

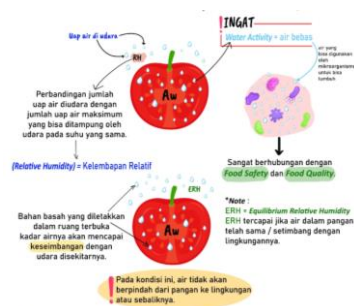
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pengeringan

Pengeringan didefinisikan sebagai proses pemisahan atau pengeluaran sebagian besar air dari bahan dengan menggunakan energi panas. Pengeluaran air dari bahan dilakukan sampai kadar air keseimbangan dengan lingkungan tertentu dimana jamur, enzim, mikroorganisme, dan serangga yang dapat merusak bahan menjadi tidak aktif. Proses pengeringan terjadi menggunakan media pemanas yang telah dipanaskan yang selanjutnya digunakan untuk menguapkan air dari bahan dengan memanfaatkan panas sensibel dan panas laten. Panas sensibel adalah jenis panas untuk menaikkan suhu tanpa mengubah fase sedangkan panas laten adalah jenis panas untuk mengubah fase atau menguapkan air. Selama proses pengeringan terdapat fenomena perpindahan panas dan massa yang terjadi secara simultan, yaitu perpindahan panas dari media pengering ke bahan dan perpindahan massa air dari bahan ke media pengering.

2.2 Pengertian Bahan Pangan Kering



Gambar 2. 1 Aktivitas Air dalam Bahan Pangan
(Sumber : (Nurul & Mohamad, 2021))

Bahan pangan kering adalah bahan makanan yang memiliki nilai Aktivitas Air (A_w) yang mana menunjukkan air bebas yang bisa digunakan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan potensi terjadinya aktivitas enzim yang memiliki nilai rendah yaitu sekitar 0,065. Pada A_w tersebut bakteri sudah tidak dapat tumbuh kecuali beberapa jenis bahan yang pertumbuhannya hanya membutuhkan kadar air yang sangat rendah. Nilai A_w yang rendah akan menghambat potensi pertumbuhan mikroorganisme, menginaktivasi enzim, dan mencegah berbagai potensi reaksi kimia dan biokimia penyebab penurunan mutu pangan. Dengan demikian pangan yang dikeringkan akan lebih stabil dan memiliki umur simpan lebih lama.

Makanan kering dapat berupa berbagai jenis makanan, termasuk buah-buahan, sayuran, umbi-umbian, daging, ikan, kacang-kacangan, biji-bijian, dan produk-produk olahan lainnya. Keuntungan dari makanan kering memberikan kemudahan dalam penyimpanan dan transportasi, kemampuan untuk disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama, dan ketersediaan yang lebih luas di luar musim panen.

2.3 Pengeringan Singkong



Gambar 2. 2 Singkong Sebelum Pengeringan

Singkong atau ubi kayu adalah tanaman tropis dan subtropis tahunan yang berasal dari suku Euphorbiaceae. Singkong atau yang dikenal dengan nama ilmiah (*Manihot Esculenta*, sinonim: *Manihot utilissima*) jika dibandingkan dengan beras, tanaman singkong ini menempati urutan kedua setelah padi dari segi jumlahnya terutama di Pulau Jawa. Selain karbohidrat singkong itu sendiri memiliki kandungan gizi seperti protein, kalsium, vitamin C, zat besi lemak, Vitamin B1, dan kalori (Liu, 2020). Singkong, pada awalnya ditanam untuk diambil umbinya dan dimanfaatkan sebagai bahan pangan, namun seiring berjalannya waktu singkong dimanfaatkan sebagai bahan pakan dan industri. Selain dapat dikonsumsi langsung dalam berbagai jenis makanan, yakni singkong rebus, singkong bakar, singkong goreng, kolak, keripik, opak, dan tape, singkong juga dapat diolah menjadi produk antara (*intermediate product*), seperti gaplek dan tepung tapioka (Rukmana, 1997).

Menurut ((BPS), 2015) produksi singkong segar di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 23.436 ton. Walaupun produksi singkong cukup tinggi, namun penyimpanan singkong selama tiga hari dalam suhu ruang dapat menurunkan mutu singkong. Hal ini disebabkan oleh tingginya kadar air pada singkong (40-70%) sehingga perlu adanya suatu proses pengolahan untuk dapat meningkatkan manfaat dan nilai ekonomisnya (Lidiasari, 2006). Salah satu cara pengawetan pasca panen dari komoditas singkong ini ialah dengan pengawetan teknik pengeringan. Hal ini dinilai tepat diterapkan pada singkong karena mengandung kadar air yang tinggi. Cara ini juga merupakan salah satu upaya dalam mengolah singkong menjadi bentuk bahan pangan setengah jadi (Veeramanipriya, 2021). Pada proses pengeringan, kadar air dalam suatu bahan akan mengalami penurunan, sehingga mikro organisme penyebab kebusukan/penurunan mutu tidak berkembang dan umur simpan suatu bahan menjadi lebih lama. Kadar air

singkong kering yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor suhu dan lama pengeringan.

