

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1. Analisis Kebutuhan Mesin

Analisis kebutuhan mesin dilakukan untuk menentukan spesifikasi teknis mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* yang sesuai dengan kebutuhan operasional peternak unggas skala kecil hingga menengah. Analisis ini mempertimbangkan kebutuhan operasional, kapasitas produksi, sistem penggerak, konsumsi daya, kehalusan gilingan serta homogenitas pakan. Penjelasan mengenai analisa kebutuhan daya mesin adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan operasional

Berdasarkan kebutuhan operasional, mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* dirancang untuk mampu menjalankan dua fungsi utama secara terintegrasi, yaitu menggiling bahan pakan hingga mencapai ukuran partikel yang sesuai serta mencampur seluruh bahan agar menghasilkan komposisi pakan yang homogen. Integrasi kedua fungsi ini bertujuan untuk mempersingkat waktu produksi, meningkatkan efisiensi kerja peternak, serta mengurangi kebutuhan penggunaan alat secara terpisah.

2. Kapasitas produksi

Berdasarkan aspek kapasitas produksi, mesin dirancang mampu menghasilkan pakan dalam jumlah yang memadai untuk kebutuhan peternakan skala kecil hingga menengah. Oleh karena itu, mesin ditargetkan memiliki kapasitas minimal sekitar 10 kg/jam, sehingga proses produksi dapat dilakukan secara optimal tanpa memerlukan waktu operasi yang terlalu lama.

3. Sistem penggerak

Berdasarkan aspek sistem penggerak, mesin dirancang untuk mampu menghasilkan putaran tinggi dan stabil guna mendukung proses penggilingan dan pencampuran. Oleh karena itu, pada mesin *disc mill* dan

mixer pakan unggas *portable* digunakan motor listrik 200 Watt dengan spesifikasi 220 V dan 2800 rpm agar mampu memberikan putaran tinggi dengan torsi yang cukup sehingga pisau *disc mill* dan sistem *mixer* dapat bekerja secara optimal.

4. Konsumsi daya

Berdasarkan aspek konsumsi daya, mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* dirancang agar tetap hemat energi sehingga biaya operasional dapat ditekan, yakni < 750 Watt. Hal ini penting mengingat sasaran penggunaan mesin adalah peternak skala kecil yang membutuhkan alat dengan biaya operasional rendah namun tetap memiliki performa yang baik.

5. Kehalusan gilingan

Berdasarkan kualitas hasil produksi, mesin harus mampu menghasilkan tingkat kehalusan gilingan yang baik agar ukuran partikel pakan sesuai dengan kebutuhan unggas. Oleh karena itu, pada aspek ini, mesin dirancang untuk menghasilkan pakan dengan persentase hasil gilingan yang mampu lolos pada ayakan 60 mesh, dimana jumlahnya $\pm 70\%$ dari total hasil gilingan.

6. Homogenitas pakan

Berdasarkan homogenitas pakan, sistem *mixer* harus mampu mencampur seluruh bahan pakan secara merata sehingga setiap bagian pakan memiliki kandungan nutrisi yang relatif sama. Pada rancangan mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable*, mesin diharapkan mampu menghasilkan homogenitas pakan sebesar 70% dari total hasil pakan yang dihasilkan.

5.1.2. Perancangan Mesin

Berdasarkan hasil analisis referensi yang telah dilakukan, diperoleh rancangan mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* yang terdiri atas tiga bagian utama, yaitu rangka penopang, ruang pencampuran berbentuk silinder, dan sistem penghancur atau *disc mill*. Ketiga komponen tersebut dirancang sebagai satu kesatuan sistem yang saling terintegrasi agar mampu menjalankan fungsi penggilingan dan pencampuran secara efektif. Perancangan komponen utama ini

dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kekuatan struktur, efisiensi kerja, kemudahan pengoperasian, serta kesesuaian terhadap kapasitas produksi. Selain itu, integrasi ketiga komponen juga bertujuan untuk menyederhanakan proses kerja mesin sehingga penggunaan alat menjadi lebih praktis.

Rangka penopang dirancang sebagai struktur utama yang berfungsi menopang seluruh komponen mesin, termasuk motor penggerak, ruang pencampuran, dan sistem penghancur. Dalam perancangannya, rangka didesain untuk memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban statis maupun dinamis yang timbul selama mesin beroperasi. Beban statis berasal dari berat komponen mesin itu sendiri, sedangkan beban dinamis berasal dari putaran motor, gerakan pisau, serta getaran yang muncul saat proses penggilingan dan pencampuran berlangsung. Oleh karena itu, material rangka dipilih dari besi siku karena memiliki kekuatan struktural yang baik, relatif mudah difabrikasi, dan memiliki ketahanan terhadap deformasi.

Ruang pencampuran dirancang berbentuk silinder dan berfungsi sebagai wadah utama untuk menampung bahan pakan selama proses pengolahan. Bentuk silinder dipilih karena mampu mendukung pola sirkulasi material yang lebih merata selama proses pencampuran berlangsung. Dengan bentuk tersebut, bahan pakan dapat bergerak mengikuti putaran sistem pencampur sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya penumpukan material pada sudut tertentu. Selain itu, ruang pencampuran juga dirancang dengan kapasitas yang sesuai untuk kebutuhan peternak unggas skala kecil hingga menengah. Oleh karena itu, material yang digunakan adalah plastik, sebab bahan tersebut cukup ringan namun kuat sehingga tidak menambah beban mesin secara berlebihan.

Sistem penghancur atau *disc mill* merupakan komponen utama yang berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel bahan pakan sebelum memasuki tahap pencampuran. Dalam perancangannya, sistem ini dirancang agar mampu bekerja melalui mekanisme tumbukan, tekanan, dan gesekan yang dihasilkan oleh putaran pisau terhadap material pakan. Mekanisme tersebut memungkinkan bahan dengan ukuran awal yang lebih besar dapat diubah menjadi partikel yang lebih halus sesuai kebutuhan pakan unggas. Tidak hanya itu, dalam hal ini pisau

penghancur dirancang dengan mempertimbangkan material, jumlah mata pisau, ukuran, dan posisi pemasangan agar menghasilkan proses penggilingan yang optimal.

5.1.3. Analisis Kebutuhan dan Penetapan Spesifikasi Desain

Analisis kebutuhan dan penetapan spesifikasi desain dilakukan dengan mengacu pada beberapa aspek meliputi dimensi, bobot, kapasitas produksi, konsumsi daya, kehalusan gilingan serta homogenitas pakan. Berdasarkan pada hal tersebut, maka kebutuhan mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* adalah sebagai berikut.

Tabel 5.1 Kebutuhan Mesin *Disc Mill* dan *Mixer Portable*

No	Spesifikasi	Spesifikasi Desain
1	Dimensi rangka	30 cm × 30 cm × 40 cm
2	Bobot mesin	8,025 kg
3	Kapasitas produksi	Minimal 10 kg/jam
4	Sistem penggerak	Motor listrik 220 V / 2800 rpm
5	Konsumsi daya	200 Watt
6	Kehalusan gilingan	≥ 70% lolos ayakan 60 mesh
7	Homogenitas pakan	≥ 70%

Sumber: data diolah, 2026

Berdasarkan tabel 5.1, setiap spesifikasi ditetapkan berdasarkan pertimbangan teknis sebagai berikut.

1. Dimensi rangka 30 × 30 × 40 cm dipilih untuk memenuhi konsep mesin *portable*. Dimensi tersebut cukup untuk menopang seluruh komponen utama, seperti motor listrik, ruang penggiling (*disc mill*), ruang pencampur (*mixer*), serta sistem transmisi, namun tetap memiliki ukuran yang ringkas sehingga mudah dipindahkan dan tidak membutuhkan ruang penyimpanan yang besar.
2. Bobot mesin sebesar 8,025 kg menunjukkan bahwa mesin memiliki konstruksi yang relatif ringan dibandingkan mesin pakan konvensional. Bobot ini memungkinkan mesin dipindahkan oleh satu orang tanpa memerlukan alat bantu khusus, sehingga sesuai dengan kebutuhan peternak skala rumah tangga.

