

BAB III

LANDASAN TEORI

1.1. Mesin *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 potong. Gaya utama yang terjadi ketika bilah pisau yang berputar mengenai dan memotong bahan. Ujung tajam pisau memberikan gaya pada bahan hingga terjadi konsentrasi tegangan yang menyebabkan bahan terbelah atau terpotong menjadi bagian yang lebih kecil. Mekanisme ini dominan pada bahan seperti jagung, singkong, dan bahan pakan lainnya yang masuk ke ruang penggilingan.
2. Gaya geser. Gaya ini terjadi ketika bahan berada di antara bilah pisau yang berputar dan bagian permukaan atau pisau pasangan di dalam ruang penggilingan. Perbedaan arah dan kecepatan gerak antara pisau dan bahan menghasilkan tegangan geser yang menyebabkan bahan mengalami deformasi dan kemudian terpecah menjadi partikel yang lebih kecil. Gaya geser berperan dalam menghasilkan ukuran partikel yang lebih halus.
3. Gaya tumbukan. Selain gaya potong dan geser, bahan juga mengalami gaya tumbukan akibat kontak berulang dengan bilah pisau yang berputar pada kecepatan tinggi. Tumbukan tersebut membantu memecah bahan

yang telah terpotong menjadi ukuran yang lebih kecil. Dengan demikian, gaya tumbukan berperan sebagai mekanisme pendukung dalam proses pengecilan ukuran partikel.

1.2. Mesin *Mixer*

Mesin *mixer* merupakan alat yang digunakan untuk mencampur dua atau lebih bahan sehingga menghasilkan campuran yang homogen. Dalam bidang industri, khususnya industri pakan ternak, mesin *mixer* memiliki peran penting dalam memastikan bahwa setiap bahan pakan tercampur secara merata sehingga kandungan nutrisi dalam ransum dapat terdistribusi dengan baik. Proses pencampuran ini sangat krusial karena ketidakhomogenan campuran dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi yang berdampak pada pertumbuhan dan kesehatan ternak. Selain itu, penggunaan mesin ini juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga dibandingkan dengan pencampuran manual, serta menghasilkan pakan yang konsisten (Efendi & Suhartono, 2019).

Prinsip kerja mesin *mixer* didasarkan pada mekanisme pergerakan bahan yang dihasilkan oleh putaran pengaduk di dalam ruang pencampuran. Ketika mesin dioperasikan, motor penggerak akan memutar poros dan bilah pengaduk sehingga bahan yang berada di dalam wadah akan mengalami pergerakan secara terus-menerus. Proses ini melibatkan beberapa mekanisme, seperti konveksi, difusi, dan geseran (*shear*) yang membantu memecah gumpalan bahan. Kombinasi dari ketiga mekanisme tersebut menghasilkan campuran yang semakin homogen seiring dengan waktu pencampuran. Oleh karenanya, kecepatan putaran, waktu pencampuran, kapasitas bahan, serta desain pengaduk sangat memengaruhi tingkat homogenitas hasil campuran (Kurniawan, 2022).

Komponen utama pada mesin *mixer* terdiri atas tabung pencampur, poros (*shaft*), serta elemen pengaduk berupa *blade* atau *screw*. Tabung berperan sebagai ruang pencampuran yang menampung seluruh bahan pakan selama proses berlangsung. Poros berfungsi sebagai sumbu utama yang meneruskan putaran dari motor penggerak ke elemen pengaduk, sehingga harus memiliki kekuatan mekanik yang baik serta tingkat kelurusan yang tinggi untuk menjaga kestabilan putaran. Sementara itu, *blade* atau *screw* merupakan komponen yang secara langsung

berinteraksi dengan bahan, berfungsi mengaduk, mengangkat, dan mendistribusikan material agar tercampur secara merata (Kurniawan, 2022).

