

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Bulan et al. (2018) melakukan penelitian tentang Desain dan Kinerja Mesin Terintegrasi untuk Mencacah Daun Sawit dan Mengempa Pelelah Sawit, bertujuan untuk Perancangan mesin penanganan limbah pelelah sawit, dengan hasil Kapasitas mesin tertinggi dalam mencacah daun dan mengempa pelelah adalah adalah 207 pelelah/jam. Persentase daun terpotong 83.01%, persentase pengurangan tinggi pelelah 18.18%, persentase pertambahan lebar pelelah 41.20%, dan ukuran cacahan daun sesuai kebutuhan pengomposan.

Saputro et al. (2022) melakukan penelitian tentang Analisis desain mesin pencacah limbah organik sebagai bahan dasar pupuk, Penelitian rancang bangun atau desain mesin pencacah limbah organik ini bertujuan untuk model desain atau perancangan untuk pembuatan mesin pencacah limbah organik yang lebih efisien dari mesin-mesin yang sudah ada. Dengan hasil Proses perhitungan yang ditentukan yaitu sebagai berikut, kapasitas mesin pencacah 50 Kg/jam, perencanaan putaran pisau 111 rpm, perencanaan putaran motor listrik yaitu (reducer 1:10) motor listrik 3600 rpm, perbandingan pulley 1:2 dengan diameter 100 mm dan 200 mm, putaran pulley 1 yaitu 3600:10 yaitu didapatkan 360 rpm, hasil perbandingan pulley yaitu 360:2 dan didapatkan 180 rpm), hasil kapasitas potongan yang dihasilkan yaitu 1,350 gr/menit, mengetahui daya motor yang direncanakan sebesar $13,230 \times 103 Pa$, perencanaan poros yang sudah ditentukan yaitu 180 rpm, perencanaan motor listrik yang digunakan yaitu sebesar 0,5 Hp = 0,373 kw, perencanaan kecepatan keliling pulley yaitu 1,069 m/s, perencanaan pulley 2 yaitu 200 mm, yang terakhir yaitu perencanaan panjang belt yaitu 2,300 mm.

Yusuf et al. (2021) melakukan penelitian tentang Desain, Manufaktur dan Uji Kinerja Mesin Pengolah Serbuk Jahe Merah, Penelitian ini berisi tentang proses pengkristalan serbuk bandrek manual pada UMKM (Usaha Menengah Kecil dan Mikro) Ayuk di dusun Mangun, Limbangan, mengakibatkan kelelahan pekerja dan menghasilkan residu sebanyak 40% berupa gumpalan kristal besar menyerupai permen. Dengan hasil penelitian Proses pembuatan Jahe dalam bentuk serbuk ini dapat memperpanjang masa kedaluwarsa produk yang apabila dalam kondisi cair dalam bentuk sirup Jahe hanya bertahan 4 bulan dengan adanya rekayasa berbentuk serbuk Jahe mampu bertahan lebih lama yaitu 10 bulan. Hasil serbuk Jahe merah yang dihasilkan lebih banyak 30% dibandingkan dengan proses manual.

Pristiansyah et al. (2021) melakukan penelitian tentang Iptek bagi masyarakat mesin pencacah pelelah dan daun kelapa sawit untuk pakan sapi di desa sampan, tujuan penelitian ini dibutuhkan sebuah mesin yang dapat membantu para petani untuk mendapatkan pakan ternak sapi secara cepat. Dengan hasil Mesin pencacah yang dibuat dapat menghasilkan cacahan sesuai dengan tuntutan yaitu, cacahan dengan dimensi 2 cm.

Nasution & Anwar (2021) melakukan penelitian tentang Perancangan mesin pencacah pelelah sawit untuk pakan ternak dengan menggunakan metode dfma (design for manufacture and assembly), tujuan penelitian untuk merancang desain dan nantinya dapat membuat alat pencacah pelalah kelapa sawit, yang murah dan efisien menggunakan metode DFMA. Dengan hasil Dari 3 jenis varian yang di pilih dengan menggunakan pendekatan DFMA adalah varian nomor 2 (dua) dengan skor tertinggi yaitu 7,579.