3. Kapasitas produksi minimal 10 kg/jam ditetapkan berdasarkan kebutuhan produksi pakan pada peternakan skala kecil hingga menengah. Kapasitas tersebut dinilai mampu memenuhi kebutuhan pakan harian tanpa memerlukan waktu pengolahan yang terlalu lama, sehingga meningkatkan efisiensi kerja peternak.
4. Motor listrik 220 V dengan putaran 2800 rpm dipilih karena menggunakan sumber listrik rumah tangga yang mudah diperoleh. Putaran motor sebesar 2800 rpm juga mampu menghasilkan energi yang cukup untuk proses penggilingan sekaligus menggerakkan sistem pencampuran secara efektif.
5. Konsumsi daya sebesar 200 Watt dipilih agar mesin tetap hemat energi selama pengoperasian. Daya tersebut dianggap cukup untuk menggerakkan sistem penggilingan dan pencampuran tanpa menyebabkan konsumsi listrik yang tinggi, sehingga biaya operasional menjadi lebih ekonomis.
6. Kehalusan gilingan minimal 70% lolos ayakan 60 mesh ditetapkan sebagai indikator kualitas hasil penggilingan. Ukuran partikel yang lebih halus akan mempermudah proses pencampuran, meningkatkan homogenitas pakan, serta memudahkan unggas dalam mengonsumsi pakan.
7. Homogenitas pakan minimal 70% digunakan sebagai indikator keberhasilan proses pencampuran. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar bahan penyusun pakan telah tercampur secara merata sehingga kandungan nutrisi pada setiap bagian campuran relatif seragam.

Sementara itu, spesifikasi mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* adalah sebagai berikut.

Tabel 5.2 Parameter Mesin *Disc Mill* dan *Mixer* Pakan Unggas *Portable*

No	Parameter	Spesifikasi
1	Diameter ember	28 cm (0,30 m)
2	Tinggi ember	± 40 cm (0,40 m)
3	<i>Filling ratio</i> target	70%
4	Massa jenis curah pakan	550 kg/m ³

No	Parameter	Spesifikasi
5	Putaran motor	2800 rpm
6	Daya motor	200 Watt (0,2 kW)
7	Tegangan	220 V
8	Arus motor	$\pm 0,91$ A
9	Waktu proses rata-rata	90–120 detik (rata-rata 102 detik)

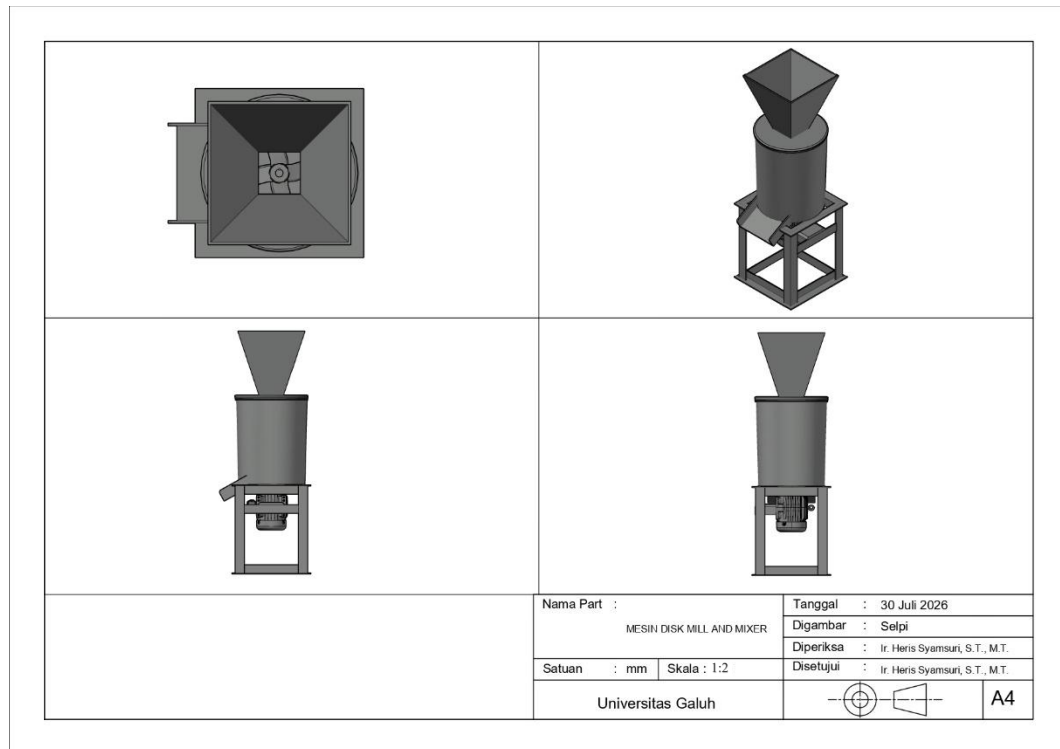
Sumber: data diolah, 2026

Parameter-parameter pada tabel 5.2 memiliki fungsi penting dalam menentukan kinerja mesin. Penjelasan mengenai hal ini adalah sebagai berikut:

1. Diameter ember sebesar 28 cm dan tinggi sekitar 40 cm dipilih agar volume ruang pencampuran cukup untuk menampung bahan baku sesuai kapasitas yang direncanakan. Penggunaan *filling ratio* sebesar 70% bertujuan menyediakan ruang kosong yang cukup bagi material untuk bergerak selama proses pencampuran sehingga homogenitas campuran dapat meningkat.
2. Massa jenis curah pakan sebesar 550 kg/m^3 digunakan sebagai dasar dalam menghitung kapasitas ruang pencampuran dan estimasi massa bahan yang dapat diproses setiap siklus. Nilai tersebut mewakili karakteristik umum bahan baku pakan unggas yang terdiri atas campuran jagung, dedak, dan bahan tambahan lainnya.
3. Motor listrik yang didesain memiliki putaran sebesar 2800 rpm dengan daya 200 Watt dan tegangan kerja 220 Volt. Kombinasi spesifikasi tersebut dipilih karena mampu menghasilkan putaran yang cukup tinggi untuk proses penggilingan, namun tetap memiliki konsumsi energi yang rendah. Berdasarkan spesifikasi motor, arus kerja yang dibutuhkan sekitar 0,91 A sehingga mesin dapat dioperasikan menggunakan instalasi listrik rumah tangga tanpa memerlukan penambahan daya listrik yang besar.
4. Mesin *disc mill* dan *mixer* didesain memiliki rata-rata waktu proses untuk setiap siklus pengolahan adalah sekitar 102 detik atau berada pada rentang 90–120 detik. Waktu proses tersebut bertujuan agar mesin mampu melakukan proses penggilingan dan pencampuran secara relatif cepat sehingga kapasitas produksi yang direncanakan dapat tercapai.

5.1.4. Perancangan Konsep Mesin

Konsep mesin yang ditawarkan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.1 Rancangan Konsep Mesin

Mesin dirancang memiliki dimensi rangka sebesar 30 cm × 30 cm × 40 cm dengan bobot 8,025 kg. Dimensi tersebut dipilih agar mesin memiliki sifat portable, sehingga mudah dipindahkan maupun ditempatkan pada area kerja yang terbatas. Selain itu, ukuran yang relatif kecil menjadikan mesin lebih praktis digunakan oleh peternak skala rumah tangga maupun usaha kecil tanpa membutuhkan ruang penyimpanan yang luas. Sistem penggerak menggunakan motor listrik bertegangan 220 V dengan putaran 2.800 rpm dan konsumsi daya sebesar 200 Watt. Pemilihan motor listrik ini didasarkan pada pertimbangan efisiensi energi serta kemudahan memperoleh sumber listrik rumah tangga.

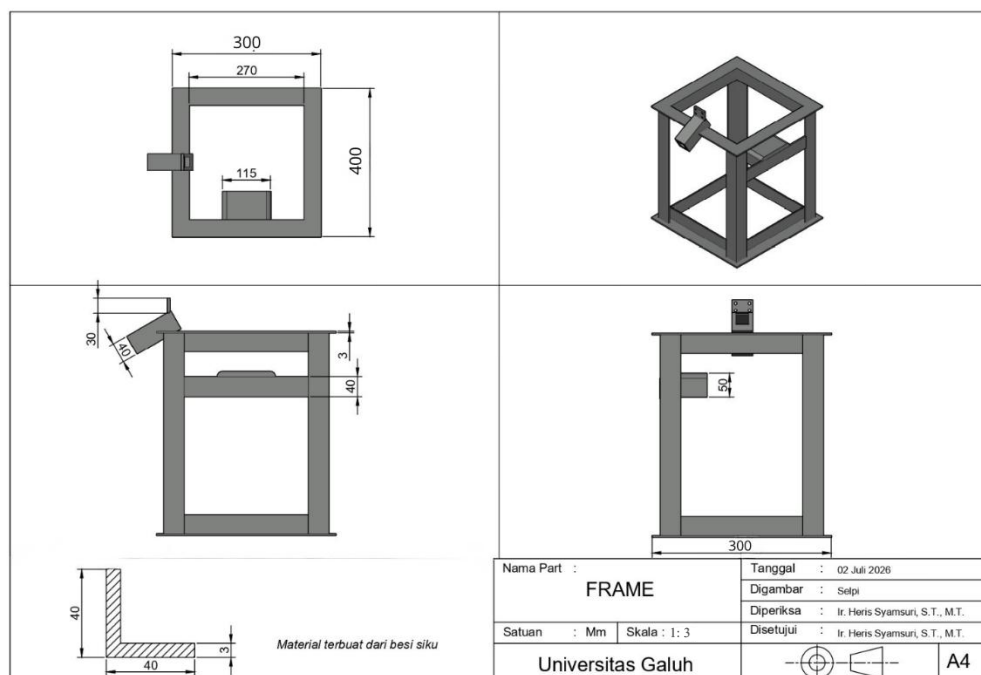
Dari sisi kinerja, mesin dirancang memiliki kapasitas produksi minimal 10 kg/jam, sehingga mampu memenuhi kebutuhan produksi pakan dalam skala kecil hingga menengah. Pada proses penggilingan, mesin ditargetkan menghasilkan tingkat kehalusan sebesar $\geq 70\%$ lolos ayakan 60 mesh, sehingga ukuran partikel

pakan menjadi lebih seragam dan mudah dicerna oleh ternak. Selanjutnya, pada proses pencampuran (mixing), mesin dirancang mampu mencapai homogenitas campuran minimal 70%, sehingga seluruh bahan penyusun pakan dapat tercampur secara merata dan menghasilkan kualitas pakan yang lebih baik.