Dalam operasionalnya, kebutuhan keseimbangan (*balance*) menjadi aspek yang sangat penting dalam mesin *mixer*. Ketidakseimbangan pada poros atau distribusi massa bahan di dalam tabung dapat menyebabkan getaran berlebih yang tidak hanya menurunkan kualitas pencampuran, tetapi juga mempercepat keausan komponen dan berpotensi merusak mesin. Oleh karena itu, proses perancangan dan manufaktur harus memperhatikan keseimbangan dinamis dari sistem pengaduk serta distribusi beban selama operasi. Selain itu, pemasangan komponen yang presisi dan simetris juga diperlukan untuk meminimalisir terjadinya eksentrisitas pada putaran poros (Vitimnev, dkk., 2021).

Di sisi lain, tingkat homogenitas hasil pencampuran menjadi indikator utama keberhasilan kinerja mesin *mixer* dalam industri pakan ternak. Homogenitas dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti desain *blade*, kecepatan putaran, waktu pencampuran, serta karakteristik bahan yang dicampur. Desain pengaduk yang tepat akan menghasilkan pola aliran material yang efektif, seperti gerakan memutar, mengangkat, dan menjatuhkan bahan secara berulang, sehingga seluruh partikel memiliki peluang yang sama untuk tercampur. Apabila homogenitas tidak tercapai, maka akan terjadi ketimpangan distribusi nutrisi dalam pakan yang dapat berdampak negatif terhadap performa ternak (Aryaputra, dkk., 2026).

1.3. Mesin *Disc Mill* dan *Mixer Portable*

Mesin *disc mill* dan *mixer portable* merupakan mesin terpadu yang dirancang untuk membantu proses pengolahan pakan unggas secara mandiri, mulai dari proses penghancuran bahan baku hingga pencampuran pakan menjadi homogen dalam satu rangkaian alat. Mesin ini dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi kerja peternak karena proses penggilingan dan pencampuran dapat dilakukan secara lebih cepat, praktis, dan hemat tenaga dibandingkan metode manual. Selain itu, pada umumnya, bahan baku seperti jagung, dedak, konsentrat, atau bahan pakan lainnya terlebih dahulu dihancurkan menggunakan sistem *disc mill*, kemudian hasil gilingan dialirkan menuju tabung *mixer* untuk dicampur hingga merata sebelum digunakan sebagai pakan ternak (Efendi & Suhartono, 2019).

Pada rancangan mesin *portable*, posisi *disc mill* dan *mixer* umumnya dibuat menyatu dalam satu rangka mesin. *Disc mill* ditempatkan pada bagian depan atau samping mesin sebagai unit penghancur utama, sedangkan *mixer* ditempatkan pada bagian atas atau belakang mesin sebagai unit pencampur bahan pakan. Penempatan tersebut bertujuan agar aliran bahan menjadi lebih efektif dan mempermudah dalam proses pengisian maupun pengeluaran hasil pakan (Iswar et al., 2020). Kemudian, pada mesin jenis ini, sistem transmisi umumnya menggunakan transmisi *pulley* dan *v-belt* yang dihubungkan dengan motor penggerak. Sistem ini dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dalam perawatan, biaya pembuatan relatif murah, serta mampu mentransmisikan daya dengan baik (Desta & Oumer, 2022).

Pada mesin *disc mill* dan *mixer portable*, terdapat pula spesifikasi khusus lainnya, diantaranya:

1. Dimensi mesin *disc mill* dan *mixer portable* pada umumnya disesuaikan dengan kapasitas produksi yang diinginkan. Namun, untuk kapasitas skala kecil hingga menengah, dimensi mesin biasanya 30 x 30 x 40 cm (Abdullah & Mahmudi, 2025).
2. Kapasitas *mixer* pada mesin pakan unggas *portable* biasanya berkisar antara 10–20 kg dalam satu kali proses pencampuran. Kapasitas tersebut disesuaikan dengan kebutuhan peternak skala rumahan maupun usaha kecil (Amaluddin et al., 2023).
3. Rangka mesin umumnya menggunakan baja profil siku atau *hollow steel* karena memiliki kekuatan tinggi untuk menopang seluruh komponen (Desta & Oumer, 2022).
4. *Hopper* atau corong pemasukan biasanya menggunakan plat *stainless steel* atau plat besi agar tahan terhadap korosi dan mudah dibersihkan (Oktarina et al., 2025).
5. Poros menggunakan baja karbon karena membutuhkan kekuatan puntir yang baik (Siskandar et al., 2024).
6. *Pulley* terbuat dari besi cor atau aluminium, sedangkan *v-belt* menggunakan material karet sintetis yang fleksibel namun kuat terhadap gesekan (Abdullah & Mahmudi, 2025).