2.2 Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guinensis Jacq*) merupakan salah satu komoditas hasil dari perkebunan dengan peran yang penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia sebagai salah satu penghasil minyak nabati yang banyak dibutuhkan oleh sektor industry (Nurkholis & Sitanggang, 2020). Tanaman kelapa sawit pada kondisi normal dan sehat memiliki 40 sampai 50 pelepah daun perpohonnya. Dalam proses pemeliharaan kebun sawit, selain proses pemupukan untuk meningkatkan pertumbuhan batang serta produksi buah sawit, proses lain yang dilakukan adalah pemotongan pelepah sawit bagian paling bawah pada umur tertentu yang bertujuan agar merangsang pertumbuhan batang sawit menjadi lebih besar, pelepah sawit yang telah dipotong akan di buang begitu saja tanpa dimanfaatkan hanya untuk menutupi tanah di samping pohon sawit (Pristiansyah et al., 2021). Limbah pelepah sawit memerlukan waktu kurang lebih 4 bulan agar dapat terurai. Waktu penguraian alami dari limbah pelepah kelapa sawit itu sendiri lebih lambat membuat waktu penumpukan pelepah kelapa sawit menjadi semakin banyak, penumpukan tersebut dapat berpotensi membuat lingkungan sekitar tercemar, serta dapat menjadi sarang hewan seperti tikus, kumbang, bahkan ular (Arriyani et al., 2021).

Pemanfaatan dari kelapa sawit telah banyak digunakan seperti minyaknya, minyak dari kelapa sawit memiliki kegunaan yang cukup banyak, seperti dapat diproduksi sebagai minyak goreng, bahan bakar solar atau diesel, dan pelepah kelapa sawit juga dapat digunakan sebagai pakan untuk ternak (Manalu, 2020). Akan tetapi untuk pemanfaatan dari pelepah kelapa sawit itu sendiri masih sangat kurang dan masih menjadi limbah yang menumpuk dikebun. Pembuatan mesin pencacah pelepah kelapa sawit menjadi sesuatu yang dapat bermanfaat untuk masyarakat khususnya yang memiliki ternak.



Gambar 2. 1 Pohon kelapa sawit

2.3 Mesin Pencacah

Mesin pencacah merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mencacah atau memotong benda dari ukuran besar menjadi ukuran yang lebih kecil. Secara umum mesin pencacah itu terdiri dari motor listrik yang berfungsi sebagai penggerak, sistem transmisi yang berfungsi sebagai sistem pemindah tenaga, casing yang berfungsi untuk melindungi komponen mesin, poros rangka, dan pisau perajang (Hanafie et al., 2016). Mesin pencacah sendiri terbagi menjadi tiga yaitu, mesin pencacah kayu, mesin pencacah plastik, dan mesin pencacah limbah.

Untuk mesin pencacah yang akan dibuat dalam penelitian ini adalah mesin pencacah limbah pelepah kelapa sawit.

2.4 Komponen Mesin Pencacah

Adapun komponen-komponen penting dalam proses pembuatan mesin pencacah dari sistem penggerak sampai rangka yang nanti di rakit menjadi sebuah mesin yang dipergunakan untuk proses pencacah pelepah kelapa sawit yang sudah ditentukan komponennya sebagai berikut:

2.4.1 Motor Listrik

Motor listrik ialah mesin berputar yang bertujuan untuk merubah daya listrik menjadi daya mekanik. Didalam motor listrik, konversi listrik menjadi daya mekanik terjadi pada bagian yang berputar pada mesin (Kusuma Laksanwati et al., 2020). Motor listrik hanya memiliki 2 komponen utama yaitu stator dan rotor. Komponen penggerak (pemintalan) motor listrik adalah rotor yang terletak di stator yang merupakan komponen stasionernya. Motor listrik selanjutnya diklasifikasikan menjadi dua kelompok berdasarkan sumber tegangannya: motor listrik AC (*Alternating Current*) dan motor listrik DC (*Direct Current*) (Pattiapon et al., 2019).