5.1.5. Hasil Perancangan Komponen Mesin

Hasil perancangan komponen mesin dapat dilihat pada uraian sebagai berikut.

1. Analisis perancangan rangka



Gambar 5.2 Desain Rangka

Mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* dirancang menggunakan besi siku berukuran $40 \times 40 \times 3$ mm dengan dimensi keseluruhan sekitar $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$. Pemilihan profil siku didasarkan pada pertimbangan bahwa material tersebut memiliki kekuatan yang cukup tinggi terhadap pembebanan tekan, tarik, maupun lentur, tetapi tetap mudah dipotong, dilas, dan diperoleh di pasaran. Selain itu, penggunaan besi siku juga memberikan keuntungan dari sisi biaya karena lebih ekonomis dibandingkan penggunaan profil kanal atau pipa kotak dengan kapasitas pembebanan yang sama.

Secara mekanis, konstruksi rangka membentuk struktur ruang berbentuk kubus yang terdiri atas empat kolom vertikal dan balok penghubung horizontal.

Bentuk tersebut memberikan distribusi beban yang relatif merata pada setiap kaki rangka sehingga mampu mengurangi konsentrasi tegangan pada titik tertentu. Beban motor yang berada di bagian tengah rangka akan diteruskan secara langsung menuju empat kaki penyangga, sedangkan gaya dinamis akibat putaran blade akan diserap oleh struktur rangka sebelum diteruskan ke lantai.

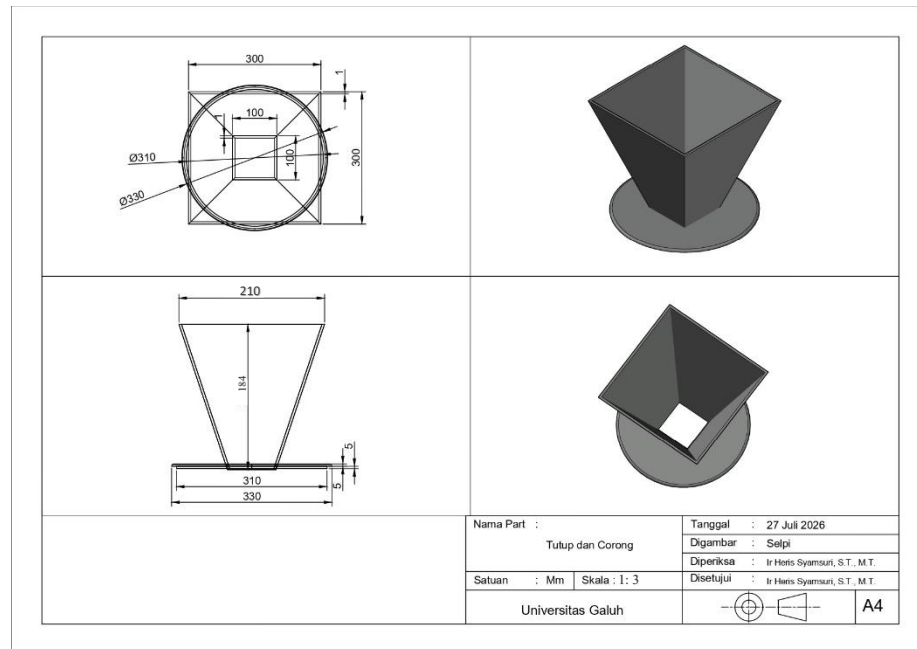
Selain berfungsi sebagai penyangga beban statis, rangka juga harus mampu menahan getaran yang timbul selama mesin beroperasi. Ketika pisau berputar dengan kecepatan tinggi, akan timbul gaya sentrifugal yang dapat menghasilkan getaran apabila distribusi massa blade tidak benar-benar seimbang. Oleh karena itu, rangka dirancang memiliki kekakuan yang cukup sehingga amplitudo getaran dapat ditekan seminimal mungkin. Semakin kecil deformasi rangka, maka posisi poros motor akan tetap berada pada sumbu yang direncanakan sehingga kemungkinan blade bergesekan dengan dinding wadah dapat dihindari.

Dari sisi ergonomi, tinggi rangka sekitar 400 mm dipilih agar posisi wadah berada pada ketinggian yang memudahkan operator saat memasukkan bahan maupun mengambil hasil penggilingan. Selain itu, ruang di bawah wadah dapat dimanfaatkan untuk pemasangan motor tanpa mengganggu area kerja operator. Sehingga, rancangan rangka tidak hanya mempertimbangkan aspek kekuatan struktur, tetapi juga kenyamanan penggunaan.

2. Analisis perancangan *hopper*

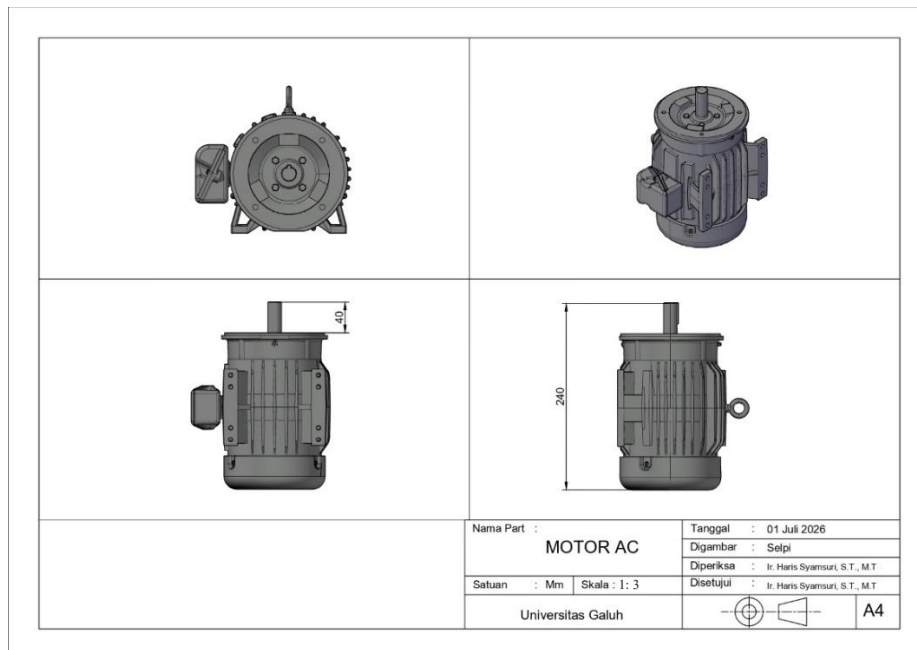
Hopper dirancang menggunakan bentuk limas terpancung (*truncated pyramid*) dengan penampang bagian atas berbentuk persegi dan bagian bawah menyempit menuju saluran masuk ruang penggilingan. Bentuk tersebut dipilih untuk mempermudah proses pemasukan bahan baku ke dalam mesin sekaligus mengarahkan material agar mengalir secara alami menuju unit disc mill akibat pengaruh gaya gravitasi. Selain itu, pada bagian bawah *hopper* dipasang tutup berbentuk lingkaran yang berfungsi sebagai penghubung antara *hopper* dengan badan mesin. Konstruksi ini memberikan kestabilan pemasangan serta memastikan aliran bahan masuk secara terpusat ke ruang penggilingan. Selain itu, bentuk corong yang semakin menyempit pada bagian bawah mampu meminimalkan penumpukan

bahan di dalam *hopper* sehingga proses pengumpanan menjadi lebih lancar dan kontinu.