7. Tabung *mixer* umumnya menggunakan plastik, plat besi atau *stainless steel* agar tahan lama dan aman digunakan untuk bahan pakan (Adri et al., 2021).
8. Pisau *disc mill* menggunakan baja tahan aus agar tidak cepat tumpul selama proses penggilingan (Amaluddin et al., 2023).

Kemudian, pada mesin ini, sistem kerja dimulai ketika motor penggerak dinyalakan. Putaran motor diteruskan melalui *pulley* dan *v-belt* menuju poros *disc mill* dan *mixer*. Kemudian, bahan baku pakan dimasukkan melalui *hopper* menuju ruang *disc mill*. Di dalam ruang *disc mill*, bahan dihancurkan oleh putaran *disc* dan pisau hingga menjadi partikel kecil sesuai ukuran saringan yang digunakan. Setelah proses penggilingan selesai, bahan hasil gilingan dialirkan menuju pisau *mixer*. Pada bagian *mixer*, poros pengaduk akan memutar sudu pencampur sehingga seluruh bahan tercampur secara merata untuk selanjutnya dikeluarkan melalui saluran *output* (Efendi & Suhartono, 2019).

1.4. Proses Manufaktur

Proses manufaktur merupakan serangkaian aktivitas atau tahapan yang dilakukan untuk mengubah bahan baku menjadi produk jadi yang memiliki nilai guna. Dalam konteks teknik mesin, manufaktur tidak hanya mencakup proses produksi semata, tetapi juga melibatkan perancangan produk, pemilihan material, perencanaan proses, hingga tahap produksi dan inspeksi. Proses manufaktur memiliki peran penting dalam menentukan kualitas, biaya, dan efisiensi suatu produk. Sebab, setiap tahapan dalam proses manufaktur harus dirancang dengan baik agar mampu menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang diinginkan. Selain itu, pemilihan metode manufaktur juga sangat dipengaruhi oleh jenis material, bentuk produk, serta jumlah produksi (Sutanto, 2024).

Oleh karena itu, pemahaman mengenai klasifikasi proses manufaktur menjadi hal yang penting dalam perancangan dan pembuatan suatu mesin atau produk teknik. Mengenai klasifikasi proses manufaktur, Sutanto (2024) menjelaskannya sebagai berikut.

1. Proses pembentukan (*forming process*)

Proses pembentukan merupakan proses manufaktur yang dilakukan dengan cara mengubah bentuk material tanpa menghilangkan massa material secara signifikan. Dalam proses ini, material mengalami deformasi plastis akibat adanya gaya luar sehingga menghasilkan bentuk baru sesuai yang diinginkan. Proses pembentukan tersebut umumnya digunakan pada material logam karena memiliki sifat plastisitas yang baik. Keunggulan dari proses ini adalah efisiensi material yang tinggi karena tidak banyak menghasilkan limbah, serta mampu meningkatkan sifat mekanik material akibat adanya deformasi plastis. Oleh karena itu, proses pembentukan banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk menghasilkan komponen dengan kekuatan tinggi dan bentuk yang kompleks.

2. Proses pemesinan (*machining process*)

Proses pemesinan merupakan proses manufaktur yang dilakukan dengan cara menghilangkan sebagian material dari benda kerja menggunakan alat potong untuk mendapatkan bentuk, ukuran, dan kekasaran permukaan yang diinginkan. Proses ini termasuk dalam kategori proses *subtractive*, karena material dihilangkan dalam bentuk geram (*chip*). Beberapa contoh proses pemesinan yang umum digunakan antara lain proses bubut (*turning*), frais (*milling*), pengeboran (*drilling*), dan gerinda (*grinding*). Dalam proses ini, parameter seperti kecepatan potong, kedalaman pemotongan, dan jenis pahat sangat mempengaruhi hasil akhir produk.