Pengeringan singkong dapat dilakukan melalui beberapa metode, termasuk pengeringan alami dan pengeringan buatan. Pengeringan alami melibatkan penyiapan singkong di tempat terbuka dengan sinar matahari langsung, sedangkan pengeringan buatan menggunakan peralatan khusus seperti *rotary dryer* untuk meningkatkan efisiensi dan kontrol suhu. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses pengeringan singkong antara lain suhu pengeringan, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada singkong, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat proses pengeringan. Sejalan dengan pendapat (Winarno, 1993) semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin cepat terjadi penguapan, sehingga kandungan air di dalam bahan semakin rendah.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengeringan singkong. Hasil penelitian (Dinata & Setyoko, 2022) menggunakan *rotary dryer* menunjukkan bahwa untuk mengeringkan singkong dengan kapasitas 8 dan 4 kg dengan temperatur pengering sebesar 60°C. Efisiensi aliran panas mencapai 44,31 % dan 43,74 %. Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa pengeringan singkong dapat mengurangi kadar air dari 15%-20% menjadi 6,93%-3,40% yang memenuhi standar SNI (Fatimah, 2018). (Novary, 1997) Mengungkapkan bahwa waktu dan suhu pengeringan yang digunakan tidak dapat ditentukan dengan pasti untuk setiap bahan pangan, namun hal tersebut bergantung pada jenis bahan yang dikeringkan, diantaranya untuk jenis bubuk bahan pangan menggunakan suhu 40-60°C selama 6-8 jam.

2.4 Bahan Bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) dan Kelengkapannya



Gambar 2. 3 Tabung LPG 3 kg dan Kelengkapannya

Bahan bakar adalah bahan yang digunakan dalam proses pembakaran yang mempunyai unsur terdiri dari C, H, O, N, S, dimana setiap unsurnya berbeda untuk membedakan kualitas maupun jenis bahan bakarnya (padat, cair, gas). (Suharto, 1991)

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan bahan bakar gas yang terdiri dari campuran senyawa hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair. Komponen utama dari LPG adalah propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}) atau campuran keduanya. Adapun nilai pembakaran jenis bahan bakar gas LPG yaitu sebesar 11.254,61 Kcal/Kg.

LPG disintesis oleh pemurnian minyak bumi atau gas alam, dan biasanya berasal dari sumber-sumber bahan bakar fosil, yang dibuat selama penyulingan minyak mentah, atau diekstrak dari minyak atau gas ketika mereka muncul dari tanah. (Aditama, 2014)

Tabung gas LPG yang digunakan dilengkapi dengan selang gas dan regulator putar. Selang gas berfungsi untuk menghubungkan atau mengalirkan gas LPG dari tabung gas ke ruang bakar. Sedangkan regulator putar berfungsi untuk mengatur tekanan dan debit aliran gas LPG yang masuk ke dalam ruang pengering, dimana

regulator putar ini akan memastikan bahwa tekanan gas tetap stabil dan tidak terlalu tinggi atau terlalu rendah.

Proses pengeringan menggunakan sumber bahan bakar gas LPG disebut aman untuk pengeringan bahan pangan jika tindakan pencegahan dapat diambil dengan tepat. Seperti pentingnya untuk memastikan bahwa mesin terawat dengan baik, mempunyai sistem sirkulasi udara yang tepat untuk mencegah penumpukan karbon monoksida, dan suhu dikontrol dengan hati-hati untuk menghindari panas yang berlebihan.

2.5 *Burner Infrared dan Solenoid Valve*



Gambar 2. 4 *Burner infrared dan Solenoid valve*

Burner infrared menggunakan radiasi inframerah untuk memanaskan objek secara langsung dengan membakar gas LPG. Pembakaran ini terjadi pada material khusus yang memancarkan radiasi inframerah dan meningkatkan efisiensi karena tidak memanaskan udara sekitar. Kelebihan *burner infrared* yaitu memiliki efisiensi energi tinggi dan risiko kebakaran rendah. Penggunaan *burner infrared* ini sering digunakan dalam pengeringan atau pemanasan bahan, pemanggangan, dan penggorengan, di mana pengendalian suhu yang tepat diperlukan untuk hasil yang optimal.

Burner infrared yang digunakan dalam *Rotary Tray Drying* ini dilengkapi dengan *solenoid valve*. *Solenoid valve* berfungsi sebagai pengatur aliran gas menuju *burner* yang dihubungkan dengan sensor otomatis, sehingga pada saat suhu di bawah titik yang ditetapkan, *solenoid valve* akan membuka untuk mengalirkan gas, dan ketika suhu tercapai, *solenoid valve* akan menutup untuk menghentikan aliran gas. Penggunaan *Burner infrared* dengan *solenoid valve* merupakan metode yang efektif dalam pengendalian aliran gas untuk pembakaran. Karena *solenoid valve* juga berfungsi sebagai fitur keamanan. Jika *burner* tidak menyala atau terputus, *solenoid valve* akan menutup secara otomatis untuk mencegah kebocoran gas. Sehingga memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap suhu dan efisiensi energi.