Gambar 5.3 Desain *Hopper*

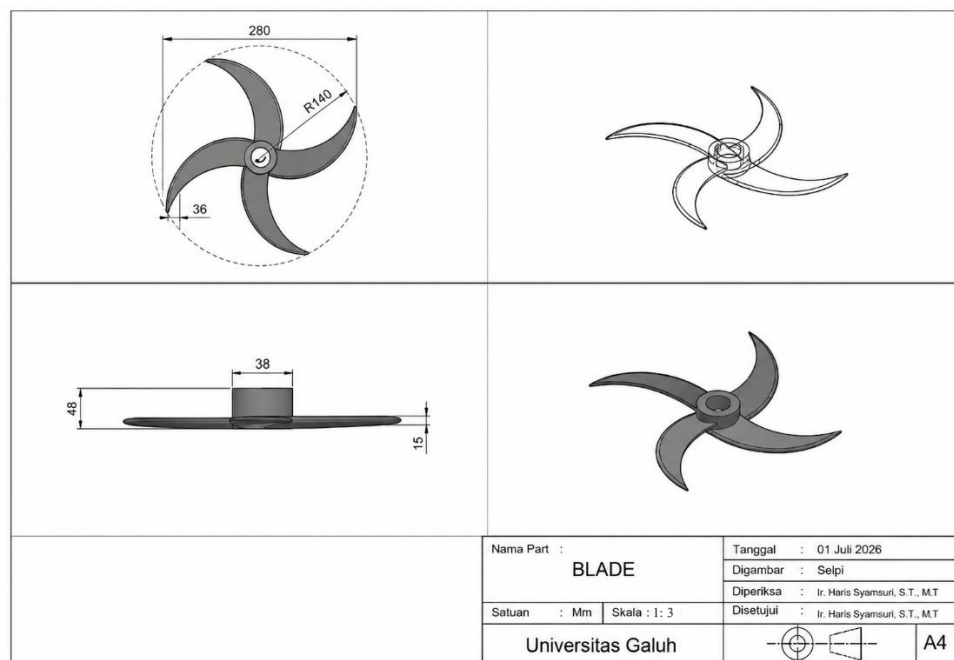
3. Analisis perancangan motor



Gambar 5.4 Desain Motor

Sistem penggerak menggunakan motor listrik satu fasa dengan spesifikasi tegangan 220 Volt, daya 200 Watt (0,2 kW), dan kecepatan putar 2.800 rpm. Motor ini dipilih karena memiliki konsumsi daya yang relatif rendah namun mampu menghasilkan putaran yang cukup tinggi untuk menggerakkan mekanisme penggilingan dan pencampuran secara optimal. Dengan spesifikasi tersebut, mesin ditargetkan memiliki kapasitas produksi minimal 10 kg/jam, menghasilkan kehalusan gilingan minimal 70% lolos ayakan 60 mesh, serta mampu menyelesaikan satu siklus proses dalam waktu sekitar 90–120 detik dengan rata-rata 102 detik. Selain itu, arus kerja motor berada pada kisaran $\pm 0,91$ A, sehingga mesin dapat dioperasikan menggunakan sumber listrik rumah tangga tanpa memerlukan instalasi listrik berdaya besar.

4. Analisis perancangan pisau



Gambar 5.5 Desain Pisau

Mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* didesain dengan pisau berjumlah empat bilah yang disusun simetris terhadap pusat putaran. Diameter lintasan pisau sebesar 280 mm dengan jari-jari 140 mm, sedangkan lebar ujung pisau sekitar 36 mm dan ketebalan 15 mm. Konfigurasi empat bilah dipilih karena

mampu memberikan keseimbangan antara kapasitas penghancuran dan kebutuhan daya motor.

Bentuk pisau dibuat melengkung menyerupai kurva spiral. Bentuk ini bukan hanya bertujuan menghasilkan gaya potong, tetapi juga menciptakan pola aliran material yang lebih baik. Saat pisau berputar, permukaan lengkung akan menghasilkan komponen gaya radial dan tangensial secara bersamaan. Gaya radial mendorong material menjauhi pusat putaran, sedangkan gaya tangensial menyebabkan material ikut berputar mengikuti arah pisau. Interaksi kedua gaya tersebut menghasilkan pola aliran turbulen yang meningkatkan frekuensi tumbukan antarpartikel maupun antara material dengan blade.

Secara mekanis, proses penghancuran material terjadi melalui tiga mekanisme utama, yaitu *impact*, *shearing*, dan *attrition*. Gaya *impact* terjadi ketika ujung pisau menghantam material secara langsung sehingga material mengalami retakan awal. Selanjutnya, gaya *shearing* menyebabkan material terpotong akibat perbedaan kecepatan antara permukaan blade dan material. Di sisi lain, gerakan berulang material di dalam wadah menimbulkan gesekan antarpartikel (*attrition*) yang turut mempercepat proses pengecilan ukuran.

Distribusi empat pisau pada sudut 90° menghasilkan keseimbangan dinamis (*dynamic balancing*) yang baik. Dengan distribusi massa yang simetris, gaya sentrifugal yang muncul selama putaran dapat saling meniadakan sehingga getaran mesin menjadi lebih kecil. Hal ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan operasi tetapi juga memperpanjang umur bearing motor dan komponen lainnya.

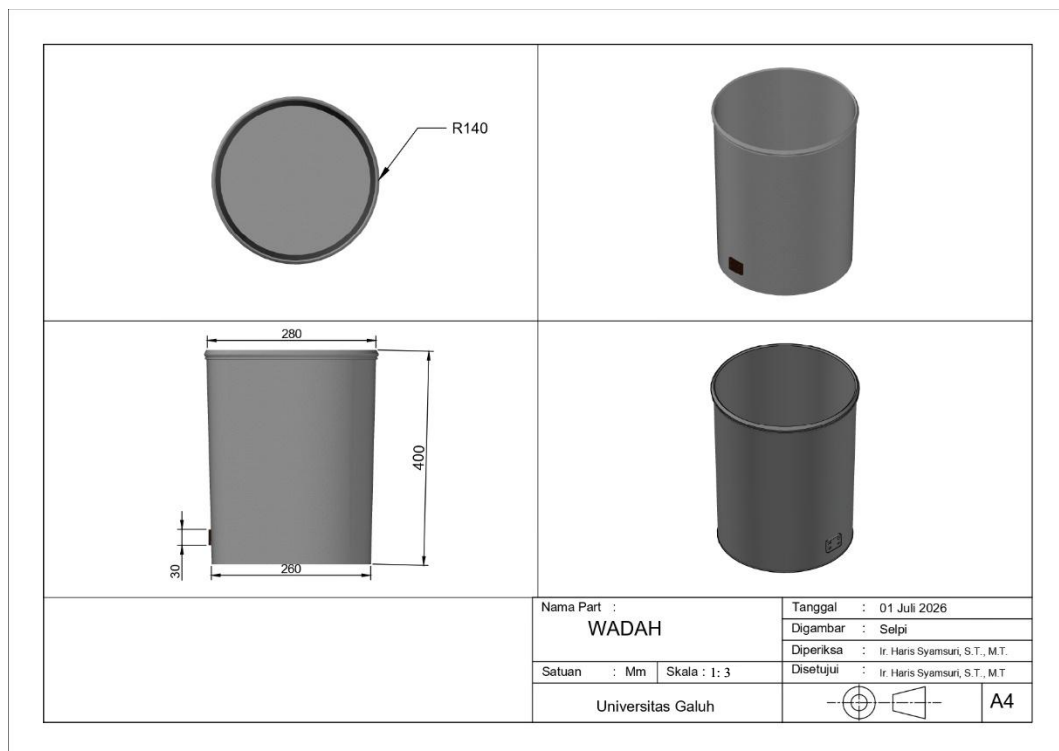
5. Analisis perancangan wadah

Mesin *disc mill* dan *mixer* didesain dengan wadah berbentuk silinder berdiameter bagian atas sebesar 280 mm, diameter bagian bawah sekitar 260 mm, dan tinggi 400 mm. Bentuk silinder dipilih karena mampu menghasilkan distribusi gaya yang lebih merata dibandingkan bentuk persegi. Selain itu, dinding melengkung tidak memiliki sudut mati (*dead zone*) sehingga material lebih mudah mengikuti pola sirkulasi yang dibentuk oleh pisau.

Diameter bagian bawah didesain sedikit lebih kecil dibandingkan diameter atas sehingga membentuk geometri menyerupai kerucut terpancung (*tapered*

cylinder). Konsep ini bertujuan mengarahkan material menuju daerah pusat putaran blade sehingga kemungkinan material terangkat kembali menuju bagian atas menjadi lebih besar. Ketinggian wadah sebesar 400 mm juga dipertimbangkan agar volume ruang proses cukup besar untuk menampung material tanpa menyebabkan material mudah keluar akibat gaya sentrifugal selama pisau berputar.