3. Proses penyambungan (*joining process*)

Proses penyambungan merupakan proses manufaktur yang digunakan untuk menggabungkan dua atau lebih komponen menjadi satu kesatuan. Proses ini sangat penting dalam pembuatan struktur atau rangka mesin yang terdiri dari berbagai bagian terpisah. Beberapa metode penyambungan yang umum digunakan antara lain pengelasan (*welding*), penyolderan (*soldering*), paku keling (*riveting*), dan penggunaan baut atau mur (*fastening*).

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dipahami bahwa proses manufaktur dalam proses pembuatan suatu produk teknik, khususnya mesin, merupakan rangkaian tahapan yang saling terintegrasi dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Setiap jenis proses, baik proses pembentukan, pemesinan, maupun penyambungan, memiliki peran dan fungsi masing-masing dalam menghasilkan komponen yang sesuai dengan spesifikasi desain. Proses pembentukan berperan dalam menghasilkan bentuk dasar material, proses pemesinan digunakan untuk mencapai tingkat presisi dan kualitas permukaan yang diinginkan, sedangkan proses penyambungan berfungsi untuk merakit berbagai komponen menjadi satu kesatuan mesin yang utuh dan dapat beroperasi dengan baik.

1.5. Proses Pemesinan

Proses pemesinan merupakan salah satu metode utama dalam manufaktur yang digunakan untuk membentuk benda kerja dengan cara menghilangkan sebagian material menggunakan alat potong hingga diperoleh bentuk, ukuran, dan kualitas permukaan yang sesuai dengan spesifikasi. Proses ini termasuk dalam kategori *subtractive manufacturing*, di mana material yang tidak diperlukan akan dipotong dan dibuang dalam bentuk geram. Dalam praktiknya, proses pemesinan sangat penting karena mampu menghasilkan komponen dengan tingkat presisi tinggi, toleransi yang ketat, serta kualitas permukaan yang halus. Oleh karena itu, proses ini banyak digunakan dalam pembuatan komponen mesin (Kalpakjian & Schmid, 2019).

Dalam proses pemesinan, terdapat beberapa jenis operasi yang umum digunakan, di antaranya adalah proses bubut (*turning*), frais (*milling*), pengeboran (*drilling*), dan gerinda (*grinding*) (Sutanto, 2024). Masing-masing proses memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan pembentukan benda kerja. Oleh karenanya, penjelasan mengenai hal tersebut adalah sebagai berikut:

1. Proses bubut (*turning*). Proses pemesinan yang dilakukan dengan cara memutar benda kerja pada sumbu tertentu, kemudian alat potong digerakkan secara linear untuk mengurangi material. Proses ini umumnya digunakan untuk menghasilkan bentuk silindris, seperti poros, ulir, dan komponen berbentuk lingkaran lainnya. Keunggulan proses bubut

terletak pada kemampuannya menghasilkan bentuk yang simetris dengan tingkat presisi yang tinggi, sehingga sangat banyak digunakan dalam industri permesinan.

2. Proses frais (*milling*). Proses pemesinan yang menggunakan pahat berputar (*cutter*) untuk menghilangkan material dari benda kerja yang diam atau bergerak secara translasi. Proses ini dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai bentuk, seperti permukaan datar, alur, roda gigi, dan bentuk kompleks lainnya.
3. Proses pengeboran (*drilling*). Proses yang digunakan untuk membuat lubang pada benda kerja dengan menggunakan mata bor yang berputar. Proses ini sangat penting dalam pembuatan komponen mesin yang memerlukan lubang untuk pemasangan baut, poros, atau komponen lainnya. Selain itu, proses ini juga dapat dikombinasikan dengan proses lain seperti *reaming* dan *tapping* untuk meningkatkan presisi dan fungsi lubang yang dihasilkan.
4. Proses gerinda (*grinding*). Proses pemesinan yang menggunakan batu gerinda sebagai alat potong untuk menghasilkan permukaan dengan tingkat kehalusan yang sangat tinggi. Proses ini biasanya digunakan sebagai tahap akhir (*finishing*) untuk memperbaiki kualitas permukaan dan mencapai toleransi yang sangat presisi.

