

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Disc Mill

3.1.1. Konsep Umum *Disc Mill*

Disc mill merupakan salah satu jenis mesin penepung yang bekerja berdasarkan prinsip gaya gesek dan tumbukan antara dua buah piringan (*disc*) bergerigi. Menurut Kismanti & Nurdin (2023), mesin penepung dapat dibedakan menjadi empat tipe berdasarkan gaya yang bekerja terhadap bahannya, yaitu *roller mill* (sistem silinder), *hammer mill* (sistem palu), *cutter mill* (sistem pisau), dan *disc mill* (sistem gigi). Pada *disc mill*, mesin ini lebih sering diterapkan pada bahan baku dengan kandungan serat rendah seperti biji-bijian karena hasil penggilingannya cenderung seragam, kebutuhan tenaganya lebih rendah, dan mampu menghasilkan produk yang relatif homogen meskipun bahan baku memiliki perbedaan ukuran dan karakteristik.

Pada teknologi *disc mill* ini terdapat beberapa mekanisme gaya utama, yaitu:

1. Gaya gesek (*friction*). Gaya gesek terjadi akibat pergerakan relatif antara permukaan piringan bergerigi dengan permukaan partikel bahan. Gesekan ini menyebabkan abrasi pada permukaan bahan sehingga partikel terkikis secara bertahap menjadi lebih halus.
2. Gaya tumbukan (*impact*). Selain gesekan, partikel bahan juga mengalami tumbukan langsung dengan permukaan gerigi piringan yang berputar. Mekanisme tumbukan ini dominan pada kecepatan putar yang tinggi dan menjadi faktor utama yang menentukan tingkat kehalusan tepung yang dihasilkan.
3. Gaya tekan (*compression*). Bahan yang berada di celah sempit antara rotor dan stator mengalami gaya tekan dari kedua sisi piringan. Gaya tekan ini membantu memecah bahan yang bersifat keras dan brittle seperti biji jagung sehingga mempermudah proses penghalusan lebih lanjut.

Pada mesin ini, kapasitas penepungan *disc mill* dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Ka = \frac{Bi}{t} \quad \dots(1)$$

Keterangan:

Ka: kapasitas mesin (kg/jam)

Bi : berat bahan yang digiling (kg)

t : waktu penepungan (jam) (Kismanti & Nurdin, 2023)

Kualitas hasil penepungan dinilai dari rendemen penepungan, atau perbandingan antara massa tepung yang dihasilkan dengan massa bahan awal yang dinyatakan dalam persen (Sutejo et al., 2023). Kualitas hasil penepungan dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Wt}{Wpk} \times 100\% \quad \dots(2)$$

Keterangan:

η : rendemen mesin penepung (%),

Wt : berat tepung hasil penepungan (kg)

Wpk: berat bahan yang ditepungkan (kg)

3.1.2. Pisau Disc Mill

Pisau *disc mill* merupakan salah satu komponen utama yang berfungsi untuk menghancurkan, menggiling, memotong, dan memperkecil ukuran bahan melalui proses tumbukan, gesekan, dan pengirisan (Pramono, 2021). Pisau ini dipasang pada piringan (*disc*) yang berputar dengan kecepatan tinggi sehingga material yang masuk ke ruang penggilingan akan terkena gaya mekanis dari mata pisau tersebut (Efendi & Suhartono, 2018). Dalam penggunaannya, pisau *disc mill* banyak dimanfaatkan pada industri pertanian, peternakan, pangan, hingga pengolahan limbah karena mampu menghasilkan ukuran partikel yang lebih halus dan seragam (Pramono, 2021).

Secara konstruksi, pisau *disc mill* biasanya dibuat dari bahan baja karbon tinggi atau baja paduan yang memiliki tingkat kekerasan dan ketahanan aus tinggi. Pemilihan material ini bertujuan agar pisau mampu bekerja pada putaran tinggi dan tahan terhadap benturan bahan keras selama proses penggilingan berlangsung (Pramono, 2021). Bentuk pisau *disc mill* dapat berupa pisau lurus, bergerigi,

melengkung, ataupun berbentuk palu tergantung pada jenis bahan yang akan dihancurkan. Pada beberapa mesin *disc mill* modern, jumlah mata pisau dibuat bervariasi untuk meningkatkan kapasitas produksi dan mempercepat proses penghancuran bahan (Ross et al., 2026).

Pisau *disc mill* memiliki beberapa jenis yang dibedakan berdasarkan bentuk, fungsi, dan karakteristik penghancurannya. Perbedaan jenis pisau ini sangat memengaruhi kapasitas produksi, tingkat kehalusan hasil gilingan, serta jenis bahan yang dapat diolah (Aryaputra et al., 2026). Pemilihan jenis pisau harus disesuaikan dengan karakteristik bahan, seperti tingkat kekerasan, kadar air, dan ukuran bahan baku. Berikut beberapa jenis pisau *disc mill* yang umum digunakan menurut Lomovskiy et al (2020) adalah:

1. Pisau lurus (*straight blade*)

Pisau lurus merupakan jenis pisau yang memiliki bentuk datar dan memanjang. Pisau ini bekerja dengan cara memotong dan menghantam bahan secara langsung ketika *disc* berputar. Jenis pisau lurus biasanya digunakan untuk bahan yang tidak terlalu keras, seperti jagung kering, dedak, dan bahan pakan ternak.

