkan dengan F_y atau V yang dipengaruhi karena adanya gaya gravitasi seperti berat benda atau objek benda mati dan benda hidup.

$$H_1 = \text{Beban horizontal 1, } H_2 = \text{Beban horizontal 2,}$$

$$V_1 = \text{Beban vertikal 1, } V_2 = \text{Beban vertikal 2}$$

7. Gaya Reaksi Engsel

Gaya reaksi adalah gaya yang ditimbulkan karena beban pada poros yang menimbulkan aksi dan reaksi berdasarkan Hukum Newton III.

(1) Reaksi horizontal

$$R_{H1} = \frac{(H_1 x r_1) + (H_2 x r_2)}{r_{total}} \quad (2.9)$$

$$R_{H2} = (H_1 + H_2) - R_{H1} \quad (2.10)$$

(2) Reaksi vertikal

$$R_{V1} = \frac{(V_1 x r_1) + (V_2 x r_2)}{r_{total}} \quad (2.11)$$

$$R_{V2} = (V_1 + V_2) - R_{V1} \quad (2.12)$$

Keterangan :

- (1) R_H = Reaksi horizontal (kg)
- (2) R_V = Reaksi vertikal (kg)
- (3) H_1 = Beban horizontal 1
- (4) V_1 = Beban vertikal 1
- (5) H_2 = Beban horizontal 2
- (6) V_2 = Beban vertikal 2

8. Diagram Momen Lentur

Momen lentur adalah penjumlahan aljabar dari semua komponen yang berasal dari momen gaya luar bekerja pada segmen yang terisolasi. Komponen yang bekerja diharuskan mampu memikul adanya beban aksial (tarik atau tekan) dan momen lentur. Jika beban aksial yang bekerja nilainya lebih besar dari momen lentur menimbulkan gaya aksial dapat diabaikan dari komponen tersebut. Sedangkan, komponen yang mendapatkan beban aksial dan momen lentur yang tidak dapat diabaikan antara keduanya, hal tersebut dinamakan balok kolom (*beam column*).

$$M_H = R_H \times r \quad (2.13)$$

$$M_V = R_V \times r \quad (2.14)$$

Keterangan :

- (1) M_H = Momen lentur horizontal (kg.mm)
- (2) M_V = Momen lentur vertikal (kg.mm)
- (3) R_H = Reaksi engsel horizontal (kg)
- (4) R_V = Reaksi engsel vertikal (kg)
- (5) r = Jarak (mm)

9. Momen Lentur Gabungan

Momen lentur gabungan adalah penjumlahan antara momen lentur horizontal dan momen lentur vertikal yang dilambangkan dengan M_R dengan satuan kg.mm.

$$M_R = \sqrt{(M_H)^2 + (M_V)^2} \quad (2.15)$$

Keterangan :

- (1) M_R = Momen lentur gabungan (kg.mm)
- (2) M_H = Momen lentur horizontal (kg.mm)
- (3) M_V = Momen lentur vertikal (kg.mm)

10. Bahan Poros

Bahan poros yang digunakan yaitu bahan dengan karakteristik tertentu dalam pemilihan material.

11. Tegangan Lentur yang Diizinkan

Tegangan geser adalah suatu tegangan yang mempunyai hubungan gaya yang menyinggung luas permukaan pada penampang tempat gaya bereaksi. Tegangan geser yang diizinkan yang digunakan untuk pemakaian umum dapat digunakan dengan berbagai cara. Tegangan geser dihitung atas dasar batas dari kelelahan puntir dengan nilai 40% dari batas kelelahan tarik yang memiliki nilai sekitar 45% dari kekuatan tarik. Batas kelelahan puntir adalah 18% dari kekuatan tarik yang sesuai dengan standar ASME. Nilai 18% adalah faktor keamanan yang diambil sebesar $1/0,18 = 5,6$. Nilai 5,6 diambil untuk faktor keamanan yang terjamin, dan nilai 6 digunakan untuk bahan S-C dengan pengaruh masa, dan baja paduan. Faktor ini dinyatakan dengan S_{f1} . Langkah selanjutnya identifikasi apakah poros membutuhkan alur pasak atau dibuat bertanggung karena pengaruh yang didapatkan dari konsentrasi tegangan cukup besar. Dalam memasukkan pengaruh ke perhitungan perlu diambil faktor yang dinyatakan sebagai S_{f2} dengan nilai 1,3 sampai 3,0.

$$\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_b}{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (2.16)$$

Keterangan :

- (1) τ_{α} = Tegangan lentur (kg/mm²)
- (2) σ_b = Kekuatan tarik (kg/mm²)
- (3) S_f = Faktor keamanan

12. Faktor Koreksi Lenturan dan Puntiran

Faktor koreksi lenturan yang simbolkan dengan K_t yang biasanya terpakai untuk momen puntir yang dipakai secara berulang dan faktor koreksi puntiran yang disimbolkan dengan K_m yang digunakan untuk momen lentur yang akan dihitung pada poros yang terdapat pembebanan momen lentur yang besar. Berikut merupakan tabel faktor koreksi lenturan dan faktor koreksi puntiran yang dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor koreksi lenturan dan faktor koreksi puntiran