Selain memahami jenis-jenis proses pemesinan, diperlukan pula pemahaman mengenai parameter-parameter utama yang mempengaruhi hasil pemesinan. Beberapa parameter pemesinan diantaranya adalah kecepatan potong, kecepatan pemakanan, serta kedalaman potong (Sam & Romadlan, 2024). Penjelasan mengenai hal tersebut adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan potong

Kecepatan potong adalah kecepatan relatif antara alat potong dengan permukaan benda kerja dalam satuan meter per menit (m/menit). Secara umum, rumus kecepatan potong adalah:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1)$$

Keterangan:

V_c = kecepatan potong (m/menit)
 d = diameter benda kerja atau pahat (mm)
 n = putaran spindle (rpm)
 π = 3,14

2. Kecepatan pemakanan

Kecepatan pemakanan adalah jarak gerak maju pahat terhadap benda kerja dalam satu satuan waktu. Pada proses bubut, kecepatan pemakanan biasanya dinyatakan dalam mm/putaran, sedangkan pada milling dalam mm/menit. Rumus umum kecepatan pemakanan adalah sebagai berikut:

$$V_f = f \cdot n \quad (2)$$

Keterangan:

V_f = kecepatan pemakanan (mm/menit)
 f = gerak makan (mm/putaran)
 n = putaran *spindle* (rpm)

3. Kedalaman potong

Kedalaman potong adalah tebal material yang diambil dalam satu kali proses pemotongan. Pada proses bubut, kedalaman potong dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$a = D - d/2 \quad (3)$$

Keterangan:

a = kedalaman potong (mm)
 D = diameter awal benda kerja (mm)
 d = diameter akhir benda kerja (mm)

1.6. Proses Pengelasan

Proses pengelasan merupakan salah satu metode dalam proses manufaktur yang digunakan untuk menyambungkan dua atau lebih material, khususnya logam, dengan cara memanaskan hingga mencapai titik leleh, baik dengan atau tanpa tekanan serta dengan atau tanpa bahan tambah. Proses ini menghasilkan ikatan metalurgi yang kuat sehingga banyak digunakan dalam pembuatan struktur, rangka mesin, dan komponen teknik lainnya. Pengelasan memiliki peran penting dalam industri karena mampu menghasilkan sambungan yang permanen dan memiliki

kekuatan tinggi apabila dilakukan dengan prosedur yang tepat (Suherman & Abdullah, 2021).

Dalam praktiknya, terdapat beberapa jenis proses pengelasan yang umum digunakan, di antaranya adalah SMAW, MIG, dan TIG. Penjelasan mengenai hal tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)

SMAW atau las listrik merupakan metode pengelasan yang menggunakan elektroda terbungkus fluks sebagai bahan tambah sekaligus pelindung. Pada proses ini, busur listrik terbentuk antara elektroda dan benda kerja sehingga menghasilkan panas untuk melelehkan logam. Fluks pada elektroda berfungsi melindungi logam cair dari kontaminasi udara (Yunus & Suwito, 2025).

2. *Metal Inert Gas* (MIG)

MIG adalah proses pengelasan yang menggunakan kawat elektroda yang digulung secara kontinu serta gas pelindung (biasanya argon atau campuran gas). Proses ini memiliki keunggulan dalam hal kecepatan pengelasan yang tinggi, hasil yang lebih bersih, serta mudah dioperasikan (Yunus & Suwito, 2025).

3. *Tungsten Inert Gas* (TIG)

TIG merupakan proses pengelasan yang menggunakan elektroda tungsten yang tidak habis serta gas pelindung inert. Proses ini menghasilkan kualitas sambungan yang sangat baik dengan tingkat presisi tinggi. TIG umumnya digunakan untuk material tipis atau aplikasi yang membutuhkan hasil las berkualitas tinggi (Suherman & Abdullah, 2021).