Gambar 2. 2 Motor listrik
Sumber: (Rizqi Ibnu Alba, 2018)

Untuk mencari daya motor listrik menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T = f \times r \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

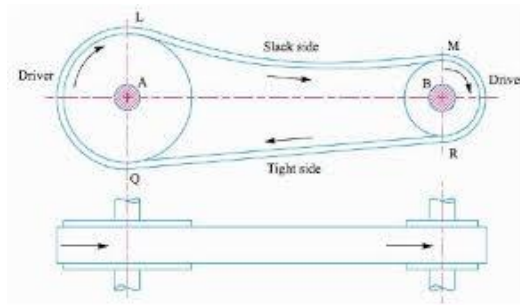
T = Torsi

f = gaya potong (kg)

r = putaran

2.4.2 V-Belt dan Pulley

Pulley merupakan suatu komponen yang digunakan dimesin pencacah untuk meneruskan putaran dari mesin yang dipasangkan oleh *belt*. Pemasangan sabuk *v-belt* dan *pulley* memiliki keunggulan yaitu mudah dalam aplikasi penggunaannya, serta memiliki harga yang relatif lebih murah dibandingkan dengan penggunaan rantai (*chain*). Kekurangan dari *v-belt* itu sendiri yaitu karena menghubungkan dua *pulley* dengan jarak yang cukup panjang atau dengan *gearbox* sehingga mudah terjadinya slip (Yusuf et al., 2021).



Gambar 2. 3 V-belt dan Pulley
 Sumber: (www.eprints.polsri.ac.id)

2.4.3 Mata Pisau

Untuk mencacah pelepah kelapa sawit dibutuhkan mata pisau yang tajam serta material yang kuat. Pisau mempunyai sudut ketajaman tertentu, dimana pisau tidak boleh mempunyai sudut terlalu lancip karena pisau yang lancip mempunyai ketebalan yang tipis sehingga mengakibatkan pisau cepat rusak tetapi juga tidak boleh terlalu tumpul karena tidak akan mudah untuk mencacah benda (Sutowo & Diniardi, 2015).



Gambar 2. 4 Mata Pisau
 Sumber: (www.shopee.co.id)

kemudian untuk mencari torsi pada mata pisau maka menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T = 63000 \times \frac{P}{n_2} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

T = torsi poros pisau

P = Daya motor penggerak (KW)

n_2 = Jumlah putaran

2.4.4 Bearing

Bearing atau bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang berfungsi sebagai penumpu sebuah poros agar poros tersebut berputar tanpa terjadinya hambata, serta membuat umur poros menjadi lebih panjang dalam pemakaiannya (Harling & Apasi, 2018). Bearing harus kuat untuk memastikan elemen mesin dapat bekerja dengan maksimal. Untuk mengetahui gaya radial bantalan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:



Gambar 2. 5 *Bearing* atau Bantalan
 Sumber: (www.google.com)

2.4.5 Poros

Poros merupakan elemen mesin yang memiliki bentuk batang umumnya berpenampang lingkaran, poros memiliki fungsi sebagai penerus daya dan putaran dari suatu komponen mesin ke elemen mesin yang lainnya (Harling & Apasi, 2018). Setiap elemen mesin yang berputar seperti *pulley* membutuhkan poros sebagai penopangnya, Kekuatan poros dapat ditentukan oleh perhitungan dari diameter minimum dan beberapa pembebanan akibat gaya dorong, momen torsi, dan berat poros (Yulianto & Ariesta, 2019).