2. Pisau bergerigi (*serrated blade*)

Pisau bergerigi memiliki permukaan mata pisau yang berbentuk gerigi atau gigi tajam. Gerigi tersebut berfungsi meningkatkan daya cengkeram terhadap bahan sehingga proses penghancuran menjadi lebih cepat dan efektif. Pisau jenis ini banyak digunakan pada mesin *disc mill* untuk menggiling bahan keras atau berserat, seperti bonggol jagung, kulit kopi, dan biji-bijian keras

3. Pisau palu (*hammer blade*)

Pisau palu atau *hammer blade* berbentuk seperti palu kecil yang dipasang pada rotor dan bergerak memukul bahan selama proses penggilingan. Jenis pisau ini bekerja menggunakan prinsip tumbukan (*impact*) sehingga tepat digunakan untuk menghancurkan bahan keras dan kasar. Pisau palu banyak digunakan pada mesin *hammer mill* maupun kombinasi *disc mill-hammer mill* untuk pengolahan limbah pertanian dan pakan ternak.

4. Pisau melengkung (*curved blade*)

Pisau melengkung memiliki bentuk sedikit melingkar atau melengkung mengikuti arah putaran *disc*. Bentuk ini bertujuan meningkatkan aliran bahan di dalam ruang penggilingan sehingga proses penghancuran menjadi lebih stabil dan merata. Pisau melengkung mampu mengurangi penumpukan bahan pada ruang *disc mill* serta membantu mempercepat sirkulasi bahan menuju saringan. Jenis ini banyak digunakan pada *disc mill* modern dengan kapasitas produksi tinggi.

5. Pisau tetap dan pisau bergerak

Pada mesin *disc mill* umumnya terdapat dua kelompok pisau, yaitu pisau tetap (*fixed blade*) dan pisau bergerak (*rotary blade*). Pisau bergerak dipasang pada piringan yang berputar bersama poros mesin, sedangkan pisau tetap berada pada *casing* atau bagian statis mesin.

6. Pisau baja karbon dan baja paduan

Selain dibedakan berdasarkan bentuk, pisau *disc mill* juga dibedakan berdasarkan material pembuatannya. Pisau baja karbon memiliki tingkat kekerasan cukup baik dan harga lebih ekonomis sehingga banyak digunakan pada mesin skala kecil. Sementara itu, pisau baja paduan (*alloy steel*) memiliki ketahanan aus dan kekuatan lebih tinggi sehingga cocok digunakan untuk penggilingan bahan keras dan kapasitas besar.

Pisau sebagaimana di atas dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut M. Caesar Miftakhul Falah & Ach. Muhib Zainuri (2026) faktor tersebut adalah:

1. Kecepatan putaran pisau. Faktor ini sangat memengaruhi kemampuan pisau dalam menghancurkan bahan. Semakin tinggi putaran pisau, maka proses penggilingan akan semakin cepat dan kapasitas produksi meningkat. Namun, putaran yang terlalu tinggi dapat menyebabkan suhu mesin meningkat, mempercepat keausan pisau, dan menghasilkan ukuran partikel yang tidak seragam.
2. Ketajaman pisau. Pisau yang tajam mampu memotong dan menghancurkan bahan dengan lebih efektif. Sebaliknya, pisau yang

tumpul menyebabkan proses penggilingan menjadi lambat, hasil gilingan kurang halus, serta meningkatkan beban kerja motor penggerak.

3. Jumlah mata pisau. Faktor ini menentukan intensitas tumbukan dan gesekan terhadap bahan. Semakin banyak jumlah pisau, maka bahan akan lebih cepat hancur dan ukuran partikel menjadi lebih halus.
4. Jenis dan material pisau. Material pisau memengaruhi kekuatan dan ketahanan terhadap keausan. Pisau berbahan baja karbon tinggi atau baja paduan memiliki daya tahan lebih baik dibandingkan baja biasa.
5. Jenis bahan yang digiling. Karakteristik bahan seperti tingkat kekerasan, kadar air, ukuran bahan, dan kandungan serat sangat memengaruhi proses penghancuran. Bahan yang keras dan berserat membutuhkan tenaga lebih besar serta jenis pisau tertentu agar hasil penggilingan optimal.

3.2 Mixer

3.2.1. Konsep Umum Mesin *Mixer*

Mesin *mixer* merupakan alat yang digunakan untuk mencampur dua atau lebih bahan sehingga menghasilkan campuran yang homogen. Mesin ini pada dasarnya digunakan untuk pencampuran dan menciptakan homogenitas. Dalam konteks produksi pakan unggas, proses pencampuran merupakan tahapan kritis yang menentukan keseragaman kandungan nutrisi pada setiap bagian pakan yang dihasilkan. Ketidakhomogenan campuran akan menyebabkan sebagian unggas mendapatkan asupan nutrisi berlebih sementara sebagian lainnya kekurangan, sehingga pertumbuhan ternak menjadi tidak seragam.

