

ANALISA KELAYAKAN TEKNIS DAN UJI KINERJA MESIN PENGUPAS EMPON-EMPON HASIL PKMT UNESA TAHUN 2019

Arifani Catri Mutia

S1 Pendidikan Teknik Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : arifanimutia16050524045@mhs.unesa.ac.id

Dr. Soeryanto, M.Pd.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: soeryanto@unesa.ac.id

Abstrak

Salah satu UKM yang memproduksi jamu di Indonesia dan terletak di Surabaya adalah UKM Jamu Bu Puji yang sudah berdiri sejak tahun 2010. Proses produksi jamu bu puji ini dimulai dari persiapan dan pengupasan bahan baku, lalu pencucian, pengolahan menjadi jamu, dan pengemasan dengan waktu yang diperlukan kurang lebih 6 jam setiap harinya. Pertama, bahan baku jamu seperti kunyit dan kunir di kupas yang membutuhkan waktu 2.5 jam untuk mengupas 5kg bahan baku karena masih menggunakan cara konvensional dengan pisau serta bentuknya yang tidak beraturan. Karena proses pengupasan empon-empon bahan baku jamu di UKM Jamu Bu Puji masih secara manual dan cukup memakan waktu yang lama. Maka tim PKM-T UNESA pada tahun 2019 telah merancang bangun mesin pengupas empon-empon.

Mesin pengupas empon-empon yang telah dibuat perlu dilakukan analisa kelayakan teknis dan uji kinerja supaya diketahui tentang kelayakan secara teknis dan performa optimal Mesin pengupas empon-empon yang telah dirancang bangun.

Analisa kelayakan teknis mesin yang dilakukan pada penelitian ini meliputi : Kapasitas teoritis, kebutuhan daya penggerak, analisis unit transmisi, dan analisis poros. Uji Kinerja mesin meliputi : kapasitas aktual, efisiensi mesin, dan kebutuhan daya aktual

Hasil dari penelitian yaitu menunjukkan bahwa mesin pengupas empon-empon secara teknis telah memenuhi perhitungan teoritis mesin, dan memiliki performa kinerja yang baik yakni dapat melakukan proses pengupasan 2x lebih baik produktivitasnya dibanding dengan manual, memiliki kebutuhan daya yang sesuai dengan daya rumahan milik UKM.

Kata kunci: mesin pengupas, empon-empon, analisa kelayakan teknis, uji kinerja.

Abstract

One of the SMEs that produce jamu in Indonesia and is located in Surabaya is the Jamu Bu Puji SME which has been established since 2010. The process of producing this herbal medicine starts from the preparation and stripping of raw materials, then washing, processing into jamu, and packaging with time. it takes approximately 6 hours every day. First, the raw materials of herbal medicine such as turmeric and turmeric are peeled which takes 2.5 hours to peel 5kg of raw materials because they still use conventional methods with a knife and irregular shape. Because the process of stripping the empon-empon of raw materials for herbal medicine in UKM Jamu Bu Puji is still manually and it takes a long time. So the UNESA PKM-T team in 2019 had designed the empon-empon peeling machine.

The empon-empon peeling machine that has been made needs to be analyzed by technical feasibility and performance testing so that it is known about the technical feasibility and optimal performance of the empon-empon peeling machine that has been designed and built.

The technical feasibility analysis of the machine carried out in this study includes: Theoretical capacity, drive power requirements, transmission unit analysis, and shaft analysis. Engine performance tests include: actual capacity, engine efficiency, and actual power requirements

The results of the study are showing that the empon-empon peeling machine technically meets the theoretical calculations of the engine, and has good performance that is able to do the stripping process 2x better productivity than the manual, has the power requirements in accordance with the home-owned power of SMEs.

Keyword : peeling machines, herbal ingredients, technical feasibility analysis, performance testing.

PENDAHULUAN

Jamu adalah sebutan untuk obat tradisional dari Indonesia, belakangan populer dengan nama herbal. Jamu (herbal medicine) sebagai salah satu bentuk pengobatan tradisional yang memegang peranan penting dalam pengobatan penduduk di negara berkembang termasuk Indonesia. Jamu yang di produksi di UKM Indonesia bermacam-macam seperti Beras Kencur, Kunyit Asam, dan Sinom dengan Bahan Baku jahe, kunir, kunyit, asam jawa, sirih, dan temulawak.