<i>Nature of Load</i>	K_m	K_t
1. <i>Stationary Shaft</i>		
1) <i>Gradually applied load</i>	1,0	1,0
2) <i>Suddenly applied load</i>	1,5 to 2,0	1,5 to 2,0
2. <i>Rotating Shafts</i>		
1) <i>Gradually applied or steady load</i>	1,5	1,0
2) <i>Suddenly applied load with shocks only</i>	1,5 to 2,0	1,5 to 2,0
3) <i>Suddenly applied load with heavy shocks</i>	2,0 to 3,0	1,5 to 3,0

13. Diameter Poros

Perhitungan yang umum digunakan mencari diameter poros dengan cara mencari tahu terlebih dahulu momen puntir ekuivalen yang dihitung berdasarkan teori tegangan geser maksimum dan momen lentur ekuivalen dihitung berdasarkan teori tegangan normal. Diameter poros ditentukan berdasarkan dengan mengasumsikan antara momen puntir ekuivalen dengan momen lentur ekuivalen dibebankan pada poros secara terpisah. Dari kedua perhitungan tersebut, tentukan diameter yang terbesar.

$$d_s \geq [(5,1/\tau_\alpha) \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2}]^{\frac{1}{3}} \quad (2.17)$$

Keterangan :

- (1) d_s = Diameter poros (mm)
- (2) τ_α = Tegangan lentur (kg/mm²)
- (3) K_m dan K_t = Faktor koreksi lenturan dan faktor koreksi puntiran
- (4) T = Momen rencana (n.m)

2.2.9 Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gesekan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik maka prestasi seluruh sistem akan menurun atau tak dapat bekerja secara semestinya. Jadi, bantalan dalam pemesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung (Sularso, 2008).

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

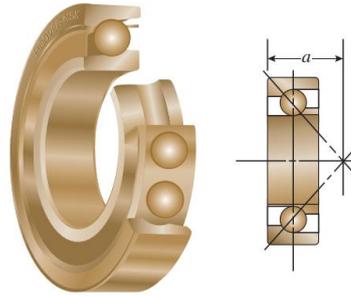
1. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros

- 1) Bantalan luncur, bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas. Berikut ini merupakan gambar bantalan luncur pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Bantalan luncur (Mott dkk, 2018)

- 2) Bantalan gelinding, pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum dan rol bulat. Berikut merupakan gambar bantalan gelinding pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Bantalan gelinding (Mott dkk, 2018)

2. Atas dasar arah beban dan poros

- 1) Bantalan radial, arah bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.
- 2) Bantalan radial, bantalan ini sejajar dengan sumbu poros,
- 3) Bantalan gelinding khusus, bantalan ini dapat menumpukan baban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

2.2.10 Pulley

Pulley merupakan elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dari satu poros ke poros yang lain dengan menggunakan sabuk. *Pulley* bekerja dengan mengubah arah gaya yang diberikan, mengirim gerak dan mengubah arah rotasi. *Pulley* tersebut berasal dari besi cor, baja cor, baja pres atau aluminium (Mott, 2009). Berikut merupakan perhitungan diameter pulley pulley dengan menggunakan perbandingan

- 1) Diameter *pulley* digerakan (d_2)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.18)$$

2.2.11 Sabuk-V

Sabuk-V terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoron atau semacamnya digunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar (Sularso, 2008).

1. Daya yang ditransmisikan P (kW), putaran poros n_1 (rpm), perbandingan putaran i , dan jarak sumbu poros C (mm)
2. Faktor koreksi (f_c)
Lihat Tabel 2.3 Faktor koreksi daya yang ditranmisikan
3. Daya rencana (kW)

Lihat pada persamaan 2.1

4. Momen rencana (kg.mm)

Lihat pada persamaan 2.2

5. Bahan poros dan perlakuan panas

a. Bahan poros

Lihat Tabel 2.1 Baja karbon untuk konstruksi mesin

b. *Safety factor*

Harga 5,6 diambil untuk bahan SF dengan kekuatan yang dijamin, dan 6,0 untuk bahan S-C dengan pengaruh masa, dan baja paduan. Faktor ini dinyatakan dengan S_{f1} . Pengaruh kekasaran permukaan juga harus diperhatikan. Untuk memasukkan pengaruh ini dalam perhitungan perlu diambil faktor yang dinyatakan sebagai S_{f2} dengan harga 1.3 sampai 3,0.

c. Tegangan lentur diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma}{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (2.19)$$

Keterangan:

σ = kekuatan tarik (kg/mm²)

d. Faktor tumbukan

Peninjauan keadaan momen puntir, untuk faktor koreksi K_t yang dianjurkan oleh ASME sebesar 1,0 jika beban halus 1,0 sampai 1,5 jika terjadi sedikit kejutan

e. Faktor lenturan

Jika diperkirakan akan terjadi pemakaian dengan beban lentur maka dipertimbangkan faktor C_b dengan harga antara 1,2 sampai 2,3.