Secara mekanik, proses *mixing* pada mesin pengolah pakan bekerja melalui tiga mekanisme utama, yaitu:

1. Konveksi (*convective mixing*). Mekanisme ini ditandai dengan perpindahan partikel dari satu posisi ke posisi lain dalam massa campuran secara masif. Mekanisme ini dihasilkan oleh gerakan elemen pencampur seperti *screw*, *paddle*, atau *ribbon* yang mendorong dan memindahkan massa bahan secara makroskopis.

2. Difusi (*diffusive mixing*). Mekanisme ini ditandai dengan penyebaran partikel individu secara acak ke seluruh volume campuran akibat gerakan relatif antar partikel.
3. Geser (*shear mixing*). Mekanisme ini ditandai dengan bergerakinya lapisan massa bahan sehingga menciptakan gradien kecepatan yang memecah aglomerat partikel dan mendistribusikannya secara merata.

Pada mesin *mixer* ini juga, homogenitas merupakan salah satu unsur yang penting. Dalam hal ini, faktor-faktor yang memengaruhi kualitas pencampuran antara lain adalah kecepatan putar elemen pencampur, waktu pencampuran, rasio dan urutan penambahan komponen, karakteristik fisik bahan, serta geometri ruang pencampur. Lebih lanjut, *mixer* untuk pengolahan pakan ternak dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *mixer* horizontal dan *mixer* vertikal. Penjelasan mengenai hal tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Mixer* horizontal. *Mixer* ini menggunakan elemen pencampur yang berputar pada sumbu horizontal di dalam silinder atau trough berbentuk U. Elemen pencampur yang umum digunakan adalah *ribbon blender* (pita ganda berlawanan arah), *paddle mixer* (dayung), atau *screw conveyor*.
2. *Mixer* vertikal. *Mixer* ini menggunakan elemen pencampur yang berputar pada sumbu vertikal di dalam wadah berbentuk silinder atau kerucut. Prinsip kerjanya adalah mengangkat bahan dari bagian bawah dan melemparkannya ke bagian atas secara terus-menerus melalui putaran screw vertikal, sehingga terjadi sirkulasi massa yang menghasilkan pencampuran merata.

3.2.2. Pisau Mesin *Mixer*

Pisau mesin *mixer* merupakan komponen utama pada mesin pencampur yang berfungsi untuk mengaduk, mencampur, meratakan, dan menghomogenkan bahan (Salam, 2019). Pisau *mixer* bekerja dengan memanfaatkan putaran poros yang digerakkan motor sehingga bahan di dalam tabung *mixer* mengalami gerakan memutar, mengangkat, menekan, dan membolak-balik bahan secara terus-menerus hingga tercapai campuran *homogen* (Sumarno, 2025). Jenis pisau mesin *mixer*

sangat beragam tergantung bentuk dan fungsi pencampurannya. Adapun beberapa jenis pisau mesin *mixer* yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pisau *paddle (paddle blade)*

Pisau *paddle* berbentuk seperti dayung atau bilah datar yang dipasang pada poros horizontal. Jenis ini bekerja dengan cara mendorong dan membolak-balik bahan sehingga campuran menjadi merata. *Paddle blade* banyak digunakan pada *mixer* pakan ternak dan bahan granular karena mampu menghasilkan pencampuran cepat dengan tingkat homogenitas tinggi.

2. Pisau *ribbon (ribbon blade)*

Pisau *ribbon* berbentuk spiral atau pita melingkar yang tersusun pada poros *mixer*. *Ribbon blade* terdiri atas spiral bagian dalam dan luar yang bergerak berlawanan arah untuk menghasilkan pencampuran lebih merata. Jenis ini sangat umum digunakan pada *ribbon mixer* untuk bahan tepung, dedak, dan pakan ternak karena mampu mencampur bahan dalam kapasitas besar.

3. Pisau *screw*

Pisau *screw* berbentuk ulir menyerupai baling-baling sekrup. Pisau ini berfungsi mengangkat dan memindahkan bahan dari bawah ke atas selama proses *mixing* berlangsung.

4. Pisau *propeller*

Pisau *propeller* memiliki bentuk menyerupai baling-baling kipas. Jenis ini biasanya digunakan pada *mixer* cair atau semi cair karena mampu menghasilkan aliran turbulen yang kuat.

5. Pisau spiral

Pisau spiral berbentuk melingkar mengikuti poros *mixer*. Fungsi utama pisau ini adalah mengaduk dan memindahkan bahan secara kontinu sehingga campuran menjadi lebih homogen (Sitopu et al., 2023).

Penggunaan pisau pada mesin *mixer* dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya:

1. Kecepatan putaran pisau. Kecepatan putaran memengaruhi tingkat homogenitas campuran. Putaran yang terlalu rendah menyebabkan pencampuran tidak merata, sedangkan putaran terlalu tinggi dapat merusak struktur bahan tertentu.
2. Bentuk dan jenis pisau. Bentuk pisau menentukan pola aliran bahan selama proses *mixing*. Pemilihan jenis pisau harus disesuaikan dengan karakteristik bahan yang dicampur.
3. Jumlah pisau. Semakin banyak jumlah pisau, maka proses pencampuran akan semakin cepat dan merata. Namun, jumlah pisau yang terlalu banyak dapat meningkatkan beban motor.
4. Kapasitas bahan. Jumlah bahan yang dimasukkan harus sesuai kapasitas *mixer* agar proses pengadukan berjalan optimal dan tidak membebani mesin.
5. Material pisau. Pisau berbahan *stainless steel* lebih tahan korosi dan cocok digunakan pada industri pangan, sedangkan baja karbon banyak digunakan pada *mixer* pakan dan pertanian (Salam, 2019).