2.5.1 Energi Bahan Bakar

Energi bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Suharto, 1991)

$$Q_{bb} = NK_{bb} \times \dot{m}_{bb} \quad (2.1)$$

Keterangan :

Q_{bb}	=	Energi bahan bakar (Watt)
NK_{bb}	=	Nilai kalor bahan bakar (Kkal/Kg)
$\dot{m}_{bb}$	=	Laju aliran massa bahan bakar (Kg/s)

Dimana laju aliran massa bahan bakar dapat dihitung dengan rumus (Suharto, 1991)

$$\dot{m}_{bb} = \frac{V \times \rho}{t} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$\dot{m}_{bb}$	=	Laju aliran massa bahan bakar (Kg/s)
V	=	Volume bahan bakar yang digunakan (liter)
ρ	=	Massa jenis bahan bakar (kg/liter)
t	=	Waktu (s)

Sedangkan volume bahan bakar yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Suharto, 1991)

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (2.3)$$

Keterangan :

V	=	Volume bahan bakar yang digunakan (liter)
ρ	=	Massa bahan bakar yang digunakan (kg)
m	=	Massa bahan bakar yang digunakan (kg)

2.6 Perpindahan Massa

Peristiwa yang terjadi selama proses pengeringan adalah proses perpindahan panas yang mengakibatkan menguapnya air dari dalam bahan pangan dan proses perpindahan massa dimana sejumlah uap air dari dalam bahan pangan ke udara. Besarnya massa bahan pangan kering dengan kadar tertentu dapat dicari dengan rumus sebagai berikut (Joeswadi, 1986)

$$M_{bk} = \frac{(100 - m_1)}{100} \times M_{bb} \quad (2.4)$$

Keterangan :

M_{bk}	=	Massa bahan pangan kering (<i>kg</i>)
m_1	=	Kadar air awal bahan pangan (%)
M_{bb}	=	Massa bahan pangan basah (<i>kg</i>)

2.7 Energi yang Dibutuhkan untuk Mengeringkan Singkong

Untuk mengetahui energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan pangan ada dua faktor yang harus diketahui yaitu kalor sensibel dan kalor laten. Kalor sensibel adalah kalor yang berguna untuk menaikkan suhu bahan pangan basah menjadi suhu bahan pangan pada proses pengeringan tanpa terjadi perubahan fasa. Kalor sensibel dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Prasetyo, 2002)

$$Q_s = \frac{M_{bb} \times C_b \times \Delta T}{t} \quad (2.5)$$

Keterangan :

Q_s	=	Energi kalor untuk menaikkan suhu bahan pangan (<i>Watt</i>)
M_{bb}	=	Massa bahan pangan basah (<i>kg</i>)
C_b	=	Kalor jenis bahan pangan (<i>KJ/kg.°C</i>)
ΔT	=	Selisih suhu bahan pangan sebelum dan sesudah pengeringan (<i>°C</i>)
t	=	Waktu proses pengeringan (<i>s</i>)

Sedangkan energi panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan pangan dalam proses pengeringan yaitu Kalor laten. Kalor laten bahan pangan adalah energi yang digunakan untuk mengubah air pada bahan menjadi uap. Kalor laten dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Prasetyo, 2002)

$$Q_l = \frac{M_w}{t} \times L_H \quad (2.6)$$

Keterangan :

Q_l	=	Energi kalor untuk pengeringan bahan pangan (<i>Watt</i>)
M_w	=	Massa air yang diuapkan (<i>kg</i>)
t	=	Waktu proses pengeringan (<i>s</i>)
L_H	=	Panas laten penguapan bahan pangan (<i>KJ/kg</i>)

Jadi besarnya energi pengeringan yang dibutuhkan untuk memanaskan dan menguapkan air dalam bahan pangan adalah (Prasetyo, 2002)

$$Q_b = Q_s + Q_l \quad (2.7)$$

Keterangan :

Q_b	=	Energi kalor total untuk menguapkan bahan pangan (<i>Watt</i>)
Q_s	=	Energi kalor untuk menaikkan suhu bahan pangan (<i>Watt</i>)
Q_l	=	Energi kalor untuk pengeringan bahan pangan (<i>Watt</i>)

2.8 Energi Proses Pengeringan

Besarnya energi untuk proses pengeringan adalah berasal dari *burner* yang disalurkan melalui saluran udara panas dan keluar melewati cerobong uap. Sehingga besarnya energi untuk proses pengeringan adalah sebagai berikut (Suharto, 1991)

$$Q_p = \dot{m}_{udara} \times \Delta h$$

$$Q_p = \dot{m}_{udara} \times (h_2 - h_1) \quad (2.8)$$

Keterangan :

Q_p	=	Energi untuk proses pengeringan (Watt)
$\dot{m}_{udara}$	=	Laju aliran massa udara (kg/s)
h_1	=	Besarnya entalpi udara masuk ruang pengering (KJ/kg)
h_2	=	Besarnya entalpi udara keluar ruang pengering (KJ/kg)

Dimana laju aliran massa udara dapat dihitung dengan rumus (Yunus, 1994)

$$\dot{m}_{udara} = \rho_{udara} \times A \times v_{udara} \quad (2.9)$$

Keterangan :

$\dot{m}_{udara}$	=	Laju aliran massa udara (kg/s)
ρ_{udara}	=	Massa jenis udara (kg/m^3)
A	=	Luas penampang cerobong uap (m^2)
v_{udara}	=	Kecepatan aliran udara (m/s)

Entalpi udara merupakan jumlah dari entalpi udara kering dan entalpi uap air.