Hasil penelitian WHO yang dirilis Maret 2018 menunjukkan bahwa tingkat ketergantungan penduduk Indonesia akan jamu tradisional mencapai 80% dari total penduduk. Hasil penelitian WHO tersebut dapat dipahami karena jamu dipandang tidak beracun serta khasiatnya telah terbukti dan teruji oleh waktu dengan bukti empiris pada manusia selama ribuan tahun. Sesuai data Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) per Maret 2018, terdapat sekitar 1459 pengusaha jamu dari jumlah tersebut 1118 terklasifikasi sebagai usaha kecil dan menengah. (SWA, 2018).

Salah satu UKM yang memproduksi jamu di Indonesia dan terletak di Surabaya adalah UKM Jamu Bu Puji yang sudah berdiri sejak tahun 2010. Proses produksi jamu bu puji ini dimulai dari persiapan dan pengupasan bahan baku, lalu pencucian, pengolahan menjadi jamu, dan pengemasan dengan waktu yang diperlukan kurang lebih 6 jam setiap harinya. Pertama, bahan baku jamu seperti kunyit dan kunir di kupas yang membutuhkan waktu 2.5 jam untuk mengupas 5kg bahan baku karena masih menggunakan cara konvensional dengan pisau serta bentuknya yang tidak beraturan.

Setelah bahan baku dikupas, lalu dicuci dengan air mengalir supaya bahan baku lebih bersih. Selanjutnya, bahan baku diolah menjadi jamu seperti diblender, dimasak dengan panci, dan ditambahi beberapa bahan sesuai jenis jamunya lalu diaduk. Lama waktu dari mencuci bahan baku hingga jadi jamu yakni 2 jam setiap harinya. Setelah jamu masak, jamu didinginkan kurang lebih satu jam. Apabila jamu sudah dingin, jamu sudah siap untuk dikemas dengan cara memasukkan cairan jamu ke dalam botol plastik dengan ukuran yang telah disediakan lalu Jamu Bu Puji Siap di pasarkan. Karena proses pengupasan empon-empon bahan baku jamu di UKM Jamu Bu Puji masih secara manual dan cukup memakan waktu yang lama. Maka tim PKM-T UNESA pada tahun 2019 telah merancang bangun mesin pengupas empon-empon.

Mesin pengupas empon-empon yang telah dibuat perlu dilakukan analisa kelayakan teknis dan uji kinerja supaya diketahui tentang kelayakan secara teknis dan performa optimal Mesin pengupas empon-empon yang telah dirancang bangun. Pada penelitian ini diharapkan akan menghasilkan data spesifikasi kelayakan teknis dan uji

kinerja mesin agar dapat menentukan produktivitas mesin yang optimal.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan diatas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana analisis teknik mesin pengupas empon-empon yang meliputi : Kapasitas teoritis, kebutuhan daya penggerak, analisis unit transmisi, dan analisis poros?
- Bagaimana uji kinerja mesin pengupas empon-empon yang meliputi : kapasitas aktual, efisiensi mesin, dan kebutuhan daya aktual?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dikemukakan di atas, adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan analisis teknik mesin pengupas empon-empon yang meliputi : Kapasitas teoritis, kebutuhan daya penggerak, analisis unit transmisi, dan analisis poros
- Melakukan uji kinerja mesin pengupas empon-empon yang meliputi : kapasitas aktual, efisiensi mesin, dan kebutuhan daya aktual

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan mempunyai nilai guna bagi peneliti dan pembaca pada umumnya, yaitu :

Bagi Penulis

- Mendapatkan pengalaman dalam menganalisis kelayakan teknis dan uji kinerja pada Mesin Pengupas Empon-empon Bahan Baku Jamu..
- Mengimplementasikan ilmu yang didapat di perkuliahan dengan melakukan analisis kelayakan teknis dan uji kinerja pada Mesin Pengupas Empon-empon Bahan Baku Jamu yang telah dibuat.

Bagi Perguruan Tinggi

- Sebagai referensi penelitian bagi mahasiswa aktif yang berkenaan dengan analisis kelayakan teknis dan uji kinerja pada Mesin Pengupas Empon-empon Bahan Baku Jamu.
- Menambah cakrawala ilmu pengetahuan dan perbendaharaan kepustakaan serta sebagai salah satu perwujudan Tri Dharma Perguruan Tinggi.
- Diharapkan hasil penelitian yang diperoleh ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian yang serupa.

Bagi Mahasiswa

- Meningkatkan pengetahuan mahasiswa mengenai penerapan analisis kelayakan teknis dan uji kinerja pada suatu mesin tepat guna untuk mengetahui produktivitas dan performa optimal mesin tersebut.