6. Perhitungan diameter poros (mm)

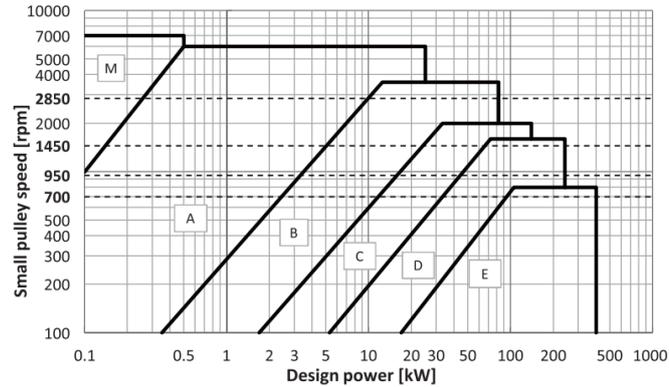
$$ds_1 = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \times K_t \times C_b \times T_1 \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.20)$$

Keterangan:

T_1 = Momen rencana (kg.mm)

7. Pemilihan penampang sabuk

Tipe-tipe sabuk dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2. 11 Tipe sabuk

8. Diameter minimum puli (mm)

Diameter minimum puli yang diizinkan dan dianjurkan dapat dilihat pada gambar 2.12.

Penampang	A	B	C	D	E
Diameter min. yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter min. yang dianjurkan	95	145	225	350	550

Gambar 2.12 Diameter minimum puli yang diizinkan dan dianjurkan (mm)
(Sularso, 2008)

9. Diameter lingkaran (mm)

a. Jarak bagi puli

d_p = diameter minimum

$$D_p = d_p \times i \quad (2.21)$$

Keterangan:

d_p = jarak bagi *pulley* kecil (mm)

D_p = jarak bagi *pulley* besar (mm)

i = perbandingan reduksi

b. Diameter luar puli

$$d_k = d_p + K_t \times K \quad (2.22)$$

$$D_k = D_p + K_t \times K \quad (2.23)$$

Keterangan:

K_t = Faktor tumbukan

d_k = diameter luar pulley kecil (mm)

D_k = diameter luar pulley besar (mm)

c. Diameter naf

$$\frac{5}{3}ds_1 + 10 = 30 \rightarrow d_k \quad (2.24)$$

$$\frac{5}{3}ds_2 + 10 = 30 \rightarrow D_k \quad (2.25)$$

Keterangan:

ds = diameter poros

10. Kecepatan sabuk (m/s)

$$v = \frac{d_p \times n_1}{60 \times 1000} \quad (2.26)$$

keterangan:

n_1 = putaran *spindle* (rpm)

11. Perbandingan kecepatan sabuk

$$v : 30 \text{ m/s} \quad (2.27)$$

12. Perbandingan panjang keliling sabuk (mm)

$$C - \frac{d_k + D_k}{2} \quad (2.28)$$

Keterangan:

C = jarak sumbu poros

13. Pemilihan *V-Belt* dan kapasitas daya transmisi dari satu sabuk P_o (kW)

Putaran puli kecil (rpm)	Penampang-A								Penampang-B							
	Merek merah		Standar		Harga tambahan karena perbandingan putaran				Merek merah		Standar		Harga tambahan karena perbandingan putaran			
	67mm	100mm	67mm	100mm	1,25-1,34	1,35-1,51	1,52-1,99	2,00-	118mm	150mm	118mm	150mm	1,25-1,34	1,35-1,51	1,52-1,99	2,00-
200	0,15	0,31	0,12	0,26	0,01	0,02	0,02	0,02	0,51	0,77	0,43	0,67	0,04	0,05	0,06	0,07
400	0,26	0,55	0,21	0,48	0,04	0,04	0,04	0,05	0,90	1,38	0,74	1,18	0,09	0,10	0,12	0,13
600	0,35	0,77	0,27	0,67	0,05	0,06	0,07	0,07	1,24	1,93	1,00	1,64	0,13	0,15	0,18	0,20
800	0,44	0,98	0,33	0,84	0,07	0,08	0,09	0,10	1,56	2,43	1,25	2,07	0,18	0,20	0,23	0,26
1000	0,52	1,18	0,39	1,00	0,08	0,10	0,11	0,12	1,85	2,91	1,46	2,46	0,22	0,26	0,30	0,33
1200	0,59	1,37	0,43	1,16	0,10	0,12	0,13	0,15	2,11	3,35	1,65	2,82	0,26	0,31	0,35	0,40
1400	0,66	1,54	0,48	1,31	0,12	0,13	0,15	0,18	2,35	3,75	1,83	3,14	0,31	0,36	0,41	0,46
1600	0,72	1,71	0,51	1,43	0,13	0,15	0,18	0,20	2,67	4,12	1,98	3,42	0,35	0,41	0,47	0,53

Gambar 2. 13 Kapasitas daya yang ditransmisikan untuk satu sabuk tunggal (Sularso, 2008)

14. Perhitungan panjang keliling L (mm)

$$L = -\frac{1}{2}(d_p + D_p) \geq C \quad (2.29)$$