Gambar 2. 6 Poros
 Sumber: (www.teknikmesin1.com)

Untuk menghitung putaran poros maka menggunakan rumus:

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} \dots\dots\dots(2.3)$$

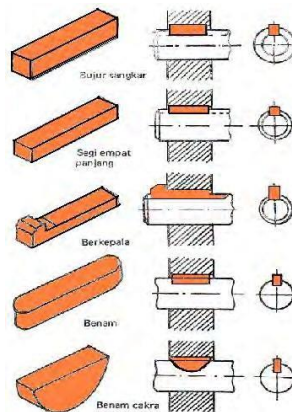
Dimana :

- n₁ = Putaran penggerak (rpm)
- n₂ = Putaran yang digerakkan (rpm)
- d₁ = Diameter pulley penggerak (mm)
- d₂ = Diameter pulley digerakkan (mm)

2.4.6 Pasak

Pasak merupakan salah satu bagian dari mesin pencacah yang digunakan untuk mengunci bagian-bagian mesin seperti roda gigi, *sprocket*, *pulley*, kopling, pada poros. Momen yang diteruskan dari poros ke naf atau dari naf ke poros. Prinsip kerja dari pasak adalah sebagai pengunci yang dipasang diantara poros dan hub sebuah roda *pulley* atau roda gigi, sehingga keduanya tersebut tersambung dengan kuat serta mampu meneruskan momen putar atau torsi.

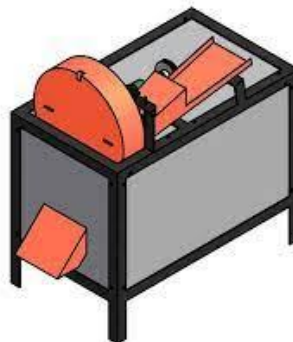
Pemasangan pasak ini akan dibenamkan pada alur di poros sebagaiudukan pasak dengan posisi memanjang searah sumbu poros (Suryono et al., 2021).



Gambar 2. 7 Pasak
Sumber: (Hanif, 2016)

2.4.7 Rangka atau *Frame*

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 (Subhidin et al., 2020). Hal yang paling penting dalam proses pembuatan mesin pencacah adalah merancang desain dan rangka atau *frame*. Kontruksi rangka dalam mesin pencacah sangat penting, jika rangka yang digunakan terlalu tipis akan menyebabkan getaran yang cukup keras bahkan dapat membuat rangka tersebut mengalami kerusakan.



Gambar 2. 8 Rangka
Sumber: (Arif Ghufron, 2012)

2.5 Kapasitas Pencacahan

Kapasitas aktual mesin pencacah dihitung untuk untuk mengetahui mesin dalam menggiling pelepah sawit sampai menjadi pakan ternak dengan actual (Pratama et al., 2021). Kapasitas cacahan pelepah sawit merupakan nilai yang harus diperoleh hingga menjadi pakan ternak. Perhitungan estimasi kapasitas potongan limbah pelepah sawit yang sudah direncanakan dari awal. Estimasi hasil kapasitas potongan untuk mesin pencacah limbah pelepah sawit sebagai berikut:

$$Q = m \times n \times z \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

Q = Kapasitas pemotongan (kg/jam)

m = Massa jenis yang dicacah (kg)

n = Putaran *pulley* (m/min)

z = Jumlah potongan

2.6 Daya Motor

Daya motor diperlukan untuk mengetahui berapa kapasitas daya yang digunakan dalam proses perancangan mesin pencacah pelepah kelapa sawit. Penghitungan daya motor itu sendiri sangat penting untuk mengetahui daya dan kekuatan motor listrik yang akan dibutuhkan dalam perencanaan proses pembuatan mesin pencacah pelepah kelapa sawit. Untuk mencari daya motor tersebut menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{\frac{1}{4} \pi d^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