METODE

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental desain, yaitu melakukan pengukuran, pengamatan, dan perhitungan terhadap spesifikasi teknis dari mesin, kemudian menganalisis data tersebut sehingga memperoleh gambaran mengenai kinerja mesin pengupas empon-empon bahan baku jamu yang pada akhirnya dapat memberikan gambaran tentang kelayakan mesin. (Sugiyono, 2012)

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2019/2020 bertempat di Bengkel Tepat Guna Kletek Sidoarjo.

Rancangan penelitian

• Rencana penelitian

Adapun tahap penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap yaitu Analisis teknik dan Uji Kinerja Mesin, dengan rancangan seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 1 Alur Analisis Teknik Mesin Pengupas Empon-empon Bahan Baku Jamu

• Penyiapan alat ukur dan alat uji

Alat ukur dan Alat uji yang digunakan berfungsi untuk mengetahui ukuran dimensi-dimensi aktual komponen mesin, dan spesifikasi aktual mesin

• Pengukuran Dimensi Komponen mesin

Pengukuran dimensi komponen-komponen mesin dilakukan agar dapat diketahui data aktual spesifikasi komponen mesin yang terpasang sebagai bahan dalam melakukan perhitungan analisis teknik

• Perhitungan Analisis Teknik

Setelah mendapatkan dimensi komponen-komponen mesin, kemudian dilakukan perhitungan analisis teknik untuk mendapatkan perhitungan teknis secara teoritis dari mesin pengupas empon-empon, adapun perhitungan analisis teknik meliputi :

- 1) Kapasitas teoritis
- 2) Kebutuhan daya penggerak
- 3) Analisis unit transmisi
- 4) Analisis poros

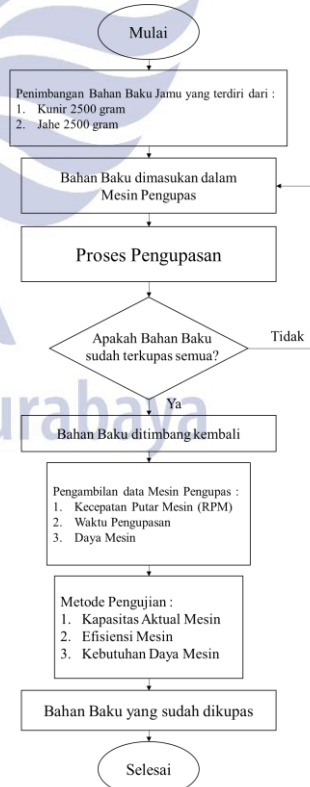
• Evaluasi Analisis Teknik

Hasil dari perhitungan analisis teknik mesin pengupas empon-empon kemudian dibandingkan dengan spesifikasi aktual mesin pengupas empon-empon, jika didapat bahwa spesifikasi aktual tidak memenuhi hasil perhitungan teoritis maka dilakukan modifikasi dan dihitung kembali sebagai bahan pertimbangan perbaikan mesin, namun jika spesifikasi aktual memenuhi hasil perhitungan teoritis maka mesin pengupas empon-empon yang telah dirancang bangun dinyatakan layak secara teknis.

• Spesifikasi Komponen mesin

Setelah melakukan perbandingan antara spesifikasi aktual mesin dengan hasil perhitungan teoritis maka dapat dikeluarkan spesifikasi teknis dari komponen mesin pengupas empon-empon bahan baku jamu

• Uji Kinerja Mesin Pengupas Empon-empon



Gambar 2. Alur Uji Kinerja Mesin Pengupas Empon-empon Bahan Baku Jamu

Teknik Analisis Data

Perhitungan data dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- Perhitungan kapasitas tampung teoritis (kt)

Kapasitas Tampung Teoritis (Kt)

$$K_t = \frac{1}{2} (V \cdot \text{tabung}) (\rho_j)$$

$$K_t = \frac{1}{2} \pi ((D/2)^2 (t)) (\rho_j)$$

Dimana,

Kt = Kapasitas Tampung Teoritis

ρ_j = masa jenis jahe

- Perhitungan kebutuhan daya penggerak

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T \cdot 1}{60} \dots \dots \dots (\text{Mott, 1985})$$

Dimana,

P = Daya yang dibutuhkan motor listrik (W)

n = Kecepatan Putar (rpm)

T = Torsi (N.m)