3.3 Perancangan Mesin

3.3.1. Gambar Teknik

Gambar teknik merupakan suatu bentuk komunikasi visual yang digunakan untuk menyampaikan ide, rancangan, bentuk, ukuran, dan informasi teknis suatu benda atau produk secara jelas dan sistematis (Supriyono et al., 2023). Gambar teknik dibuat menggunakan aturan, simbol, ukuran, dan standar tertentu sehingga dapat dipahami oleh semua orang yang berkaitan dengan bidang teknik, baik perancang, operator, teknisi, maupun pelaksana di lapangan (Raden Faridz & Arief Firmansyah, 2021). Kondisi tersebut dapat terjadi karena gambar teknik juga memuat informasi detail mengenai ukuran, jenis bahan, bentuk potongan, simbol pengerjaan, hingga metode perakitan suatu komponen.

Lebih spesifik, gambar teknik memiliki beberapa fungsi lain menurut Abryandoko (2020), yakni:

1. Sebagai sarana penyampaian informasi. Gambar teknik berfungsi sebagai alat komunikasi untuk menyampaikan gagasan, rancangan, dan informasi teknis dari perancang kepada pelaksana atau teknisi.
2. Sebagai dokumentasi teknik. Gambar teknik berfungsi sebagai dokumen penting yang menyimpan data teknis suatu produk atau konstruksi. Dokumen tersebut dapat digunakan kembali untuk kebutuhan perbaikan, pengembangan, maupun reproduksi produk di masa mendatang.
3. Sebagai pedoman produksi. Dalam proses manufaktur, gambar teknik digunakan sebagai pedoman kerja dalam pembuatan komponen, perakitan, dan pemeriksaan hasil produksi.
4. Sebagai media pengembangan ide. Gambar teknik juga berfungsi sebagai sarana menuangkan dan mengembangkan ide perancangan. Dengan gambar teknik, seorang perancang dapat memvisualisasikan bentuk produk sebelum diproduksi secara nyata.

Gambar teknik, menurut Abryandoko (2020) memiliki beberapa sifat utama.

Sifat tersebut diantaranya adalah:

1. Jelas dan mudah dipahami. Gambar teknik harus mudah dipahami sehingga informasi dapat diterima tanpa menimbulkan kesalahan.
2. Menggunakan standar tertentu. Gambar teknik menggunakan standar tertentu seperti ISO, DIN, NIDN, SNI, hingga ANSI.
3. Bersifat universal. Gambarr teknik harus bersifat universal sehingga dapat dipahami oleh orang teknik dari berbagai negara.
4. Memiliki ketelitian tinggi. Gambar teknik harus memiliki ketelitian yang tinggi terutama dalam ukuran dan bentuk benda.
5. Sistematis dan teratur. Gambar teknik harus baik dalam tata letak maupun simbol yang digunakan.

Pada gambar teknik, terdapat beberapa alat yang umum digunakan. Alat tersebut menurut Supriyono et al (2023) adalah:

1. Meja gambar
Meja gambar digunakan sebagai tempat menggambar agar proses pembuatan gambar lebih stabil dan rapi.

2. Pensil gambar

Pensil digunakan untuk membuat garis gambar. Pensil teknik memiliki tingkat kekerasan berbeda seperti HB, H, 2H, dan B.

3. Penggaris T

Penggaris T digunakan untuk membuat garis horizontal dan membantu penggunaan segitiga gambar.

4. Penggaris segitiga

Penggaris segitiga digunakan untuk membuat garis vertikal dan sudut tertentu seperti 30° , 45° , 60° , dan 90° .

5. Jangka

Jangka digunakan untuk membuat lingkaran atau busur dengan ukuran tertentu.

6. Busur derajat

Busur derajat digunakan untuk mengukur dan membuat sudut gambar.

7. Mal

Mal digunakan untuk membuat bentuk tertentu seperti lingkaran, elips, huruf, dan simbol teknik secara cepat dan rapi.

8. Penghapus

Penghapus digunakan untuk menghapus garis yang salah atau tidak diperlukan.

9. Kertas gambar

Kertas gambar digunakan sebagai media menggambar dengan ukuran standar seperti A0, A1, A2, A3, dan A4.

10. Pena teknik

Alat ini digunakan untuk membuat garis tinta dengan ketebalan tertentu agar gambar terlihat lebih jelas dan profesional.