τ_s = tegangan geser pelepah kelapa sawit

F = gaya geser pelepah kelapa sawit

A = luasan pelepah sawit

2.7 Perencanaan *Belt* dan *Pulley*

Perencanaan transmisi *belt* dan *pulley* digunakan agar dapat mengetahui kapasitas serta hasil yang diinginkan. Perencanaan digunakan untuk mengetahui diameter *pulley*, kecepatan keliling *pulley*, gaya keliling *pulley*, tegangan *belt*, jumlah *belt*, panjang *belt*, dan usia *belt* (Nurrohkayati et al., 2020). Dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Diameter *Pulley*

Untuk mengetahui diameter pully dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

n_1 = Putaran *Pulley* Motor Penggerak (rpm)

n_2 = Putaran *Pulley* Yang Digerakkan (rpm)

d_1 = Diameter *Pulley* Motor Penggerak (mm)

d_2 = Diameter *Pulley* Yang Digerakkan (mm)

2. Kecepatan keliling *pulley*

Untuk mengetahui kecepatan keliling pulle dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$v = \frac{\pi \times d \times n}{600 \times 1000} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

v = Kecepatan Keliling *Pulley* (m/s)

n = Putaran Motor Penggerak (rpm)

d = Diameter *Pulley* Penggerak (mm)

3. Gaya keliling *belt*

Untuk mengetahui gaya keliling *belt* yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f_{rated} = \frac{102 \times p}{v} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

- f_{rated} = Gaya Keliling *Belt* (kg)
- p = Daya Motor (kW)
- v = Kecepatan Keliling *Pulley* (m/s)

4. Panjang *belt*

Untuk mengetahui panjang *belt* yang dibutuhkan dalam perancangan mesin pencacah pelepah kelapa sawit dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = 2 \phi \times a + \frac{\pi}{2} (d_2 + d_1) \frac{(d_2 - d_1)^2}{4xa} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

- L = Panjang *Belt* (mm)
- a = Jarak Antar Poros (mm)
- d_1 = Diameter *Pulley* Motor Penggerak (mm)
- d_2 = Diameter *Pulley* Yang Digerakkan (mm)

5. Tegangan *belt*

Untuk mengetahui tegangan *belt* maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_\alpha = 2 \times \phi \times \sigma_0 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

- σ_α = Tegangan Yang Timbul Pada *Belt* (kg/cm²)
- ϕ = Faktor Tarikan
- σ_0 = Tegangan Awal (kg/cm²)

6. Menghitung jumlah *belt*

Untuk menghitung jumlah *belt* yang akan dicapai maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$Z = \frac{f_{rated}}{\sigma_d \times A} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

- Z = Jumlah *Belt* (buah)
- f_{rated} = Gaya Keliling *belt* (kg)
- σ_d = Tegangan *Belt* (kg/cm²)
- A = Luas Penampang *Belt* (cm²)

7. Tegangan maksimum pada *belt*

Dalam kondisi operasinya, tarikan maksimum pada *belt* terjadi pada bagian yang tegang dan itu terjadi pada bagian awal *belt* memasuki *pulley* penggerak sehingga tegangan maksimum yang terjadi adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{max} = \sigma_0 + \frac{F}{2A} + \frac{y \times V^2}{10 \times g} + Eb \frac{h}{d_{min}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

σ_{max} = Tegangan Yang Timbul Pada *Belt* (kgf/cm²)

σ_0 = Tegangan Awal *Belt* (kgf/cm²)

y = Massa Jenis (kg/cm³)

Eb = Modulus Elastisitas Bahan *Belt* (kg/cm³)

h = Tebal *Belt* (mm)

d_{min} = Diameter *Pulley* Yang Terkecil (mm)

8. Jumlah kecepatan persatuan panjang *belt*

Untuk mengetahui kecepatan persatuan panjang *belt* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$u = \frac{v}{L} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

u = jumlah putaran *belt*

v = Kecepatan Keliling *Pulley* (m/s)