- Perhitungan analisis unit transmisi

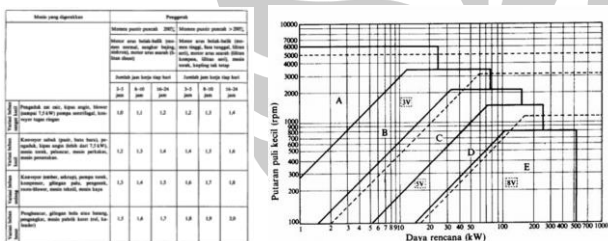
- Menghitung rasio kecepatan putar

$$r = \frac{n_{\text{motor}}}{n_{\text{rencana}}} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997})$$

- Pemilihan jenis sabuk

Memilih jenis sabuk yang digunakan berdasarkan diagram pemilihan jenis sabuk V berdasarkan daya rencana (Pd) yang sudah dikalikan faktor koreksi (fc) terhadap putaran output motor (n motor).

(Saiya, 2018)



Gambar 3. Pemilihan Jenis Sabuk

- Menghitung ukuran pulley penggerak dan digerakkan.

Dalam menghitung ukuran pulley yakni diawali dengan memilih ukuran puli penggerak yang sesuai dengan jenis sabuk menggunakan tabel yang tersedia.

Penampang	A	B	C	D	E
Diameter min. yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter min. yang dianjurkan	95	145	225	350	550

Tipe sabuk sempit	3V	5V	8V
Diameter minimum	67	180	315
Diameter minimum yang dianjurkan	100	224	360

Gambar 4. Pemilihan pulley penggerak

Kemudian Diameter puli yang digerakkan D_p dapat dihitung dengan cara

$$D_p = d_p \times r \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997})$$

- Menghitung panjang keliling sabuk

Menghitung panjang keliling sabuk, jarak antar 2 sumbu, dan memilih sabuk yang ada di pasaran berdasarkan hasil hitungan. menghitung panjang keliling sabuk (L) kita harus memperkirakan nilai jarak antar 2 sumbu (C) dengan acuan berikut: $D_p < C < 3(D_p + d_p)$

- Perhitungan analisis poros (Ibrahim, 2018)

- Menghitung torsi dari motor terpasang

$$Torsi \text{ Mesin } (T) = 9,8 \times 10^5 \times \frac{P_{\text{motor}}}{n} (\text{Mott, 1985})$$

- Reaksi gaya dan momen puntir pada poros mesin

$$\Sigma M_A = 0 \dots \dots \dots (\text{Beer, 1987})$$

$$0 = R_B \times l + F_2 \times L$$

$$R_B = \frac{F_2 \times L}{l}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_A - R_B + F_2 = 0$$

$$R_A = R_B - F_2$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{VB} - F_1 = 0$$

$$R_{VB} = F_1$$

$$M = R_B \times l$$

$$M = R_a \times L$$

- Tegangan geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997})$$

- Diameter poros

$$d_s \geq \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997})$$

$$d_s = X \text{ mm (diameter yang dipilih)}$$

- Tegangan geser maksimum yang terjadi

$$\tau_{\text{maks}} = \frac{6}{\pi \times d^3} \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2} (\text{Sularso, 1997})$$

$$\tau_{\text{maks}} \leq \tau_a = kg/mm^2$$

- Putaran kritis poros

Putaran kritis pada titik A

$$N_{CA} = K \frac{d_s^2}{l_1 \cdot l_2} \sqrt{\frac{l}{W}} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997})$$

$$N_{CA} = x1 \text{ rpm}$$

Putaran kritis pada titik B

$$N_{CB} = K \frac{d_s^2}{l_1 \cdot l_2} \sqrt{\frac{l}{W}} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997})$$

$$N_{CB} = x2 \text{ rpm}$$

Putaran kritis pada titik Nc

$$N_{CA} = x1$$

$$N_{CB} = x2$$

$$\frac{1}{N_C^2} = \frac{1}{N_{CA}^2} + \frac{1}{N_{CB}^2} \dots \dots \dots (\text{Sularso, 1997})$$

$$N_C = \text{rpm}$$

$$\frac{n}{N_C} < X$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin Pengupas Empon-Empon

Mesin pengupas empon-empon merupakan inovasi dalam aspek teknologi yang didesain khusus untuk dapat mengupas sekaligus membersihkan empon-empon semi otomatis dengan menghasilkan pengupasan yang cepat. Mesin ini dimodifikasi secara semi otomatis yang

dirancang khusus untuk mengupas empon-empon yang bentuknya tidak beraturan agar dapat terkupas mudah. Selain itu mesin ini menggunakan motor listrik hemat daya sebagai penggerak utama mesin.