3.3.2. Konsep Perancangan

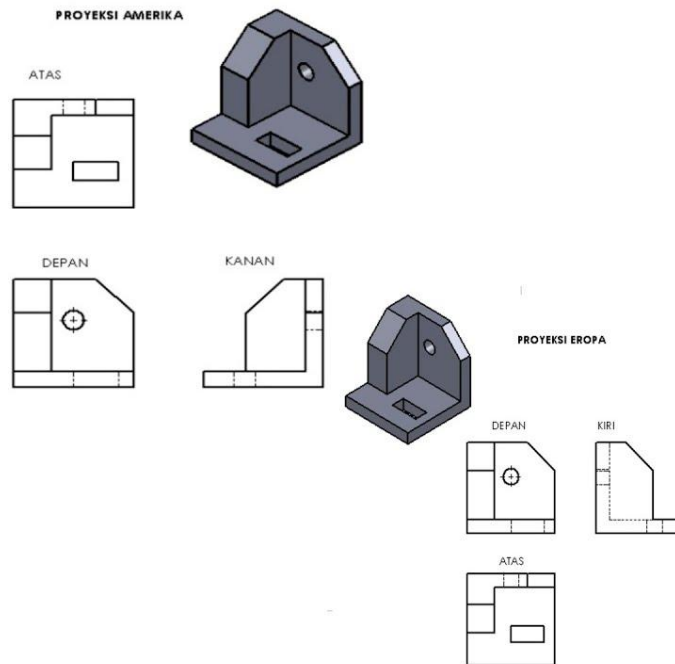
Perancangan mesin merupakan proses sistematis untuk mendefinisikan struktur, elemen, dan komponen suatu mesin guna memenuhi fungsi dan persyaratan yang telah ditetapkan. Metode perancangan yang umum digunakan dalam teknik mesin adalah metode VDI 2222 (*Verein Deutsche Ingenieure*) yang

terdiri dari empat tahapan utama, yaitu tahap perencanaan (*planning*), tahap perancangan konsep (*conceptual design*), tahap perancangan wujud (*embodiment design*), dan tahap perancangan detail (*detail design*) (Amaluddin et al., 2023).

3.3.3. Proyeksi Amerika dan Eropa

Proyeksi dalam gambar teknik merupakan suatu metode atau cara menggambarkan benda tiga dimensi ke dalam bidang dua dimensi sehingga bentuk, ukuran, dan detail benda dapat terlihat dengan jelas (Supriyono et al., 2023). Proyeksi digunakan untuk menampilkan pandangan suatu objek dari arah tertentu agar mudah dipahami dalam proses perencanaan maupun pembuatan benda kerja (Abryandoko, 2020). Proyeksi dalam gambar teknik dibuat berdasarkan aturan dan standar tertentu agar dapat dipahami secara universal oleh teknisi, operator, maupun perancang. Melalui sistem proyeksi, bentuk benda tiga dimensi dapat diterjemahkan menjadi gambar dua dimensi tanpa mengubah ukuran dan proporsi aslinya (Raden Faridz & Arief Firmansyah, 2021).

Pada gambar teknik mesin, proyeksi yang digunakan umumnya proyeksi Amerika dan Eropa. Proyeksi Amerika adalah sistem proyeksi di mana benda dianggap berada di antara pengamat dan bidang proyeksi. Sistem ini disebut juga *Third Angle Projection* karena objek berada pada kuadran ketiga (Raden Faridz & Arief Firmansyah, 2021). Sementara itu, proyeksi Eropa adalah sistem proyeksi di mana bidang proyeksi dianggap berada di antara pengamat dan benda. Sistem ini disebut juga *First Angle Projection* karena objek berada pada kuadran pertama. Pada sistem ini, hasil proyeksi diletakkan berlawanan dengan arah pandangan pengamat (Supriyono et al., 2023). Proyeksi Amerika dan Eropa dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 Proyeksi Amerika dan Eropa

3.3.4. Perancangan Fungsional

Perancangan fungsional bertujuan untuk mendefinisikan fungsi-fungsi yang harus dijalankan oleh setiap komponen mesin secara sistematis. Pada mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* ini, fungsi utama yang harus dipenuhi adalah:

1. Fungsi penggilingan: menggiling bahan baku biji-bijian hingga menjadi tepung dengan ukuran partikel tertentu menggunakan sistem *disc mill*.
2. Fungsi pencampuran: mencampur berbagai komponen bahan baku pakan hingga homogen menggunakan sistem *mixer*.
3. Fungsi transmisi daya: meneruskan daya dari motor penggerak ke sistem *disc mill* dan *mixer* secara simultan atau bergantian menggunakan sistem transmisi yang efisien.
4. Fungsi penampungan: menampung bahan baku sebelum proses (*hopper*) dan menampung produk setelah proses (corong pengeluaran).
5. Fungsi penyangga: menopang seluruh komponen mesin pada rangka yang kokoh dan portabel (Sularso & Suga, 2004).

3.3.5. Perancangan Kinematika dan Dinamika

Kinematika mesin berkaitan dengan analisis gerak komponen tanpa mempertimbangkan gaya yang menyebabkan gerak tersebut, sedangkan dinamika mempertimbangkan hubungan antara gaya dan gerak. Dalam perancangan mesin, analisis kinematika difokuskan pada perhitungan kecepatan putar komponen-komponen utama, sementara analisis dinamika mencakup perhitungan torsi, daya, dan gaya yang bekerja pada sistem. Pada perancangan kinematika dan dinamika, kecepatan putar komponen yang terhubung melalui sistem transmisi *pulley-belt* dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2} \quad \dots(3)$$