Keberhasilan proses pengelasan menurut Suherman & Abdullah (2021) sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter utama yang harus dikontrol dengan baik, antara lain:

1. Arus listrik. Hal ini penting karena menentukan jumlah panas yang dihasilkan selama proses pengelasan. Arus yang terlalu rendah dapat menyebabkan penetrasi kurang sempurna, sedangkan arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan cacat seperti *undercut*.

2. Tegangan. Hal ini berpengaruh terhadap panjang busur listrik. Tegangan yang tidak sesuai dapat menyebabkan hasil las tidak stabil dan kualitas sambungan menurun.
3. Kecepatan pengelasan. Hal ini mempengaruhi bentuk dan kualitas manik las (*weld bead*). Kecepatan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kurangnya pengisian logam, sedangkan terlalu lambat dapat menyebabkan penumpukan berlebih.
4. Jenis elektroda dan bahan tambah. Pemilihan elektroda harus disesuaikan dengan jenis material agar menghasilkan sambungan yang kuat dan bebas cacat.
5. Sudut pengelasan. Hal ini mempengaruhi distribusi panas dan bentuk hasil las.

Pada proses pengelasan, terdapat beberapa cacat las yang umumnya terjadi. Menurut Setia & Pranatal (2022) beberapa cacat tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Porosity* (gelembung gas). Terjadi akibat gas yang terperangkap dalam logam cair, biasanya disebabkan oleh material kotor atau kelembapan tinggi.
2. *Undercut*. Terjadi ketika bagian tepi logam dasar terkikis akibat panas berlebih atau kecepatan pengelasan yang terlalu tinggi, sehingga mengurangi kekuatan sambungan.
3. *Lack of fusion*. Terjadi ketika logam las tidak menyatu sempurna dengan logam dasar akibat panas yang tidak cukup.
4. *Incomplete penetration*. Terjadi ketika logam las tidak menembus seluruh ketebalan sambungan.
5. *Slag inclusion*. Terjadi akibat terperangkapnya terak di dalam logam las karena teknik pengelasan yang kurang tepat.

1.7. Material Teknik

Material teknik merupakan bahan yang digunakan dalam pembuatan komponen atau produk rekayasa, khususnya dalam bidang teknik mesin. Pemilihan material yang tepat sangat berpengaruh terhadap kinerja, kekuatan, umur pakai, serta efisiensi biaya suatu produk. Dalam proses manufaktur, material tidak hanya

dipilih berdasarkan ketersediaannya, tetapi juga harus mempertimbangkan sifat mekanik, sifat fisik, serta kondisi kerja dari produk yang akan dibuat (Kalpakjian & Schmid, 2019). Umumnya, material teknik yang banyak digunakan di pasaran adalah baja karbon. Menurut Sutanto (2024) baja karbon adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dengan kandungan karbon umumnya berkisar antara 0,05% hingga 1,5%. Kandungan karbon tersebut sangat mempengaruhi sifat mekanik baja, seperti kekerasan, kekuatan, dan keuletannya.

Berdasarkan kadar karbonnya, baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama, yaitu baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*), dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*) (Kalpakjian & Schmid, 2019).

1. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3% dan umumnya memiliki sifat ulet serta mudah dibentuk dan dilas.
2. Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon antara 0,3% hingga 0,6% dan memiliki keseimbangan antara kekuatan dan keuletan.
3. Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon di atas 0,6% dan memiliki kekerasan serta kekuatan tinggi, namun cenderung lebih rapuh.