Mesin Pengupas Empon-empon ini bekerja secara semi otomatis menggunakan motor listrik ¼ HP hasil dari perancangan tim dan dosen pembimbing PKMT 2019, jadi daya yang digunakan sesuai dengan daya listrik rumahan (home industri) yang berskala kecil ataupun menengah. Proses pengupasan pada mesin ini menggunakan sistem rotary yang memanfaatkan gaya centrifugal, ketika mesin dinyalakan, motor ¼ HP yang terhubung pada transmisi akan memutar piringan pengupas yang ada pada unit tabung pengupas. Cara kerja mesin ini awalnya pastikan kran buang air dan kulit pengupasan ke unit filter tertutup. Sambungkan mesin ke sumber listrik, lalu tekan tombol saklar untuk water washer supaya air mengisi tabung pengupasan. Setelah air mengisi ¼ tabung, matikan saklar air dan masukkan bahan baku jamu yang akan dikupas. Selanjutnya, atur waktu pengupasan melalui timer sesuai hasil uji coba dan lalu tekan tombol on untuk menyalakan unit produksi dan nyalakan saklar water washer kembali maka bahan baku (yang sudah dipatahkan sela-selanya) yang terdapat di dalamnya akan berputar searah jarum jam lalu menabrak dinding dan lantai panci pengupas, pada saat ini juga bahan baku saling bergesekan satu sama lain dibantu oleh air yang disemprotkan oleh water washer. Saat proses pengupasan terjadi, buka kran buang air dan kulit pengupasan ke unit filter sebesar 10' supaya kulit hasil proses pengupasan akan jatuh kebawah menuju pembuangan yang kemudian disaring oleh unit filter, dan air yang digunakan untuk proses tersebut akan disirkulasikan kembali selama proses berlangsung sampai selesai.



Gambar 5. Mesin Pengupas Empon-Empon

Mesin pengupas Empon-empon memiliki spesifikasi seperti tabel di bawah ini:

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Pengupas Empon-empon

No	Uraian	Keterangan
1	Tegangan listrik	220 Volt
2	Daya	¼ HP (185 Watt)
3	Diameter dalam tabung	34 cm = 0,34 m
4	Diameter luar tabung	35 cm = 0,35 m
5	Putaran motor	1400 rpm
6	Kapasitas Produksi	5 Kg sekali proses
7	Jumlah parutan	8 buah
8	Tinggi tabung	25 cm = 0,25 m
9	Tinggi ruang beban tabung	24 cm = 0,24 m
10	Dimensi	(100x60x100) cm
11	Mesh Filter	35 mesh (0,5 mm)

Analisis Teknik Mesin Pengupas Empon-Empon

Analisis teknik pada mesin pengupas empon-empon dilakukan untuk mengetahui kelayakan teknis dari setiap komponen mesin pengupas empon-empon. Analisis teknik yang dilakukan meliputi Kapasitas teoritis, kebutuhan daya penggerak, analisis unit transmisi, dan analisis poros.

Hasil perhitungan teknik yang telah dilakukan seperti di bawah ini:

- Perhitungan Kapasitas Tampung Teoritis (Kt)
 - a. Diketahui :
 - Tinggi ruang beban tabung (t) = 24 cm → 0,24 m
 - Diameter dalam tabung (D) = 34 cm → 0,34 m
 - Massa Jenis jahe (ρ_j) = 466,35 kg/m³
 - Massa Jenis kunir (ρ_k) = 505,21 kg/m³
 - $\pi = 3,14$
 - b. Ditanya : Kapasitas Tampung Teoritis (Kt) jahe dan kunir?
 - c. Jawab :
 - 1) Kapasitas Tampung Teoritis (Kt) jahe
 - $Kt = \frac{1}{2} (V.\text{tabung}) (\rho_j)$
 - $Kt = \frac{1}{2} \pi ((D/4)(t)) (\rho_j)$
 - $Kt = \frac{1}{2} (3,14) ((0,34\text{ m})^2/4)(0,24\text{ m}) (466,35\text{ kg/m}^3)$
 - $Kt = \frac{1}{2} (3,14) ((0,0289\text{ m}^2)(0,24\text{ m})) (466,35\text{ kg/m}^3)$
 - $Kt = 5\text{ kg}$
 - 2) Kapasitas Tampung Teoritis (Kt) kunir
 - $Kt = \frac{1}{2} (V.\text{tabung}) (\rho_k)$
 - $Kt = \frac{1}{2} \pi ((D/4)(t)) (\rho_k)$
 - $Kt = \frac{1}{2} (3,14) ((0,34\text{ m})^2/4)(0,24\text{ m}) (505,21\text{ kg/m}^3)$
 - $Kt = \frac{1}{2} (3,14) ((0,0289\text{ m}^2)(0,24\text{ m})) (505,21\text{ kg/m}^3)$
 - $Kt = 5,5\text{ kg}$
 - Perhitungan Kebutuhan Daya Penggerak (P)
 - a. Diketahui :
 - Massa beban per 1kg (m) = 870 gr → 0,87 kg
 - Percepatan Gravitasi (a) = $\frac{9,8\text{ m}}{\text{s}^2}$
 - Gaya(F) = m.a → $F = 0,87\text{ kg} (\frac{9,8\text{ m}}{\text{s}^2}) = 8,526\text{ N}$
 - Gaya 5 kg (F₁) = 5F → $F_1 = 5 (8,526\text{ N}) = 42,63\text{ N}$
 - Gaya 5,5 kg (F₂) = 5,5F → $F_2 = 5,5 (8,526\text{ N}) = 46,893\text{ N}$
 - lengan beban (r) = 13 cm → 0,13 m