Jarak bebas pada wadah sebesar 10 mm (1 cm). Nilai *clearance* ini dipilih sebagai kompromi antara aspek keselamatan dan efektivitas penghancuran. Jika jarak terlalu kecil, maka risiko terjadinya gesekan antara blade dan dinding wadah akan meningkat sehingga dapat menyebabkan kerusakan komponen maupun peningkatan konsumsi daya. Sebaliknya, apabila *clearance* terlalu besar maka sebagian material akan lolos dari area kerja blade sehingga efisiensi penghancuran menjadi menurun.



Gambar 5.6 Desain Wadah

5.1.6. Perhitungan Target Desain

Perhitungan target desain pada penelitian ini dapat dilihat pada uraian sebagai berikut.

1. Volume wadah

$$V = \frac{\pi D^2 H}{4} = \frac{3,14 \times (0,30)^2 \times 0,40}{4} = 0,02826 \text{ m}^3$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka diketahui bahwa volume total wadah adalah 0,02826 m³ atau 28,26 liter.

2. Volume kerja efektif

$$\begin{aligned} V_e &= 0,70 \times V \\ &= 0,70 \times 0,02826 = 0,01978 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka volume kerja efektif wadah sebesar 0,01978 m³ atau 19,78 liter.

3. Rasio pengisian wadah

$$\begin{aligned} FR &= V_e / V \times 100\% \\ &= \frac{0,01978}{0,02826} \times 100 \% = 70\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka diketahui bahwa rasio pengisian wadah sebesar 70%, sesuai standar desain *mixer* agar bahan dapat bergerak optimal.

4. Kapasitas bahan efektif

$$\begin{aligned} m &= \rho V \\ &= 550 \times 0,01978 \\ &= 10,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diketahui bahwa kapasitas bahan efektif dalam wadah adalah 10,88 kg per siklus.

5. Kebutuhan isi ember

$$\begin{aligned} m &= Q \times t / 3600 \\ &= \frac{10 \times 102}{3600} = 0,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka untuk kapasitas minimum 10 kg/jam dengan waktu 102 detik minimal bahan per siklus sekitar 0,28 kg.

6. Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 (3,14)(2800)}{60} = 293,33 \text{ rad/s}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka kecepatan sudut motor adalah 293,33 rad/s.

7. Torsi motor

$$T = \frac{60P}{2\pi n} = \frac{60 (0,2)}{2 (3,14)(2800)} = 0,682 \text{ Nm}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka torsi motor yang dihasilkan sebesar 0,682 Nm.

8. Daya motor

$$P = V \times I = 220 \times 0,91 = 200,2 \text{ Watt}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka dapat diketahui bahwa daya motor mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* adalah 200,2 Watt.

9. Diameter lintasan pisau (clearance 1 cm)

$$\begin{aligned} D_p &= D_e - 2c \\ &= 30 - 2(1) = 28 \text{ cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka diameter lintasan pisau adalah 28 cm.

10. Panjang pisau

$$\begin{aligned} L_p &= D_p / 2 \\ &= 28/2 = 14 \text{ cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang pisau adalah 14 cm.

11. Lebar pisau (konstanta (k) = 0,12)

$$\begin{aligned} b &= kD_e \\ &= 0,12 \times 30 = 3,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka lebar pisau adalah 3,6 cm.

12. Tinggi pisau

$$\begin{aligned} h &= kH \\ &= 0,12 \times 40 = 4,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka tinggi posisi pisau dari dasar ember adalah 4,8 cm.

13. Kecepatan keliiling *disc mill*

$$V = \frac{\pi DN}{60} = \frac{3,14 (0,28)(2800)}{60} = 41,03 \text{ m/s}$$

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan keliling *disc mill* sebesar 41,03 m/s.

5.1.7. Perhitungan Hasil Pengujian Aktual Mesin

Pengujian aktual pada penelitian ini meliputi kapasitas produksi, konsumsi energi, efisiensi kerja, kehalusan gilingan, homogenitas pakan, biaya produksi, dan portabilitas. Proses pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Galuh. Pada uji ini, bahan yang digunakan adalah jagung, singkong, daun singkong, serta campuran ketiganya, dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 5.3 Formulasi Pakan

Formulasi	Berat (gram)	Waktu (detik)
Singkong	450	75
Daun Singkong	50	75
Jagung	500	240
Mix (jagung, singkong, daun singkong)	1000	300
Total	1000 gram	

Sumber: Diolah Peneliti, 2026

Hasil dari pengujian mesin dengan formulasi pakan sebagaimana di atas adalah sebagai berikut.

a. Kapasitas produksi

Hasil uji kapasitas produksi pada mesin *disc mill* dan *mixer* yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.4 Hasil Uji Kapasitas Produksi

Formulasi	Berat (gram)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Hasil (ons)	Hasil (kg)	Kapasitas (Kg/m)	Kapasitas (Kg/jam)
Singkong	450	75	1.25	2.5	0.35	0.28	16.8
Daun Singkong	50	13	0.21	3	0.038	0.18	10.5
Jagung	500	94	1.56	17	0.4	0.26	15.3
Mix	1000	300	5	34	0.93	0.19	11.2

Sumber: Diolah Peneliti, 2026

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa kapasitas tertinggi diperoleh pada bahan singkong sebesar 16,8 kg/jam, sedangkan kapasitas terendah diperoleh pada

daun singkong sebesar 10,5 kg/jam. Meskipun demikian, diketahui jika kapasitas produksi yang dihasilkan telah sesuai dengan target yang telah ditetapkan yakni 10-20 kg, sehingga mesin ini dikategorikan ke dalam kapasitas cukup. Namun demikian, pada daun singkong terjadi anomali data karena karakteristik bahan yang lebih tipis, berserat, dan cenderung menggumpal ketika masuk ke ruang penggilingan, sehingga aliran bahan menuju ruang *disc mill* menjadi kurang kontinu.

Adapun hasil pengujian dan data anomali pada kapasitas produksi daun singkong dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5.5 Anomali Data Daun Singkong

Formulasi	Pengujian	Berat (gram)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Hasil (kg)	Kapasitas (kg/jam)
Daun singkong	1	50	13	0,21	0,038	10,46
Daun singkong	2	50	13	0,21	0,025	6,92
Daun singkong	3	50	13	0,21	0,037	10,15

Sumber: Diolah Peneliti, 2026

Tabel tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian kapasitas mesin pada bahan daun singkong mengalami variasi hasil yang cukup besar meskipun berat bahan dan waktu pengujian yang digunakan sama. Artinya, telah terjadi anomali data, khususnya pada pengujian kedua.

b. Konsumsi energi

Hasil uji konsumsi energi pada mesin *disc mill* dan *mixer* yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.6 Hasil Uji Konsumsi Energi

Jenis Pakan Unggas	Daya Motor (Watt)	Waktu (detik)	Waktu (jam)	Energi (Wh/kg)
Singkong	200	75	0.0208	4.17
Daun Singkong	200	13	0.0036	0.72
Jagung	200	94	0.0261	5.22
Mix	200	300	0.0833	16.67

Sumber: Diolah Peneliti, 2026

Tabel tersebut menunjukkan jika konsumsi energi terendah terdapat pada pengolahan daun singkong, yaitu sebesar 0,72 Wh/kg. Sementara itu, konsumsi energi tertinggi terdapat pada proses pencampuran (*mix*), yaitu sebesar 16,67 Wh/kg, singkong membutuhkan energi sebesar 4,17 Wh/kg, sedangkan jagung sebesar 5,22 Wh/kg.

c. Efisiensi kerja

Hasil uji efisiensi kerja pada mesin *disc mill* dan *mixer* yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.7 Hasil Uji Efisiensi Kerja

Jenis Pakan Unggas	Torsi	RPM Nominal	RPM Aktual	RPM Drop	P In	P Out	Efisiensi (%)
Singkong	0.60	2800	2680	120	200	168.34	84.17
Daun Singkong	0.63	2800	2580	220	200	170.16	85.08
Jagung	0.64	2800	2520	280	200	168.92	84.46
Mix	0.59	2800	2700	100	200	166.73	83.36

Sumber: Diolah Peneliti, 2026

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa pada pengujian daun singkong, mesin menghasilkan efisiensi kerja tertinggi sebesar 85,08%. Selanjutnya, pengujian pada jagung menghasilkan efisiensi sebesar 84,46%, sedangkan pada singkong diperoleh efisiensi sebesar 84,17%. Sementara itu, pengujian pada bahan campuran menghasilkan efisiensi terendah, yaitu 83,37%. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin *disc mill* dan *mixer* pakan unggas *portable* telah memenuhi aspek efisiensi yang ditetapkan dan nilai efisiensinya masuk ke dalam kategori tercapai/efisien karena >80%.