Keterangan:

n_1 : kecepatan putar penggerak (RPM)

n_2 : kecepatan putar yang digerakkan (RPM)

d_1 : diameter pulley penggerak (mm)

d_2 : diameter pulley yang digerakkan (mm) (Nur et al., 2024)

Selinn itu, kinematika mesin dihitung pula pada aspek kecepatan inier sabuk (*belt*) dengan persamaan:

$$v = \frac{\pi \times d_1 \times n_1}{60} ; v \text{ adalah kecepatan linear (m/s)} \quad \dots(4)$$

Perhitungan lainnya adalah momen torsi rencana pada poros, dimana hal ini dihitung menggunakan persamaan:

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

Keterangan:

T : momen torsi (N.mm)

Pd : daya rencana (kW)

n : kecepatan putar poros (RPM) (Nur et al., 2024)

Perhitungan terakhir adalah daya rencana yang diperoleh dari daya motor yang dikoreksi dengan faktor koreksi sesuai jenis beban melalui persamaan berikut:

$$Pd = fc \times P \quad \dots(6)$$

Keterangan:

Fc : faktor koreksi (Nilai rata-rata 1,2)

P : daya motor (kW) (Nur et al., 2024)

3.3.6. Perancangan Poros

Poros merupakan komponen mesin yang berfungsi meneruskan putaran dan daya dari satu komponen ke komponen lainnya. Dalam mesin *disc mill* dan *mixer*, poros menjadi elemen kritis yang harus dirancang dengan mempertimbangkan beban torsi (puntir) dan beban lentur yang bekerja secara simultan. Material poros yang umum digunakan adalah baja karbon sedang (S45C atau setara) yang memiliki kekuatan tarik dan ketahanan lelah yang memadai. Diameter poros minimum dihitung berdasarkan persamaan:

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}} \quad \dots(7)$$

Keterangan:

d_s : diameter poros (mm)

τ_a : tegangan geser yang diizinkan (N/mm²)

K_t : faktor koreksi tumbukan (1,0–1,5 untuk beban kejut ringan)

C_b : faktor lentur (1,2–2,3)

T : momen torsi (N.mm) (Sularso & Suga, 2004)

Tegangan geser pada poros dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{S_f} \quad \dots(8)$$

Keterangan:

σ_B : kekuatan tarik bahan (N/mm²)

S_f : faktor keamanan (umumnya 5,6 untuk poros dengan beban *bending*) (Sularso & Suga, 2004)

3.3.7. Sistem Transmisi

Sistem transmisi berfungsi memindahkan dan mengubah tenaga dari motor penggerak ke elemen kerja mesin. Pada sistem transmisi, terdapat beberapa komponen utama, yaitu:

1. *Pulley*. Berfungsi sebagai tempatudukan sabuk dan pengatur rasio kecepatan putar. Bahan *pulley* umumnya adalah besi cor atau aluminium.
2. Sabuk-V. Pemilihan tipe sabuk didasarkan pada daya yang ditransmisikan dan kecepatan putar (Nur et al., 2024). Panjang sabuk dihitung menggunakan persamaan dari Nur et al (2024):

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad \dots(9)$$

Keterangan:

L : panjang sabuk (mm)

C : jarak antar sumbu poros (mm)

dp : diameter pulley kecil (mm)

Dp : diameter pulley besar (mm)

Sementara itu, sudut kontak sabuk pada pulley kecil dihitung dengan:

$$\theta = 180^\circ - \frac{60^\circ(D_p - d_p)}{C} \quad \dots(10)$$

3.3.8. Desain *Disc Mill*

Desain *disc mill* mencakup perancangan piringan penggiling (rotor dan stator), ruang penggiling, *hopper*, dan saluran pengeluaran. Piringan penggiling terbuat dari material keras dan tahan abrasi seperti besi cor atau baja perkakas untuk memastikan umur pakai yang panjang meski mengalami gesekan terus-menerus dengan bahan baku. Parameter desain utama *disc mill* meliputi diameter piringan, jarak celah antara rotor dan stator, kecepatan putar rotor, serta ukuran lubang saringan (*screen*). Sementara itu, *hopper* dirancang dengan sudut kemiringan dinding minimal 60° terhadap horizontal untuk memastikan aliran bahan yang lancar tanpa tersumbat (*bridging*) (Sularso & Suga, 2004).

3.3.9. Desain *Mixer*

Desain *mixer* pada penelitian ini mengacu pada konfigurasi horizontal dengan elemen pencampur tipe *paddle* atau *screw* yang berputar dalam wadah silindris. Dimensi utama yang dirancang meliputi panjang dan diameter silinder *mixer*, ukuran dan jumlah elemen pencampur, serta kecepatan putar optimal. Volume efektif ruang *mixer* dihitung berdasarkan kapasitas *batch* yang diinginkan dan *bulk density* bahan baku pakan (Sularso & Suga, 2004).

3.3.10. Desain Rangka

Rangka merupakan komponen struktural yang menopang seluruh beban mesin dan harus dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan statik, kekuatan fatik akibat getaran operasional, serta kemudahan manufaktur dan perakitan. Material rangka yang umum digunakan adalah baja profil siku (*angle iron*) atau baja hollow (*hollow section*) karena rasio kekuatan-berat yang baik dan kemudahan proses pengelasan (Nur et al., 2024).