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi } F_1 (T_1) &= F_1 \cdot r \rightarrow T_1 = 42,63 \text{ N } (0,13 \text{ m}) \\
 &\rightarrow 5,5419 \text{ Nm} \\
 \text{Torsi } F_2 (T_2) &= F_2 \cdot r \rightarrow T_2 = 46,893 \text{ N } (0,13 \text{ m}) \\
 &\rightarrow 6,096 \text{ Nm} \\
 n_{\text{Motor}} (n_1) &= 1400 \text{ rpm} \\
 \text{Gear Ratio} &= \frac{1}{5} \\
 n_{\text{Mesin}} (n_2) &= \frac{1400}{5} \rightarrow n_2 = 280 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

b. Ditanya : Kebutuhan Daya Penggerak?

c. Jawab :

1) Kebutuhan Daya Penggerak ketika $m = 5 \text{ kg}$ (P1)

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2\pi \cdot n_2 \cdot T_1}{60} \rightarrow P = \frac{2,3,14 \cdot 280 \text{ rpm} \cdot 5,5419 \text{ Nm}}{60} \\
 P &= \frac{9744,877}{60} \\
 P &= 162,414 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

2) Kebutuhan Daya Penggerak ketika $m = 5,5 \text{ kg}$ (P2)

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{2\pi \cdot n_2 \cdot T_2}{60} \rightarrow P = \frac{2,3,14 \cdot 280 \text{ rpm} \cdot 6,096 \text{ Nm}}{60} \\
 P &= \frac{10719,2064}{60} \\
 P &= 178,65 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

• Perhitungan Analisis Unit Transmisi

a. Menghitung Rasio Kecepatan Putar

Untuk mendapatkan rasio penurunan yaitu perbandingan putaran output motor : putaran yang direncanakan.

n_{motor} (Kecepatan Putar Motor) : 1400 rpm

rencana Kecepatan Putar yang direncanakan : 280 rpm

$$r = \frac{n_{\text{motor}}}{n_{\text{rencana}}} = \frac{1400}{280} = 5 \text{ atau } (1 : 5)$$

Jadi didapatkan rasio atau penurunan kecepatan yaitu 5 kali dengan perbandingan rasio 1 : 5

b. Pemilihan Jenis Sabuk

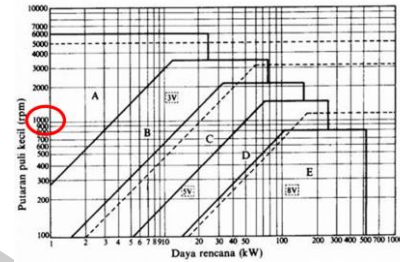
Memilih jenis sabuk yang digunakan berdasarkan diagram pemilihan jenis sabuk V berdasarkan daya rencana (Pd) yang sudah dikalikan faktor koreksi (fc) terhadap putaran output motor (n_{motor}).