L = Panjang *Belt* (m)

9. Menghitung umur *belt*

Umur *belt* merupakan salah satu hal yang penting dalam perencanaan transmisi yang menggunakan *belt*. Untuk mengetahui berapa lama usia *belt* yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H = \frac{N_{base}}{3600 \times u \times X} \left[\frac{\sigma_{fat}}{\sigma_{max}} \right]^m \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

H = Umur *Belt* (jam)

N_{base} = Basis Dari Fatigue Test (10⁷) *cycle*

σ_{max} = Tegangan Maksimum *Belt* (kg/cm²)

X = Jumlah *Pulley* Yang Diputar (biji)

u = Jumlah Putaran *Belt* (rad/s)

σ_{max} = Fatigue Limit (90 kg/cm² Untuk V-*Belt*)

m = Jenis *Belt* (8 untuk v-*belt*)

2.8 Cara Kerja Mesin Pencacah

Prinsip kerja dari Mesin pencacah ialah mesin yang digunakan untuk mencacah limbah anorganik dan limbah organik menjadi ukuran yang lebih kecil. Mata pisau diputar dengan menggunakan mekanisme motor listrik yang terhubung oleh *pulley* kemudian putaran motor listrik tersebut ditransmisikan oleh *v-belt* menuju *pulley* yang terhubung keporos mata pisau. Pada proses percobaan ini limbah akan dimasukkan ke dalam mesin melalui sebuah corong yang terdapat pada mesin pencacah kemudian limbah tersebut nantinya akan dihancurkan oleh pisau pencacah menjadi serpihan yang kecil kemudian baru akan disaring. Serpihan dari cacahan yang telah melewati saringan itulah yang nantinya merupakan hasil dari cacahan yang kita inginkan (Sutowo & Diniardi, 2015).

2.9 Software Inventor

Autodesk Inventor yaitu *software* yang sudah sangat sering digunakan oleh para desainer, pada *inventor* desainer dapat membuat desain 3 dimensi dengan memanfaatkan menu-menu yang ada pada *software* tersebut. . *Autodesk Inventor* memiliki fitur yang dapat membantu desainer dalam pekerjaannya dengan tampilan yang sangat detail serta mudah dibaca (Budhi et al., 2021). Selain dapat membuat model 3 dimensi *software autodesk inventor* itu sendiri dapat merakit atau *assemble* menjadi satu part-part yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 2. 9 Autodesk inventor
Sumber: (Bukalapak.com)

2.10 Pakan Ternak

Pakan adalah semua jenis makanan yang bisa dapat dimakan oleh ternak, baik yang berupa bahan organik ataupun bahan anorganik yang sebagian ataupun seluruhnya dapat dicerna serta tidak mengganggu kesehatan bagi ternak. Pakan yang diberikan kepada ternak harus memiliki syarat sebagai pakan yang baik. Pakan yang baik adalah pakan yang didalamnya berisi zat makanan yang memiliki tingkat serta kadarnya, seperti protein, mineral, energi, lemak, dan vitamin yang semuanya diperlukan dalam jumlah yang tepat dan juga seimbang sehingga dapat memperoleh produk daging yang berkualitas dan berkuantitas tinggi. Pakan yang diberikan kepada ternak seperti sapi pada umumnya terdiri dari hijauan serta konsentrat. Hijauan merupakan pakan yang berasal dari tumbuhan yang diberikan pada ternak berupa bentuk segar, sedangkan untuk konsentrat atau pakan yang memiliki kandungan serat kasar rendah merupakan pakan penguat yang terbuat dari biji-bijian serta limbah hasil dari proses industri bahan pangan yang berfungsi untuk meningkatkan nilai nutrisi yang rendah agar memenuhi kebutuhan normal ternak supaya dapat tumbuh dan berkembang secara sehat (Sandi et al., 2018)



Gambar 2. 10 Pakan ternak
Sumber: (ummetro.ac.id)