Entalpi udara (h) didapatkan dengan rumus sebagai berikut (Yunus, 1994)

$$h = h_{a_{udara\ kering}} + (\dot{\omega} \times h_{fg})_{uap\ air} \quad (2.10)$$

Maka besarnya entalpi udara (h) dapat ditulis sebagai berikut (Yunus, 1994)

$$h = (C_p \times T_0)_{udara\ kering} + (\dot{\omega} \times h_{fg})_{uap\ air} \quad (2.11)$$

Keterangan :

h	=	Entalpi udara ($KJ/kg_{udara\ kering}$)
C_p	=	Panas spesifik udara kering ($KJ/kg^{\circ}K$) dapat dilihat pada tabel sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer
T_0	=	Suhu udara kering ($^{\circ}K$)
$\dot{\omega}$	=	Kelembaban mutlak udara ($kg_{uap\ air}/kg_{udara\ kering}$)
h_{fg}	=	Entalpi uap ($KJ/kg_{uap\ air}$)

Udara atmosfer dapat disebut sebagai campuran gas ideal yang tekanannya merupakan jumlah dari tekanan parsial udara kering (P_a) dan uap air (P_v). Maka besarnya kelembaban mutlak udara ($\dot{\omega}$) dapat dicari sebagai berikut (Yunus, 1994)

$$\dot{\omega} = 0,622 \times \frac{P_v}{P_a}$$

$$\dot{\omega} = 0,622 \times \frac{P_v}{(P_t - P_v)} \quad (2.12)$$

Keterangan :

$\dot{\omega}$	=	Kelembaban mutlak udara ($kg_{uap\ air}/kg_{udara\ kering}$)
P_v	=	Tekanan parsial aktual uap air (KPa)
P_a	=	Tekanan parsial aktual udara kering (KPa)
P_t	=	Tekanan total campuran udara-uap air / Tekanan atmosfer (KPa)

Kelembaban Relatif / *Relative Humidity* (RH) merupakan ukuran derajat

kejenuhan udara pada suhu tertentu. Besaran ini menyatakan persentase kejenuhan udara yaitu pada saat $RH = 100\%$ berarti udara dalam keadaan jenuh dan pada saat $RH = 0\%$ berarti udara dalam keadaan kering sempurna. RH didefinisikan sebagai rasio antara tekanan parsial aktual uap air dengan tekanan parsial saturasi uap air pada suhu tertentu.

Besarnya RH pada saat di lingkungan dan pada saat keluar ruang pengering juga dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Yunus, 1994)

$$RH = \frac{P_v}{P_{sat}} \times 100\% \quad (2.13)$$

Keterangan :

RH = Kelembaban relatif (%)

P_v = Tekanan parsial aktual uap air (KPa)

P_{sat} = Tekanan parsial saturasi uap air (KPa)

2.9 Efisiensi Pengeringan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia efisien adalah tepat/sesuai untuk mengerjakan (menghasilkan) sesuatu (dengan tidak membuang-buang waktu, tenaga, biaya) dan mampu menjalankan tugas dengan tepat dan cermat, berdaya guna, dan ber tepat guna.

Efisiensi merupakan penggunaan sumber daya secara minimum guna pencapaian hasil yang optimum. Efisiensi mesin (*machine efficiency*) adalah rasio energi yang dikeluarkan (kerja yang dilakukan) oleh mesin dengan energi yang dibutuhkan (kerja yang dibutuhkan) untuk mengoperasikannya (*output energi/input energi*). Rumus untuk mencari efisiensi dapat dihitung

sebagai berikut (Sinaga, 1989)

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \quad (2.14)$$

Keterangan :

η = Efisiensi (%)

Q_{out} = Energi output (*Watt*)

Q_{in} = Energi input (*Watt*)

Efisiensi *Rotary Tray Drying* merupakan perbandingan antara jumlah energi yang digunakan pada proses pengeringan dengan jumlah energi yang diberikan pada pembakaran bahan bakar. (McCabe, 1985)

$$\eta = \frac{Q_p}{Q_{bb}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{Q_b + Q_p}{Q_{bb}} \times 100\% \quad (2.15)$$

Keterangan :

η = Efisiensi (%)

Q_b = Energi kalor total untuk menguapkan
bahan pangan (*Watt*)

Q_p = Energi pengeringan (*Watt*)

Q_{bb} = Energi bahan bakar (*Watt*)

2.10 Komponen Sistem Transmisi *Rotary Tray Drying*

Sistem transmisi bertujuan untuk meneruskan daya dari sumber daya ke sumber daya lain, sehingga mesin pemakai daya tersebut bekerja menurut kebutuhan yang

diinginkan. Dalam perancangan alat dibutuhkan beberapa perhitungan atau perencanaan dalam pemilihan elemen-elemen pada perancangan dan pembuatan suatu alat serta harus memperhatikan kekuatan bahan, *safety factor*, dan ketahanan dari berbagai komponen tersebut. Pada perancangan sistem transmisi alat bagian elemen mesin ini yang akan dihitung atau direncanakan adalah sebagai berikut :

1. Motor listrik
2. *Inverter (Speed Control)*
3. Poros dan Pasak
4. Rantai dan *Sprocket*
5. *Pillow Block*
6. *Reducer Gearbox*

2.10.1 Motor Listrik



Gambar 2. 5 Motor Listrik

Motor listrik adalah suatu komponen utama dalam sebuah konstruksi permesinan yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik sehingga suatu mesin dapat bergerak. Komponen lain yang dihubungkan dengan motor listrik diantaranya adalah *pulley* atau *sprocket* yang kemudian dihubungkan dengan

sabuk atau rantai untuk menggerakkan komponen lain.