Memilih faktor koreksi (fc) berdasarkan tabel faktor layanan dibawah ini :

Main yang digerakkan	Penggerak					
	Momen putar puncak > 200%			Momen putar puncak > 200%		
	Motor arus bolak-balik (momen normal, sangkar baji, sinkron), motor arus searah (dilatasi seri), motor arus searah (dilatasi seri), mesin tarik, kopling tak tetap			Motor arus bolak-balik (momen tinggi, fasa tunggal, dilatan seri), motor arus searah (dilatasi seri), mesin tarik, kopling tak tetap		
	Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam
Penggerak zat cair, kipas angin, blower sampai 7,5 kW pompa sentrifugal, kompresor tugas ringan	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Konveyor sabuk (pasir, batu bara), penggerak, kipas angin (lebih dari 7,5 kW), mesin tarik, peluncur, mesin pemotakan, mesin pemotakan.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Konveyor (semer, sekrop), pompa tarik, kompresor, gilingan paku, penggerak, motor-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Penghancur, gilingan bola atau batang, pengalir, mesin pabrik karet (rol, kamander)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Gambar 6. Tabel Faktor Koreksi

Karena mesin direncanakan beroperasi selama 3-5 jam perhari dan mesin dalam kategori variasi beban sangat kecil, maka didapatkan nilai (fc) adalah 1,0 daya rencana (Pd) = daya motor (Pout) X faktor koreksi (fc) = 0,178 kW X 1,0 = 0,178 kW dan $n_{\text{motor}} = 1400$



Gambar 7. Pemilihan Tipe Sabuk

c. Menghitung ukuran pulley penggeran dan digerakkan

Pemilihan ukuran puli penggerak tersedia di tabel dibawah :

Penampang	A	B	C	D	E
Diameter min. yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter min. yang dianjurkan	95	145	225	350	550

Tipe sabuk sempit	3V	5V	8V
Diameter minimum	67	180	315
Diameter minimum yang dianjurkan	100	224	360

Gambar 8. Pemilihan ukuran puli penggerak

Dapat diambil ukuran puli penggerak dp antara 65-95 mm karena sudah memenuhi syarat minimum yang diizinkan.

Memilih ukuran pulley hasil hitungan yang tersedia di pasaran sesuai pada katalog pulley

Berdasarkan katalog pulley dipilih ukuran pulley yang mendekati dengan ukuran O.D (Outside Diameter) $dp = 3,05 \text{ inci} \rightarrow 77,47 \text{ mm}$

Kemudian Diameter puli yang digerakkan Dp dapat dihitung dengan cara :

$$Dp = dp \times r = 3,05 \text{ inch} \times 5 = 15,25 \text{ inch} \rightarrow 387,35 \text{ mm}$$

1 GROOVE - A or 3L-4L BELTS									
Part Number	Diameter O.D.	PD	DL	Type	Dimensions F	L	P	C	Stock Bore
AK19	1.75	1.80	1.86	1	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK20	2.00	1.80	1.46	1	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK21	2.10	1.90	1.56	1	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK22	2.30	2.00	1.66	1	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK23	2.50	2.10	1.76	1	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK25	2.50	2.20	1.90	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK26	2.80	2.40	2.06	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK27	2.70	2.50	2.18	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK30	3.05	2.80	2.46	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK32	3.25	3.00	2.66	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK34	3.45	3.20	2.86	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK39	3.75	3.50	3.16	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK41	3.95	3.70	3.36	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK44	4.25	4.00	3.66	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK46	4.45	4.20	3.86	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK49	4.75	4.50	4.16	2	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK51	4.95	4.70	4.36	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK54	5.25	5.00	4.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK59	5.45	5.20	4.86	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK69	5.75	5.50	5.16	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK61	5.95	5.70	5.36	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK64	6.25	6.00	5.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK66	6.45	6.20	5.86	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK69	6.75	6.50	6.16	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK71	6.95	6.70	6.36	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK74	7.25	7.00	6.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK79	7.75	7.50	7.16	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK84	8.25	8.00	7.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK89	8.75	8.50	8.16	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK94	9.25	9.00	8.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK99	9.75	9.50	9.16	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK104	10.25	10.00	9.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK109	10.75	10.50	10.16	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK114	11.25	11.00	10.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK124	12.25	12.00	11.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK134	13.25	13.00	12.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK144	14.25	14.00	13.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK154	15.25	15.00	14.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16
AK164	16.25	16.00	15.66	3	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16

Gambar 9. Pemilihan pulley yang digerakkan

d. Menghitung panjang keliling sabuk

Menghitung panjang keliling sabuk, jarak antar 2 sumbu, dan memilih sabuk yang ada di pasaran berdasarkan hasil hitungan.