d. Uji kehalusan gilingan

Pengujian kehalusan gilingan dilakukan dengan mengayak hasil gilingan pakan dengan ayakan 60 mesh. Hasil uji kehalusan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.8 Hasil Uji Kehalusan Gilingan

No	Jenis Pakan	Nilai Berat Awal Pakan (g)	Nilai Berat Akhir Pakan (g)	Persentase (%)
1	Singkong	450	350	77.78
2	Daun Singkong	50	38	76.00

No	Jenis Pakan	Nilai Berat Awal Pakan (g)	Nilai Berat Akhir Pakan (g)	Persentase (%)
3	Jagung	500	400	80.00
4	Mix	1000	930	93.00

Sumber: Diolah Peneliti, 2026

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa bahan *mix* menghasilkan persentase kehalusan tertinggi, yaitu 93,00%, diikuti oleh jagung sebesar 80,00%, singkong sebesar 77,78%, dan daun singkong sebesar 76,00%. Dengan data ini, maka dapat dikatakan jika kehalusan pakan yang dihasilkan mesin *disc mill* dan *mixer* berada pada kategori baik karena berada pada rentang $\geq 70\%$.

e. Uji homogenitas

Hasil uji homogenitas pakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.9 Hasil Uji Homogenitas

No	Jenis Pakan	Homogenitas (%)
1	Singkong	77.78
2	Daun Singkong	76.00
3	Jagung	80.00
4	Mix	93.00

Sumber: Diolah Peneliti, 2026

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa nilai homogenitas tertinggi diperoleh pada bahan *mix* sebesar 93,00%, diikuti oleh jagung sebesar 80,00%, singkong 77,78%, dan daun singkong 76,00%. Dengan data ini, maka homogenitas pakan berada pada kategori cukup karena berada pada rentang 71%-89%.

f. Ekonomis

Hasil pengujian nilai ekonomis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 5.10 Nilai Ekonomis Mesin *Disc Mill* dan *Mixer Portable*

Material Bahan dan Alat	Harga
Ember 30 kg	Rp15,000
Pisau potong	Rp125,000
Besi siku 4x4 cm (3 meter)	Rp125,000
Kawat las (1 bungkus)	Rp80,000
Tiner (1 kaleng)	Rp15,000
Cat	Rp25,000
Motor penggerak	Rp550,000
Total	Rp935,000

Sumber: Diolah Peneliti, 2026

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa total biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan mesin *disc mill* dan *mixer portable* adalah sebesar Rp935.000. Biaya tersebut terdiri atas pembelian bahan dan komponen utama, seperti ember berkapasitas, pisau potong, besi siku, kawat las, thinner, cat, dan motor penggerak. Sementara itu, beberapa alat kerja seperti gerinda potong, las SMAW, *vernier caliper*, *measuring tape*, mistar baja, dan kunci T tidak menambah biaya produksi karena telah tersedia sebelumnya, sehingga nilainya dicatat sebesar Rp0. Mengacu pada kriteria nilai ekonomis, maka mesin *disc mill* dan *mixer portable* yang dirancang dalam penelitian ini termasuk dalam kategori ekonomis. Hal ini karena total biaya pembuatannya hanya sebesar Rp935.000, jauh di bawah batas Rp3.000.000 yang ditetapkan sebagai kategori ekonomis.

g. Fungsional

Uji fungsionalitas dilakukan dengan melakukan penimbangan mesin pada timbangan berkapasitas 10 kg. Hasil penimbangan menunjukkan bahwa mesin *disc mill* dan *mixer portable* yang dirancang dalam penelitian ini memiliki berat 8,025 kg. Nilai ini berdasarkan nilai fungsionalitas masuk dalam kategori *portable* karena berada pada rentang ≤ 50 kg.

5.1.8. Pencapaian Mesin

Setelah dilakukan proses perhitungan target desain dan pengujian secara aktual, diketahui beberapa parameter desain yang diperlukan untuk mencapai target kinerja mesin. Untuk mendapatkan kapasitas produksi 10–20 kg/jam, maka diperlukan volume wadah sebesar 0,02826 m³ atau 28,26 liter, dengan volume kerja efektif sebesar 0,01978 m³ atau 19,78 liter. Volume kerja tersebut diperoleh dengan menggunakan rasio pengisian sebesar 70%, sehingga kapasitas bahan efektif yang dapat ditampung dalam satu siklus pengoperasian adalah sebesar 10,88 kg.

Untuk mendapatkan efisiensi kerja sebesar >80%, maka diperlukan sistem penggerak dengan daya motor sebesar 200,2 Watt dan kecepatan nominal motor sebesar 2.800 rpm. Di samping, ditopang dengan torsi motor yang dihasilkan sebesar 0,682 Nm dengan kecepatan sudut sebesar 293,33 rad/s. Kemudian, untuk mendapatkan proses penggilingan yang sesuai dengan target kehalusan, maka diperlukan diameter lintasan pisau sebesar 28 cm, yang diperoleh dari diameter

ember sebesar 30 cm dengan clearance 1 cm pada masing-masing sisi, panjang pisau 14 cm, sedangkan lebar pisau sebesar 3,6 cm dan tinggi posisi pisau dari dasar ember sebesar 4,8 cm.

Lebih lanjut, untuk mendapatkan kemampuan penggilingan yang mendukung target kehalusan bahan, maka diperlukan kecepatan keliling *disc mill* sebesar 41,03 m/s. Dengan demikian, diketahui bahwa target desain dan hasil kinerja mesin secara aktual menunjukkan kesesuaian dalam mencapai spesifikasi yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa rancangan mesin *disc mill* dan *mixer* penggiling pakan unggas *portable* telah memenuhi parameter desain yang diperlukan dan mampu mendukung pencapaian kinerja mesin sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan.

5.2 Pembahasan

5.2.1. Rancangan Mesin *Disc Mill* dan *Mixer* Penggiling Pakan Unggas *Portable*

Rancangan mesin *disc mill* dan *mixer* penggiling pakan unggas *portable* pada penelitian ini dikembangkan dengan tujuan mengintegrasikan dua proses utama dalam pengolahan pakan unggas, yaitu proses penggilingan bahan baku dan proses pencampuran pakan ke dalam satu unit mesin. Konsep tersebut disusun berdasarkan hasil analisis kebutuhan peternak unggas skala kecil hingga menengah yang umumnya masih menggunakan dua mesin terpisah dalam proses produksi pakan. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengolahan menjadi lebih panjang karena hasil penggilingan harus dipindahkan secara manual ke mesin pencampur. Selain membutuhkan waktu dan tenaga kerja yang lebih besar, proses tersebut juga meningkatkan potensi kehilangan bahan (*material loss*) selama proses pemindahan.

Secara konstruksi, mesin yang dirancang dengan tiga komponen utama, yaitu rangka, ruang pencampuran, dan sistem penghancur. Rangka menggunakan besi siku berukuran $40 \times 40 \times 3$ mm. Pemilihan besi siku didasarkan pada pertimbangan kekuatan mekanik, kemudahan proses fabrikasi, serta efisiensi biaya. Dari sisi mekanika, konfigurasi rangka berbentuk kubus memberikan distribusi beban yang relatif merata pada setiap kaki penyangga sehingga mampu mengurangi konsentrasi tegangan pada titik tertentu. Kondisi ini penting karena selama mesin beroperasi

rangka tidak hanya menerima beban statis dari berat komponen, tetapi juga menerima beban dinamis akibat putaran motor dan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh pisau penggiling.

Kemudian, dimensi mesin didesain relatif sederhana dengan bobot sekitar 8,025 kg memungkinkan mesin dipindahkan secara mudah. Ukuran tersebut jauh lebih kecil dibandingkan sebagian besar mesin pengolah pakan yang umumnya memiliki dimensi besar dan bersifat permanen sehingga memerlukan ruang operasi yang luas. Hasil ini menunjukkan bahwa rancangan penelitian berhasil menjawab *research gap* yang telah diidentifikasi, yaitu belum adanya mesin yang mengintegrasikan fungsi *disc mill* dan *mixer* sekaligus. Dengan demikian, rancangan mesin tidak hanya berorientasi pada peningkatan performa teknis, tetapi juga pada kemudahan penggunaan oleh peternak skala kecil yang memiliki keterbatasan ruang, modal, dan mobilitas peralatan.