Penentuan besar daya yang dibutuhkan untuk melakukan kerja perlu memperhatikan beberapa hal, diantaranya adalah harga gaya, torsi, kecepatan putar dan berat yang bekerja pada mekanisme tersebut. Perhitungan pada motor listrik yaitu sebagai berikut :

A. Daya yang Dibutuhkan (Widarto, 2008)

$$P = \tau \times \omega$$
$$P = \frac{\tau \times 2\pi \times n}{60} \quad (2.16)$$

Keterangan :

P	=	Daya (<i>Watt</i>)
τ	=	Torsi (<i>Nm</i>)
ω	=	Kecepatan sudut (<i>Rad/s</i>)
n	=	Putaran poros (<i>rpm</i>)

B. Gaya yang Terjadi (Widarto, 2008)

$$F = m \times g \quad (2.17)$$

Keterangan :

F	=	Gaya (<i>N</i>)
m	=	Massa (<i>kg</i>)
g	=	Gravitasi (<i>m/s²</i>)

C. Torsi yang Dibutuhkan (Widarto, 2008)

$$\tau = F \times r \quad (2.18)$$

Keterangan :

τ = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari (m)

2.10.2 Inverter (Speed Control)



Gambar 2. 6 Inverter (*Speed Control*)

Inverter (Speed Control) adalah perangkat elektronika yang dibutuhkan untuk menggerakkan dan mengubah kecepatan putaran sebuah motor. *Inverter* berfungsi untuk mengatur frekuensi dan tegangan sebuah motor sehingga kecepatan putaran motor dapat diatur dengan bebas. Hubungan antara frekuensi dan tegangan adalah berbanding lurus, pengoperasian yang optimal adalah pengoperasian motor dengan frekuensi dan tegangan yang konstan. Untuk menghitung putaran poros transmisi menggunakan *inverter* dapat menggunakan rumus rasio sebagai berikut :

$$n = i \times nm \quad (2.19)$$

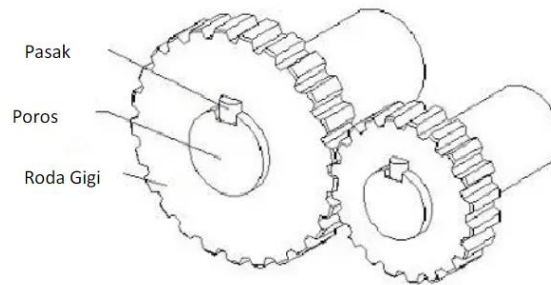
Keterangan :

n = Jumlah putaran poros transmisi (rpm)

i = Rasio *Gearbox*

$$nm = \text{Putaran motor (rpm)}$$

2.10.3 Poros dan Pasak



Gambar 2. 7 Poros dan Pasak

Poros merupakan salah satu bagian elemen mesin yang biasanya bekerja dalam kondisi berputar. Poros berfungsi untuk mentransmisikan daya dari sumber daya menuju bagian yang membutuhkan daya. Dalam penerapannya, poros dikombinasikan dengan puli, kopling, roda gigi, *bearing*, rantai dan *sprocket*.

Pasak adalah elemen mesin yang digunakan untuk menghubungkan bagian-bagian penggerak seperti *pulley*, rantai dan *sproket*, serta roda gigi dengan poros. Fungsinya adalah untuk mentransmisikan torsi dan daya dari poros ke komponen lain dalam sistem mekanis. Perhitungan perencanaan pada poros yaitu sebagai berikut :

Perhitungan Perencanaan Poros

A. Mencari Daya Rencana Poros (Sularso & Suga, 1997)

$$P_d = f_c \times P \quad (2.20)$$

Keterangan :

$$P_d = \text{Daya rencana (Watt)}$$

f_c = Faktor koreksi

P = Daya (*Watt*)

Jika daya diberikan dalam daya kuda (PS), maka harus dikalikan dengan 0,735 untuk mendapatkan daya dalam satuan KW. (Sularso & Suga, 1997)

Faktor-faktor koreksi daya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 1 Faktor Koreksi Daya

Daya yang akan ditransmisikan	Faktor Koreksi (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

(Sumber : (Sularso & Suga, 1997))

B. Menghitung Momen Puntir Rencana (Sularso & Suga, 1997)

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n} \quad (2.21)$$

Keterangan :

T = Momen puntir rencana (*kg.mm*)

P_d = Daya rencana (*KW*)

n = Putaran poros (*rpm*)

C. Menentukan Tegangan Geser yang Diizinkan pada Poros (Sularso & Suga, 1997)

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \times Sf_2)} \quad (2.22)$$

Keterangan :

τ_α = Tegangan geser yang diizinkan

(kg/mm^2)