Untuk mesin portabel, desain rangka harus mempertimbangkan penambahan roda (*caster*) atau sistem pegangan yang memudahkan mobilisasi mesin. Bobot total mesin portabel idealnya tidak melebihi 80 kg agar dapat dipindahkan oleh satu hingga dua orang tanpa alat bantu khusus. Pada konteks ini, analisis kekuatan rangka dapat dilakukan menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Analysis/FEA*) atau secara analitis menggunakan teori balok dengan beban terdistribusi (Muhammad & Dwi, 2024).

3.3.11. Pemilihan Material

Pemilihan material komponen mesin didasarkan pada pertimbangan kekuatan mekanik, ketahanan terhadap korosi dan abrasi, kemudahan manufaktur, ketersediaan di pasar lokal, serta biaya. Kekuatan mekanik diperlukan agar setiap komponen mampu menahan beban kerja, getaran, maupun gaya putar yang terjadi selama mesin beroperasi. Ketahanan terhadap korosi dan abrasi juga menjadi faktor penting karena beberapa bagian mesin akan mengalami gesekan terus-menerus serta kontak langsung dengan bahan kerja yang dapat menyebabkan keausan dan kerusakan permukaan (Nur et al., 2024).

Selain itu, material yang dipilih harus mudah diproses melalui kegiatan manufaktur seperti pemotongan, pembubutan, pengelasan, dan pengeboran sehingga proses pembuatan komponen dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien. Dari sisi ekonomi, pemilihan material pun perlu dilakukan dengan menyesuaikan kebutuhan teknis dan kemampuan biaya agar diperoleh keseimbangan antara kualitas, daya tahan, dan biaya pembuatan mesin (Amaluddin et al., 2023).

3.3.12. Ergonomi

Ergonomi dalam perancangan mesin berkaitan dengan kesesuaian antara karakteristik mesin dengan kemampuan dan keterbatasan fisik operator manusia. Prinsip ergonomi yang diterapkan dalam perancangan mesin meliputi tinggi operasional mesin, posisi dan kemudahan akses *hopper*, berat, serta keamanan. Pada mesin *disc mill*, tinggi *hopper* yang optimal berkisar antara 90–110 cm. Selain itu, sistem transmisi harus dilengkapi dengan penutup pelindung (*guard*) untuk mencegah kecelakaan kerja (Muhammad & Dwi, 2024). Panel kontrol dan saklar

juga harus ditempatkan pada posisi yang mudah dijangkau agar operator berada pada posisi berdiri normal. Sementara itu, aspek portabilitas mesin dirancang dengan menempatkan roda pada keempat sudut rangka bagian bawah.

3.4 Analisis Desain/Gambar Mesin Disc Mill dan Mixer

Analisis desain atau analisis gambar merupakan tahapan penting dalam proses perancangan mesin sebelum dilakukan proses manufaktur (Supriyono et al., 2023). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui bentuk konstruksi, ukuran, sistem kerja, fungsi komponen, serta hubungan antarbagian pada mesin yang akan dibuat. Oleh karena itu, analisa desain terhadap rancangan akan meliputi:

a. Volume wadah

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4} \quad \dots(11)$$

Keterangan:

D: diameter wadah (m)

V: volume wadah (m³)

H: tinggi ember

(Kreyszig, 2011)

b. Volume kerja efektif

$$V_e = 0,70 \times V \quad \dots(12)$$

Keterangan:

V_e : volume efektif

V : volume wadah

0,70 : nilai efektif kerja yang diharapkan (Fudin et al., 2021)

c. Rasio pengisian wadah

$$FR = V_e / V \times 100\% \quad \dots(13)$$

Keterangan:

FR : *filling ratio* (%)

V_e : volume efektif (m³)

V : volume total ember (m³)

(Fudin et al., 2021)

d. Kapasitas bahan efektif

$$m = \rho V \quad \dots(14)$$

Keterangan:

m : massa bahan (kg)

p : massa jenis curah pakan (kg/m³)

V : volume efektif

(Kreyszig, 2011)

e. Kebutuhan isi ember

$$m = Q \times t / 3600 \quad \dots(15)$$

Keterangan:

m : massa bahan yang diproses setiap siklus (kg)

Q : kapasitas produksi yang direncanakan (kg/jam)

t : waktu proses per siklus (detik) (Ikhwana et al., 2024)

f. Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad \dots(16)$$

Keterangan

 ω = kecepatan sudut (rad/s)

n = putaran motor (rpm) (Budynas & Nisbett, 2020)

g. Torsi motor

$$T = \frac{60P}{2\pi n} \quad \dots(17)$$

Keterangan:

T : torsi (Nm)

P : daya (kW)

n : putaran (rpm) (Budynas & Nisbett, 2020)

h. Daya listrik motor penggerak

$$P = V \times I \quad \dots(18)$$

Keterangan:

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (A) (Turner & Doty, 2016)

i. Diameter lintasan pisau

$$D_p = D_e - 2c \quad \dots(19)$$

Keterangan:

D_p : diameter lintasan pisau (cm)D_e : diameter wadah (cm)

c : jarak bebas antara ujung pisau dan dinding ember (cm)

(Kreyszig, 2011)

j. Panjang pisau

$$L_p = D_p / 2 \quad \dots(20)$$

Keterangan:

L_p : panjang pisau (cm)

D_p : diameter lintasan pisau (cm) (Kreyszig, 2011)

k. Lebar pisau

$$b = kDe \quad \dots(21)$$

Keterangan:

b : lebar pisau (cm)

De : diameter wadah (cm)

k : konstanta desain (0,10–0,15) (Fudin et al., 2021)

l. Tinggi posisi pisau

$$h = kH \quad \dots(22)$$

Keterangan:

h : tinggi posisi pisau dari dasar ember (cm)

H : tinggi ember (cm)

k : konstanta desain (0,10–0,15) (Kreyszig, 2011)

m. Kecepatan keliling *disc mill*

$$V = \frac{\pi DN}{60} \quad \dots(23)$$

Keterangan:

V : kecepatan linier (m/s)

D : diameter lintasan disc (m)

N : Putaran mesin (Kreyszig, 2011)

Kemudian, untuk menentukan hasil secara aktual, dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

a. Kapasitas produksi

Analisa ini digunakan untuk mengetahui kemampuan mesin dalam menghasilkan produk dalam satuan waktu (kg/jam). Perhitungan kapasitas produksi dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = m/t \quad \dots(1)$$

Keterangan:

Q : Kapasitas produksi (kg/jam)

m : Massa bahan (kg)

t : Waktu proses (jam) (Siskandar et al., 2024)

Pada kapasitas mesin, target ketercapaian terdiri dari 3 hal yakni ≥ 20 kg/jam dinyatakan tercapai; 10-20 kg cukup; serta < 10 kg belum tercapai (Anjiu et al, 2025).

b. Konsumsi energi

Analisa ini digunakan untuk melihat konsumsi energi yang digunakan saat mesin digunakan. Pada konsumsi energi, target ketercapaian terdiri atas 3 hal yakni < 750 Wh/kg dinyatakan efisien; $750-1000$ Wh/kg cukup; dan > 1000 Wh/kg boros. Perhitungan konsumsi energi adalah sebagai berikut:

$$E = P \times t \quad \dots(2)$$

Keterangan:

E = Energi (Wh)

P = daya motor (W)

t = waktu operasi (jam) (Siskandar et al., 2024)

c. Efisiensi kerja

Efisiensi mesin digunakan untuk mengetahui perbandingan antara energi *output* dan *input*. Efisiensi kerja tercapai/efisien apabila nilai persentasenya $> 80\%$; $60\%-79\%$ cukup efisien; serta $< 60\%$ tidak efisien. Persamaan rumus efisiensi kerja adalah sebagai berikut:

$$n = P_{out}/P_{in} \times 100\% \quad \dots(3)$$

Keterangan:

n : Efisiensi (%)

P_{out} : daya keluaran

P_{in} : daya masukan (Siskandar et al., 2024)

d. Kehalusan gilingan

Dalam penelitian ini, standar penilaian kehalusan ditentukan berdasarkan persentase hasil gilingan yang mampu lolos pada ayakan 60 mesh. Hasil gilingan dikategorikan baik apabila $\geq 70\%$ material dapat lolos ayakan 60 mesh. Kategori cukup diberikan apabila persentase material yang lolos berada pada rentang $50-69\%$, sedangkan apabila kurang dari 50% material lolos ayakan 60 mesh maka hasil gilingan dinilai kurang halus (Kristian et al., 2025).

e. Homogenitas pakan

Pengujian homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh bahan pakan telah tercampur secara merata atau masih terdapat perbedaan

komposisi pada beberapa bagian campuran. Dalam penelitian ini, campuran pakan dikategorikan baik apabila memiliki tingkat homogenitas $\geq 90\%$. Kategori cukup diberikan apabila tingkat homogenitas berada pada rentang 80–89%, sedangkan nilai di bawah 80% menunjukkan bahwa campuran pakan masih belum merata (Kristian et al., 2025).

f. Nilai ekonomis

Biaya produksi dihitung berdasarkan seluruh pengeluaran yang digunakan selama proses manufaktur, mulai dari pembelian material, proses pemotongan, pembentukan, pengelasan, perakitan, hingga tahap *finishing* dan pengujian mesin. Satuan yang digunakan dalam penilaian ini adalah rupiah. Dalam penelitian ini, biaya produksi mesin dikategorikan ekonomis apabila total biaya pembuatan $\leq$ Rp3.000.000. Kategori cukup diberikan apabila biaya produksi berada pada rentang Rp3.000.000–Rp5.000.000, sedangkan biaya di atas Rp5.000.000 dikategorikan kurang ekonomis (Mubarok et al., 2025).

g. Fungsionalitas mesin

Indikator fungsional mesin adalah portabilitas. Indikator ini merupakan kemampuan mesin untuk dipindahkan dan digunakan di berbagai lokasi dengan mudah. Dalam penelitian ini, mesin dikategorikan *portable* apabila memiliki berat ≤ 50 kg dan dilengkapi roda sehingga mudah dipindahkan. Kategori cukup diberikan apabila berat mesin berada pada rentang 50–80 kg, sedangkan mesin dengan berat lebih dari 80 kg dikategorikan tidak *portable* (Amaluddin et al., 2023)