Pemilihan motor listrik berdaya 200 Watt dengan putaran 2.800 rpm juga menjadi bagian penting dalam konsep perancangan mesin. Motor tersebut dipilih karena mampu menghasilkan putaran tinggi. Sebab, dari hasil analisis desain diketahui bahwa motor menghasilkan kecepatan sudut sebesar 293,33 rad/s dengan torsi sekitar 0,682 Nm. Penggunaan motor listrik satu fasa pun memberikan keuntungan praktis karena dapat dioperasikan menggunakan instalasi listrik rumah tangga tanpa memerlukan penambahan kapasitas daya listrik. Selain itu, hal ini juga penting karena dalam konteks ini perlu pemilihan sistem penggerak harus mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan daya, kecepatan putar, serta efisiensi energi agar performa mesin dapat dicapai secara optimal.

Lebih lanjut, pisau *disc mill* yang dirancang menggunakan empat bilah berbentuk melengkung dan disusun simetris terhadap pusat putaran. Bentuk melengkung dipilih karena mampu menghasilkan kombinasi gaya radial dan gaya tangensial yang mendorong material berputar sekaligus berpindah menuju daerah penghancuran. Akibatnya, frekuensi tumbukan antara bahan dengan pisau maupun antarpartikel menjadi lebih tinggi sehingga proses pengecilan ukuran berlangsung lebih efektif. Selain itu, distribusi empat bilah pada sudut 90° menghasilkan keseimbangan dinamis (*dynamic balancing*) yang baik sehingga getaran mesin

selama operasi dapat ditekan. Kondisi tersebut sangat penting karena getaran yang rendah akan meningkatkan kestabilan putaran serta mengurangi beban pada bantalan (*bearing*).

Ruang pencampuran dirancang menggunakan wadah berbentuk silinder menyerupai kerucut terpancung dengan diameter atas 280 mm, diameter bawah sekitar 260 mm, tinggi 400 mm, serta *clearance* antara ujung pisau dan dinding wadah sebesar 10 mm. Bentuk tersebut dipilih untuk menghasilkan pola aliran material yang lebih baik selama proses pencampuran berlangsung. Dinding silinder yang melengkung mampu meminimalkan terbentuknya *dead zone*, sedangkan bagian bawah yang sedikit menyempit membantu mengarahkan material kembali menuju pusat putaran pisau. Desain ini sejalan dengan teori desain *mixer* yang menyatakan bahwa geometri wadah dan pola aliran material merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan proses pencampuran dan homogenitas campuran.

5.2.2. Kapasitas Produksi Mesin *Disc Mill* dan *Mixer* Penggiling Pakan Unggas *Portable* Yang Dirancang

Kapasitas produksi merupakan salah satu parameter utama dalam menilai keberhasilan suatu rancangan mesin karena menunjukkan kemampuan mesin dalam menghasilkan produk dalam satuan waktu tertentu. Pada penelitian ini, mesin *disc mill* dan *mixer* penggiling pakan unggas *portable* dirancang dengan target kapasitas produksi minimal 10 kg/jam. Penetapan kapasitas tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa peternak skala rumah tangga umumnya tidak memerlukan mesin berkapasitas besar seperti industri pakan, tetapi membutuhkan mesin yang mampu menghasilkan pakan secara cepat, efisien, dan ekonomis.

Kemudian, hasil perhitungan menunjukkan bahwa wadah pencampuran memiliki volume total sebesar 0,02826 m³ atau sekitar 28,26 liter, sedangkan volume kerja efektifnya sebesar 0,01978 m³ dengan *filling ratio* sebesar 70%. Penggunaan *filling ratio* 70% merupakan salah satu prinsip penting dalam perancangan mesin pencampur karena menyediakan ruang kosong yang cukup bagi material untuk bergerak selama proses pengadukan berlangsung. Apabila wadah diisi hingga penuh, pergerakan partikel akan menjadi terbatas sehingga proses

pencampuran tidak berlangsung secara optimal. Sebaliknya, apabila pengisian terlalu sedikit maka kapasitas produksi menjadi rendah dan energi yang digunakan tidak termanfaatkan secara maksimal.

Berdasarkan volume kerja efektif tersebut dan massa jenis curah pakan sebesar 550 kg/m^3 , diperoleh kapasitas bahan efektif dalam wadah sebesar 10,88 kg setiap siklus. Secara teoritis, kapasitas tersebut menunjukkan kemampuan maksimum ruang pencampuran dalam menampung material tanpa melampaui batas volume kerja yang telah dirancang. Oleh karenanya, untuk mencapai target produksi minimal 10 kg/jam dengan rata-rata waktu proses 102 detik, massa bahan yang perlu diproses setiap siklus hanya sekitar 0,28 kg. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas geometris wadah yang dirancang jauh lebih besar dibandingkan kebutuhan minimum produksi. Kondisi tersebut memberikan keuntungan jumlah bahan yang diproses dapat sesuai kebutuhan.

Kapasitas produksi mesin tidak hanya dipengaruhi oleh ukuran wadah, tetapi juga sangat ditentukan oleh performa sistem penggerak. Desain mesin pada penelitian ini menggunakan motor listrik berdaya 200 Watt dengan kecepatan putar 2.800 rpm, kecepatan sudut 293,33 rad/s dan torsi 0,682 Nm. Kombinasi tersebut dinilai cukup untuk menghasilkan putaran pisau yang stabil sehingga proses penghancuran bahan berlangsung secara kontinu sebelum material mengalami pencampuran. Putaran motor yang tinggi ini memungkinkan frekuensi tumbukan antara pisau dan bahan meningkat sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ukuran partikel yang diinginkan menjadi lebih singkat.

Kapasitas produksi yang dirancang juga dipengaruhi oleh konfigurasi pisau dan geometri ruang pencampuran. Pisau dengan diameter lintasan 28 cm, panjang 14 cm, lebar 3,6 cm, serta posisi 4,8 cm dari dasar wadah memungkinkan seluruh bahan berada dalam daerah kerja pisau selama proses berlangsung. Selain menghasilkan proses penghancuran, konfigurasi tersebut juga menciptakan pola aliran material yang terus bersirkulasi sehingga bahan yang telah tergiling akan kembali bercampur dengan bahan lainnya secara berulang. Akibatnya, tidak hanya kapasitas produksi yang dapat dipertahankan, tetapi kualitas hasil pencampuran juga meningkat.

5.2.3. Tingkat Konsumsi Energi Mesin *Disc Mill* dan *Mixer* Penggiling Pakan Unggas *Portable* Yang Dirancang

Konsumsi energi merupakan salah satu indikator penting dalam mengevaluasi kinerja suatu mesin karena berkaitan langsung dengan efisiensi operasional dan biaya penggunaan selama mesin dioperasikan. Pada mesin pengolah pakan unggas, penggunaan energi yang efisien menjadi aspek yang sangat penting mengingat sebagian besar pengguna mesin berasal dari peternak skala kecil hingga menengah yang memiliki keterbatasan biaya operasional. Oleh karena itu, pada penelitian ini mesin *disc mill* dan *mixer* penggiling pakan unggas *portable* dirancang dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan daya untuk menghasilkan proses penggilingan dan pencampuran yang optimal serta konsumsi energi yang tetap rendah.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, mesin ditargetkan memiliki konsumsi daya kurang dari 750 Watt, sedangkan hasil perancangan menunjukkan bahwa motor listrik yang digunakan hanya memiliki daya sebesar 200 Watt. Nilai tersebut menunjukkan jika kebutuhan daya mesin masih jauh berada di bawah batas maksimum yang telah ditetapkan, sehingga mesin memiliki potensi untuk dioperasikan secara lebih hemat tanpa mengurangi fungsi utamanya. Hasil perhitungan memperlihatkan pula bahwa motor listrik yang digunakan bekerja pada tegangan 220 Volt dengan arus sekitar 0,91 Ampere, sehingga menghasilkan daya listrik aktual sebesar 200,2 Watt.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa spesifikasi motor yang dipilih telah sesuai dengan kebutuhan perancangan karena daya aktual hampir sama dengan daya nominal motor, sehingga tidak terjadi pembebanan berlebih (*overloading*) selama proses operasi. Selain itu, pemilihan motor penggerak harus didasarkan pada kebutuhan daya aktual mesin, sehingga motor mampu bekerja pada kondisi operasi yang optimal, memiliki efisiensi yang tinggi, serta menghindari terjadinya pembebanan berlebih yang dapat mempercepat kerusakan komponen. Oleh karena itu, penggunaan motor listrik berdaya 200 Watt telah memenuhi kebutuhan operasional sekaligus mendukung efisiensi penggunaan energi.