- σ_B = Kekuatan tarik bahan (kg/mm^2)
- Sf_1 = Faktor keamanan karena pengaruh kelelahan puntir, 5,6 untuk bahan SF dan 6,0 untuk bahan S-C dan baja paduan
- Sf_2 = Faktor keamanan karena pengaruh konsentrasi tegangan yang diakibatkan oleh alur pasak, antara 1,3 – 3,0

D. Menghitung Diameter Poros yang Dibutuhkan (Sularso & Suga, 1997)

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_\alpha} K_t C_b T \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.23)$$

Keterangan :

- d_s = Diameter poros yang dibutuhkan (mm)
- K_t = Faktor Koreksi untuk Momen Puntir
- C_b = Faktor Lenturan
- T = Momen puntir rencana $(kg.mm)$
- τ_α = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm^2)

Tabel 2. 2 Faktor Koreksi untuk Momen Puntir

Beban yang terjadi	Faktor Koreksi Momen untuk Puntir (K_t)
Jika beban dikenakan secara halus	1,0
Jika beban dikenakan dengan sedikit kejutan atau tumbukan	1,0-1,5
Jika beban dikenakan dengan kejutan atau tumbukan besar	1,5-3,0

(Sumber : (Sularso & Suga, 1997))

Meskipun dalam perkiraan sementara ditetapkan bahwa beban hanya terdiri atas momen puntir saja, perlu ditinjau pula apakah ada kemungkinan pemakaian dengan beban lentur di masa pendatang. Jika memang diperkirakan akan terjadi pemakaian dengan beban lentur maka dapat dipertimbangkan pemakaian faktor C_b yang harganya antara 1,2 – 2,3. Jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur maka $C_b = 1,0$.

E. Menghitung Gaya Tangensial Poros (Sularso & Suga, 1997)

Jika momen rencana dari poros adalah T (kg.mm), maka gaya tangensial F (kg) pada permukaan poros adalah :

$$F = \frac{T}{\frac{d_s}{2}} \quad (2.24)$$

Keterangan :

F	=	Gaya tangensial poros (kg)
T	=	Momen rencana (kg.mm)
d_s	=	Diameter poros (mm)

Perhitungan Perencanaan Pasak

A. Menghitung Gaya Tangensial Pasak (Sularso & Suga, 1997)

$$Ft = \frac{2 \times F}{d_s} \quad (2.25)$$

Keterangan :

Ft = Gaya Tangensial Pasak (kg/mm)

F = Gaya tangensial poros (kg)

d_s = Diameter poros (mm)

B. Menghitung Tegangan Geser yang Diizinkan pada Pasak (Sularso & Suga, 1997)

$$\tau_{k\alpha} = \frac{\sigma_B}{(Sf_{k1} \times Sf_{k2})} \quad (2.26)$$

Keterangan :

$\tau_{k\alpha}$ = Tegangan geser yang diizinkan
(kg/mm^2)

σ_B = Kekuatan tarik bahan (kg/mm^2)

Sf_{k1} = Faktor keamanan (umumnya diambil 6,0)

Sf_{k2} = Faktor keamanan

Tabel 2. 3 Faktor Keamanan

Beban yang terjadi	Faktor Keamanan (Sf_{k2})
Jika beban dikenakan secara perlahan	1,0-1,5
Jika beban dikenakan dengan tumbukan ringan	1,5-3,0
Jika beban dikenakan secara tiba-tiba dan dengan tumbukan berat	2,0-5,0

(Sumber : (Sularso & Suga, 1997))

C. Menentukan Panjang Pasak (Sularso & Suga, 1997)

Dari tegangan geser yang diizinkan ($\tau_{k\alpha}$), maka panjang pasak (l_1) yang diperlukan dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\tau_k = \frac{Ft}{(b \times l_1)} \leq \tau_{k\alpha} \quad (2.27)$$

Keterangan :

τ_k	=	Tegangan geser maksimal (N/mm^2)
Ft	=	Gaya Tangensial Pasak (kg/mm)
b	=	Lebar pasak (mm)
l_1	=	Panjang pasak (mm)
$\tau_{k\alpha}$	=	Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm^2)

Selanjutnya, perhitungan untuk menghindari kerusakan permukaan samping pasak karena tekanan bidang juga diperlukan. Dari harga tekanan permukaan yang diizinkan (p_α), maka panjang pasak yang diperlukan dapat dihitung dari :

$$p = \frac{Ft}{(l \times t_1 \text{ atau } t_2)} \leq p_\alpha \quad (2.28)$$

Keterangan :

p	=	Tekanan permukaan (kg/mm^2)
Ft	=	Gaya Tangensial Pasak (kg/mm)
l	=	Panjang pasak (mm)
t_1	=	Kedalaman alur pasak pada poros (mm)
t_2	=	Kedalaman alur pasak pada naf (mm)
p_α	=	Tekanan permukaan yang diizinkan

$$(kg/mm^2)$$

D. Menghitung Tekanan Permukaan (Sularso & Suga, 1997)

$$p = \frac{Ft}{(l \times t_1 \text{ atau } t_2)} \quad (2.29)$$

Keterangan :

p	=	Tekanan permukaan (kg/mm^2)
Ft	=	Gaya Tangensial Pasak (kg/mm)
l	=	Panjang pasak (mm)
t_1	=	Kedalaman alur pasak pada poros (mm)
t_2	=	Kedalaman alur pasak pada naf (mm)