Pemilihan bahan dalam material teknik tersebut dapat dilakukan berdasarkan sifat mekaniknya. Menurut Sutanto (2024) sifat mekanik merupakan karakteristik material yang berkaitan dengan kemampuan material dalam menerima beban atau gaya tanpa mengalami kerusakan. Beberapa sifat mekanik utama yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Kekuatan. Hal ini berkaitan dengan kemampuan material untuk menahan beban tanpa mengalami kegagalan. Kekuatan dapat dibedakan menjadi kekuatan tarik, tekan, dan geser.
2. Kekerasan. Hal ini berkaitan dengan kemampuan material untuk menahan deformasi plastis, seperti goresan atau penetrasi. Material dengan kekerasan tinggi biasanya memiliki ketahanan aus yang baik.
3. Keuletan. Hal ini berkaitan dengan kemampuan material untuk mengalami deformasi plastis sebelum patah. Material yang ulet dapat dibentuk tanpa mudah retak.

4. Ketangguhan. Hal ini berkaitan dengan kemampuan material untuk menyerap energi sebelum patah, yang merupakan kombinasi antara kekuatan dan keuletan.
5. Elastisitas. Hal ini berkaitan dengan kemampuan material untuk kembali ke bentuk semula setelah beban dilepaskan.

Selain memerhatikan sifat material, proses pemilihan juga merupakan proses yang penting. Menurut Callister & Rethwisch (2018) pemilihan material merupakan tahap penting dalam proses perancangan dan manufaktur suatu produk. Material yang dipilih harus mampu memenuhi kebutuhan fungsi serta kondisi kerja dari komponen yang akan dibuat. Pemilihan material biasanya didasarkan pada beberapa faktor utama, antara lain:

1. Fungsi komponen. Material harus mampu menjalankan fungsi yang diinginkan, seperti menahan beban, tahan aus, atau tahan panas.
2. Sifat mekanik yang dibutuhkan. Pemilihan material harus disesuaikan dengan sifat mekanik yang diperlukan, seperti kekuatan, kekerasan, atau keuletan.
3. Kemudahan proses manufaktur. Material harus mudah diproses, baik melalui pemesian, pembentukan, maupun pengelasan.

1.8. Kualitas Produk Manufaktur

Kualitas produk manufaktur merupakan tingkat kesesuaian suatu produk terhadap spesifikasi desain, standar teknis, serta kebutuhan pengguna (Callister & Rethwisch, 2018). Dalam konteks mesin *disc mill* dan *mixer portable*, kualitas produk manufaktur akan dinilai dari 4 variabel utama yakni kinerja mesin, kualitas mesin, nilai ekonomis, serta fungsionalitas mesin. Penjelasan mengenai hal tersebut adalah sebagai berikut.

1. Kinerja mesin

Indikator kinerja mesin meliputi kapasitas produksi, konsumsi energi, efisiensi kerja, getaran mesin, serta tingkat kebisingan. Rumus dan standar setiap indikator adalah 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:

$$Q = m/t \text{ (1)}$$

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 ketercapain 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:

$$E = P \times t \text{ (2)}$$

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:

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

Keterangan:

n : Efisiensi (%)

P_{out} : daya keluaran

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

d. Getaran mesin

Analisis ini digunakan untuk melihat gerakan suatu bagian mesin maju dan mundur dari keadaan diam/netral. Getaran mesin dinyatakan baik jika memiliki nilai $\leq 4,5$ mm/s; 4,5-7 mm/s cukup; serta > 7 mm/s tidak stabil. Rumus yang digunakan dalam perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$v = 2\pi fA \quad (4)$$

Keterangan:

v = kecepatan getaran (mm/s)

f = frekuensi (Hz)

A = amplitudo (mm) (Kismanti & Nurdin, 2023)

e. Tingkat kebisingan

Tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam satuan Desibel (dB). Pada penelitian ini, tingkat kebisingan diukur dengan *sound level meter*. Tingkat kebisingan aman berada pada nilai < 85 dB; cukup pada kisaran 85-95 dB; serta > 95 dB terlalu bising (Kismanti & Nurdin, 2023).

2. Kualitas mesin

Kualitas mesin dianalisa dengan 2 indikator yakni kehalusan gilingan dan homogenitas pakan.

a. 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).

b. 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 nilai CV $< 10\%$. Kategori tidak baik jika memiliki nilai CV $> 10\%$ (Kristian et al., 2025).

3. 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).

4. 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 $\leq$ 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).