Selain daya listrik, efisiensi penggunaan energi juga ditinjau dari besarnya konsumsi energi selama mesin dioperasikan. Berdasarkan hasil perhitungan, mesin memiliki konsumsi energi sebesar 0,72 Wh/kg untuk daun singkong, sementara itu, konsumsi energi tertinggi terdapat pada proses pencampuran (*mix*), yaitu sebesar 16,67 Wh/kg, singkong membutuhkan energi sebesar 4,17 Wh/kg, sedangkan jagung sebesar 5,22 Wh/kg. Nilai tersebut tergolong rendah apabila dibandingkan dengan mesin pengolah pakan berkapasitas lebih besar yang umumnya menggunakan motor berkisar antara 0,5 hingga 2 HP dengan konsumsi energi yang jauh lebih tinggi. Rendahnya konsumsi energi ini dipengaruhi oleh penggunaan motor listrik berdaya 200 Watt yang dipadukan dengan waktu proses yang relatif singkat, yaitu rata-rata 102 detik setiap siklus.

Efisiensi konsumsi energi pada mesin ini dipengaruhi pula oleh rancangan sistem mekanis yang terintegrasi. Berbeda dengan penggunaan mesin penggiling dan mesin pencampur secara terpisah, rancangan pada penelitian ini menggabungkan kedua proses tersebut ke dalam satu unit mesin. Integrasi tersebut menyebabkan bahan hasil penggilingan tidak perlu dipindahkan secara manual menuju mesin pencampur sehingga waktu kerja menjadi lebih singkat dan energi yang digunakan selama proses produksi dapat ditekan. Selain menghemat waktu, penggunaan satu motor listrik untuk menjalankan dua fungsi utama juga mengurangi kebutuhan konsumsi energi dibandingkan apabila kedua proses dilakukan menggunakan dua mesin yang masing-masing memiliki motor penggerak tersendiri.

5.2.4. Tingkat Kehalusan Hasil Penggilingan Serta Homogenitas Pakan Yang Dihasilkan Oleh Mesin *Disc Mill* dan *Mixer* Penggiling Pakan Unggas *Portable*

Tingkat kehalusan hasil penggilingan dan homogenitas pakan merupakan dua parameter kualitas yang saling berkaitan dalam proses pembuatan pakan unggas. Kehalusan hasil penggilingan menentukan ukuran partikel bahan penyusun pakan, sedangkan homogenitas menunjukkan tingkat keseragaman pencampuran seluruh bahan sehingga setiap bagian pakan memiliki komposisi nutrisi yang relatif sama. Kedua parameter tersebut berpengaruh terhadap kualitas pakan yang dihasilkan

karena ukuran partikel yang seragam akan mempermudah proses pencampuran, sedangkan campuran yang homogen akan menjamin distribusi nutrisi yang lebih merata pada setiap bagian pakan.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, mesin ditargetkan mampu menghasilkan kehalusan minimal 70% lolos ayakan 60 mesh serta homogenitas campuran minimal 70%. Tingkat kehalusan hasil penggilingan ini dipengaruhi oleh kombinasi antara kecepatan putar motor, dimensi pisau, serta kecepatan keliling (*peripheral speed*) *disc mill*. Mengenai hal ini, hasil perhitungan menunjukkan bahwa kecepatan keliling *disc mill* mencapai 41,03 m/s, yang merupakan kecepatan linier ujung pisau saat berputar. Kecepatan tersebut menghasilkan energi tumbukan (*impact*) dan gaya geser (*shearing*) yang cukup besar sehingga material pakan mengalami proses penghancuran secara bertahap hingga mencapai ukuran partikel yang lebih halus.

Selain dipengaruhi oleh kecepatan putar, kehalusan hasil penggilingan juga ditentukan oleh desain geometris pisau. Berdasarkan hasil perancangan, pisau memiliki diameter lintasan 28 cm, panjang 14 cm, lebar 3,6 cm, dan dipasang pada ketinggian 4,8 cm dari dasar wadah dengan *clearance* sebesar 1 cm terhadap dinding wadah. Konfigurasi tersebut dirancang agar seluruh material tetap berada dalam daerah kerja pisau selama proses penggilingan berlangsung. Jarak bebas sebesar 1 cm dipilih karena mampu menjaga keseimbangan antara efektivitas penghancuran dan keamanan operasi. Apabila jarak antara ujung pisau dan dinding wadah terlalu kecil, resiko terjadinya gesekan antar komponen akan meningkat sehingga dapat mempercepat keausan pisau dan meningkatkan beban motor.

Di samping kehalusan hasil gilingan, kualitas pakan juga sangat dipengaruhi oleh tingkat homogenitas campuran. Homogenitas menunjukkan bahwa seluruh bahan penyusun pakan, seperti jagung, dedak, konsentrat, maupun bahan tambahan lainnya, telah tercampur secara merata sehingga kandungan nutrisi pada setiap bagian campuran relatif sama. Dalam perancangan ini, homogenitas dicapai melalui kombinasi antara bentuk wadah, konfigurasi pisau, serta pola aliran material yang terbentuk selama proses pengadukan. Wadah berbentuk silinder dengan bagian bawah yang sedikit menyempit (*tapered cylinder*) dirancang untuk mengurangi

terbentuknya *dead zone* sehingga material dapat terus bersirkulasi menuju pusat putaran pisau.

Keberhasilan proses pencampuran juga didukung oleh penggunaan *filling ratio* sebesar 70%. Rasio pengisian tersebut memberikan ruang kosong yang cukup bagi material untuk bergerak bebas selama proses pencampuran berlangsung. Apabila volume bahan terlalu banyak, ruang gerak partikel menjadi terbatas sehingga proses pencampuran kurang efektif dan homogenitas sulit dicapai. Oleh karena itu, penggunaan *filling ratio* 70% memberikan kondisi kerja yang seimbang antara kapasitas wadah dan efektivitas pencampuran.

5.2.5. Tingkat Portabilitas Serta Nilai Ekonomis Mesin *Disc Mill* dan *Mixer* Penggiling Pakan Unggas *Portable* Yang Dirancang

Tingkat portabilitas dan nilai ekonomis merupakan dua aspek penting yang menentukan kelayakan penerapan suatu mesin, khususnya bagi peternak unggas skala kecil hingga menengah. Selain mampu menghasilkan pakan dengan kapasitas dan kualitas yang baik, mesin juga harus mudah dipindahkan, mudah dioperasikan, serta memiliki biaya pembuatan dan operasional yang terjangkau. Oleh karena itu, pada penelitian ini konsep perancangan mesin tidak hanya berorientasi pada peningkatan kinerja teknis, tetapi juga mempertimbangkan kemudahan penggunaan serta efisiensi biaya. Pendekatan tersebut dilakukan karena sebagian besar peternak skala kecil memiliki keterbatasan modal, ruang kerja, dan akses terhadap peralatan produksi yang berkapasitas besar.

Dari aspek portabilitas, mesin yang dirancang memiliki dimensi $30 \times 30 \times 40$ cm dengan berat keseluruhan sekitar 8,025 kg. Dimensi tersebut tergolong relatif ringkas apabila dibandingkan dengan mesin pengolah pakan konvensional yang umumnya memiliki ukuran lebih besar dan dipasang secara permanen. Ukuran yang ringkas memungkinkan mesin dipindahkan secara langsung. Selain itu, penggunaan motor listrik satu fasa berdaya 200 Watt dengan sumber listrik 220 Volt memungkinkan mesin dioperasikan menggunakan instalasi listrik rumah tangga tanpa memerlukan jaringan listrik berdaya besar. Karakteristik tersebut memberikan keuntungan bagi peternak yang berada di daerah pedesaan maupun peternakan skala rumahan karena mesin dapat digunakan di berbagai.

Portabilitas mesin juga didukung oleh desain rangka yang menggunakan besi siku berukuran $40 \times 40 \times 3$ mm. Material tersebut dipilih karena memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang seluruh komponen mesin, namun tetap menghasilkan konstruksi yang relatif ringan. Selain mampu menahan beban statis, rangka dirancang memiliki kekakuan yang memadai untuk meredam getaran yang timbul akibat putaran pisau selama proses penggilingan. Kekakuan struktur tersebut penting untuk menjaga kestabilan posisi poros serta mengurangi kemungkinan terjadinya ketidaksejajaran (*misalignment*).

Selain portabilitas, aspek nilai ekonomis menjadi pertimbangan utama dalam pengembangan mesin. Berdasarkan hasil analisis biaya, total biaya yang diperlukan untuk pembuatan mesin *disc mill* dan *mixer* penggiling pakan unggas portable adalah sebesar Rp935.000. Biaya tersebut meliputi pembelian komponen utama seperti motor listrik, pisau, besi siku, ember, kawat las, cat, dan bahan pendukung lainnya. Dari seluruh komponen tersebut, motor listrik menjadi komponen dengan biaya terbesar, yaitu sebesar Rp550.000, atau lebih dari separuh total biaya pembuatan mesin. Sementara itu, komponen lainnya seperti pisau potong dan besi siku masing-masing memberikan kontribusi sebesar Rp125.000, sedangkan biaya untuk ember, cat, *thinner*, dan kawat las relatif lebih kecil.