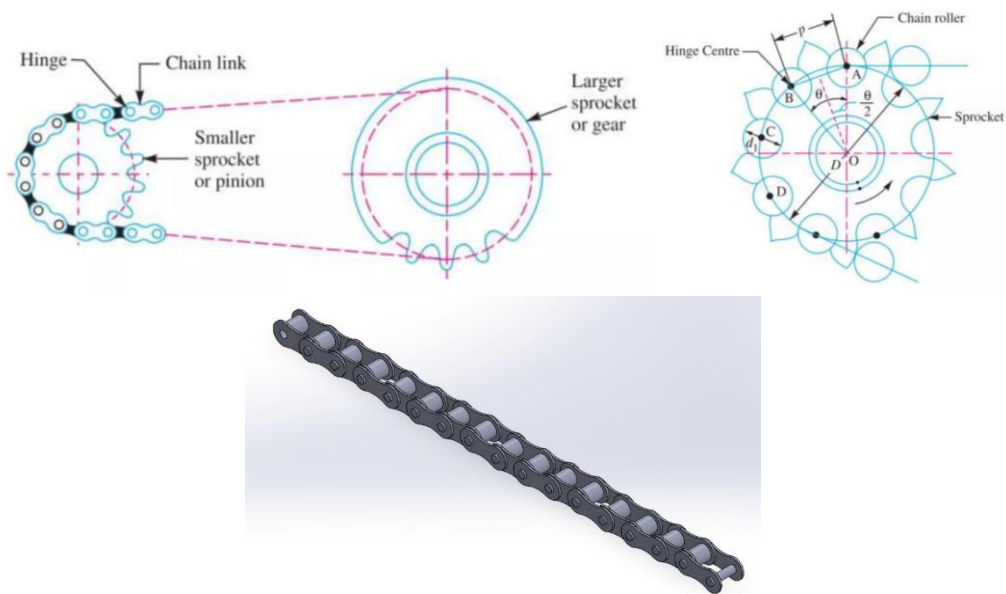
E. Menghitung Tegangan Geser Maksimal pada Pasak (Sularso & Suga, 1997)

$$\tau_k = \frac{Ft}{(b \times l)} \quad (2.30)$$

Keterangan :

τ_k	=	Tegangan geser maksimal (N/mm^2)
Ft	=	Gaya Tangensial Pasak (kg/mm)
b	=	Lebar pasak (mm)
l	=	Panjang pasak (mm)

2.10.4 Rantai dan Sprocket



Gambar 2. 8 Rantai dan Sprocket
(Sumber : <https://grabcad.com/library/chain-and-sprocket-23>)

Rantai terdiri dari sejumlah mata rantai (*Chain Link*) yang dikaitkan bersama oleh sambungan pin (engsel) secara berurutan untuk memberikan fleksibilitas untuk membelit lingkaran roda penggerak dan yang digerakkan (*Sprocket*). Rantai adalah suatu penghubung antara *sprocket* dengan *sprocket* lainnya sehingga dapat berputar secara bersamaan. Rantai merupakan salah satu sistem transmisi, kelebihanannya tidak mudah terjadi selip meskipun beban berat.

Sprocket adalah roda bergerigi yang berpasangan dengan rantai. *Sprocket* sangat cocok digunakan untuk kecepatan putaran rendah yang menerima beban yang berat dan tidak slip. *Sprocket* berfungsi untuk mentransmisikan gaya putar antara dua poros dimana roda gigi tidak mampu menjangkaunya. Pada sepeda motor terdapat *sprocket* kecil atau *sprocket* penggerak dan *sprocket* besar atau *sprocket* yang digerakkan.

Sprocket kecil mempunyai fungsi meneruskan putaran dari transmisi ke rantai. (Basselo, et al., 2014). Perhitungan perencanaan pada rantai dan *sprocket* yaitu sebagai berikut :

A. Mencari Daya Rencana Rantai dan *Sprocket*. (Sularso & Suga, 1997)

$$P_d = f_c \times P \quad (2.31)$$

Keterangan :

P_d	=	Daya rencana (<i>Watt</i>)
f_c	=	Faktor koreksi
P	=	Daya (<i>Watt</i>)

Tabel 2. 4 Faktor Koreksi Rantai

Tumbukan	Penggerak Pemakaian	Motor Listrik atau Turbin	Motor Torak	
			Dengan Transmisi Hidrolik	Tanpa Transmisi Hidrolik
Transmisi halus	Konveyor sabuk dan rantai dengan variasi beban kecil, pompa sentrifugal dan blower, mesin tekstil umum, mesin industri umum dengan variasi beban kecil.	1,0	1,0	1,2
Tumbukan sedang	Kompresor sentrifugal, propeler, konveyor dengan sedikit variasi beban, tanur otomatis, pengering, penghancur, mesin perkakas umum, alat-alat besar umum, mesin kertas umum.	1,3	1,2	1,4
Tumbukan berat	Pres, penghancur, mesin pertambangan, bor minyak bumi, pencampur karet, rol, mesin penggetar, mesin-mesin umum dengan putaran dapat dibalik atau beban tumbukan.	1,5	1,4	1,7

(Sumber : (Sularso & Suga, 1997))

B. Mencari Jumlah Mata Rantai (Suhariyanto, 2002)

Rumus mencari jumlah mata rantai yaitu sebagai berikut :

$$N = \frac{z_1 + z_2}{2} + 2 \times C + \frac{\left[\frac{z_2 - z_1}{6,28}\right]^2}{C} \quad (2.32)$$

Keterangan :

N	=	Jumlah mata rantai
z_1	=	Jumlah gigi <i>sprocket</i> kecil
z_2	=	Jumlah gigi <i>sprocket</i> besar
C	=	Jarak sumbu poros antara <i>sprocket</i> depan dan belakang (<i>inch</i>)

C. Mencari Panjang Rantai (Suhariyanto, 2002)

$$L = N \times p \quad (2.33)$$

Keterangan :

L	=	Panjang rantai (<i>mm</i>)
N	=	Jumlah mata rantai
p	=	<i>Pitch</i> rantai (<i>mm</i>)

D. Mencari Diameter *Sprocket* (Ummami, 2018)

$$d_1 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{z_1}\right)} \quad (2.34)$$

$$d_2 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180}{z_2}\right)} \quad (2.35)$$

Keterangan :

d_1	=	Diameter <i>sprocket</i> kecil (<i>mm</i>)
-------	---	--

d_2	=	Diameter <i>sprocket</i> besar (mm)
p	=	<i>Pitch</i> rantai (mm)
z_1	=	Jumlah gigi <i>sprocket</i> kecil
z_2	=	Jumlah gigi <i>sprocket</i> besar

E. Mencari Kecepatan Rantai (Sularso & Suga, 1997)

$$v = \frac{p \times z_1 \times n}{60 \times 1000} \quad (2.36)$$

Keterangan :

v	=	Kecepatan rantai (m/s)
p	=	<i>Pitch</i> rantai (mm)
z_1	=	Jumlah gigi <i>sprocket</i> kecil
n	=	Putaran poros (rpm)

F. Gaya pada Rantai (Sularso & Suga, 1997)

$$F_g = \frac{102 \times P_d}{v} \quad (2.37)$$

Keterangan :

F_g	=	Gaya pada rantai (kg)
P_d	=	Daya rencana (Watt)
v	=	Kecepatan rantai (m/s)

2.10.5 Pillow Block



Gambar 2. 9 *Pillow Block*

Pillow block atau bantalan merupakan komponen mesin yang berfungsi menumpu poros yang mempunyai beban tertentu, sehingga gerak berputar atau gerakan bolak balik dapat berlangsung dengan halus, aman dan komponen tersebut dapat tahan lama. Bantalan harus cukup kuat dan kokoh agar komponen mesin lain dapat bekerja dengan baik. Kerusakan pada bantalan akan menurunkan kinerja mesin secara total. (Irawan, 2009) Perhitungan perencanaan dan pemilihan pada bantalan yaitu sebagai berikut :

A. Beban Ekvivalen Bantalan Radial (Sularso & Suga, 1997)

$$P_r = X \times V_0 \times F_r + Y \times F_a \quad (2.37)$$

Keterangan :

P_r	=	Beban ekuivalen bantalan radial (kg)
X	=	Faktor beban
V_0	=	Faktor putaran
F_r	=	Beban radial (kg)
Y	=	Faktor beban

$$F_a = \text{Beban aksial (kg)}$$

B. Faktor Kecepatan Putaran Bantalan (Sularso & Suga, 1997)

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n}\right)^{1/3} \quad (2.38)$$

Keterangan :

$$f_n = \text{Faktor kecepatan putaran bantalan (rpm)}$$

$$n = \text{Jumlah putaran poros transmisi (rpm)}$$

C. Faktor Umur Bantalan (Sularso & Suga, 1997)

$$f_h = f_n \frac{c}{P_r} \quad (2.39)$$

Keterangan :

$$f_h = \text{Faktor umur bantalan}$$

$$f_n = \text{Faktor kecepatan putaran bantalan (rpm)}$$

$$c = \text{Beban normal spesifik (kg)}$$

$$P_r = \text{Beban ekivalen bantalan radial (kg)}$$

D. Umur Nominal Bantalan (Sularso & Suga, 1997)

$$L_h = 500 \times f_h^3 \quad (2.40)$$

Keterangan :

$$L_h = \text{Umur nominal bantalan (Jam)}$$

$$f_h = \text{Faktor umur bantalan}$$

2.10.6 Reducer Gearbox



Gambar 2. 10 Reducer Gearbox

Reducer Gearbox adalah sebuah komponen mekanis yang digunakan dalam mesin untuk mentransfer daya dari mesin ke roda penggerak atau ke perangkat lainnya. *Reducer Gearbox* biasanya terdiri dari serangkaian roda gigi yang berbeda ukuran dan jumlah giginya yang bekerja bersama untuk mengubah putaran dan torsi antara mesin dan roda penggerak. Ini memungkinkan kendaraan atau mesin untuk beroperasi efisien pada berbagai kecepatan dan kondisi. *Reducer Gearbox* digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk mobil, truk, pesawat, mesin industri, dan banyak lagi. Rasio *Reducer Gearbox* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1:80.