Untuk menghitung panjang keliling sabuk (L) kita harus memperkirakan nilai jarak antar 2 sumbu (C) dengan acuan berikut:

$$D_p < C < 3(D_p + d_p)$$

$$d_p = 3,05 \text{ inci} = 77,47 \text{ mm}$$

$$D_p = 15,25 \text{ inci} = 387,35 \text{ mm}$$

$$C = 387,35 < C < 3(387,35 + 77,47)$$

sehingga nilai $C = 387,35 < C < 1626,87$

$$L = 2C + 1,57(d_p + D_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4 \cdot C}$$

$$L = 2.800 + 1,57(77,47 + 387,35) + \frac{(387,35 - 77,47)^2}{4.800}$$

$$L = 1600 + 729,76 + \frac{96025,6}{3200}$$

$$L = 1600 + 729,76 + 30 = 2359,76 \text{ mm}$$

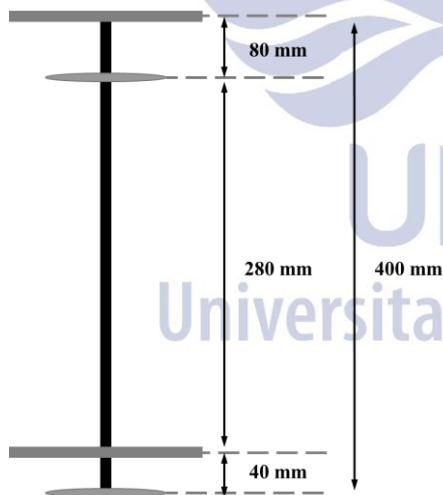
e. Sumbu kontak pulley

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(d_p - D_p)}{C}$$

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(77,47 - 387,35)}{700} = 205,2^\circ$$

• Perhitungan Analisis Poros

Terdapat satu poros transmisi pada mesin pengupas empon-empon. Poros ini mendapatkan beban puntir dan lentur. Poros ini ditumpu oleh dua buah bantalan yang terletak pada rangka. Pada Gambar dibawah ini yang merupakan posisi poros pada mesin pengupas empon-empon.



Gambar 10. Skema poros mesin pengupas empon-empon

a. Menghitung torsi dari motor terpasang

$$\text{Daya Motor (P motor)} = 0,184 \text{ Kw}$$

$$\text{Putaran Poros (n poros)} = 280 \text{ rpm}$$

$$\text{Torsi Mesin (T)} = 9,8 \times 10^5 \times \frac{P_{\text{motor}}}{n}$$

$$\text{Torsi Mesin (T)} = 9,8 \times \frac{10^5 \times 0,184}{280} = 644 \text{ kg.mm}$$

b. Menghitung tegangan pada sisi tarik F1 (kg) dan sisi kendor F2 (kg)

Diketahui :

$$\text{Torsi} = 644 \text{ kg.mm}$$

$$\text{Jari jari puli} = 193,75 \text{ mm}$$

$$\text{Koefisien gesek nyata antara puli dan sabuk } \mu = 0,3,$$

$$\text{sudut kontak puli} = 205,2^\circ$$

Maka,

Gaya tarik efektif (Fe)

$$F_e = T/r = 644 / 193,75 = 3,3 \text{ kg}$$

$$\theta = 205,2^\circ = \text{phi}/180^\circ \times 205,2^\circ = 3,57 \text{ rad}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\theta}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{0,3 \times 3,57}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = 2,91$$

$$F_1 = 2,91 F_2$$

$$F_e = F_1 - F_2$$

$$3,3 = 2,91 F_2 - F_2$$

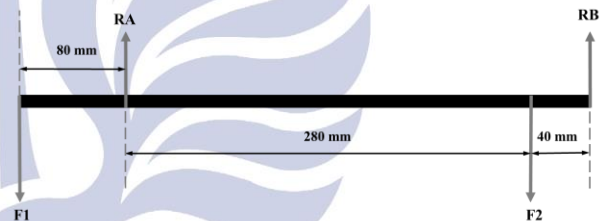
$$3,3 = 1,91 F_2$$

$$F_2 = \frac{3,3}{1,91} = 1,73 \text{ kg}$$

$$F_1 = 2,91 \times 1,73$$

$$F_1 = 5,0343 \text{ kg}$$

Berikut merupakan *Free Body Diagram* mesin pengupas empon-empon



Gambar 11. *Free Body Diagram* mesin pengupas empon-empon

c. Reaksi gaya dan momen puntir pada poros mesin

Diketahui :

$$\text{Torsi} = 644 \text{ kg.mm}$$

$$F_1 = 5,0343 \text{ kg}$$

$$F_2 = 1,73 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$280 \times F_2 - 320 \times RB - 80 \times F_1 = 0$$

$$280 \times 1,73 - 320 \times RB - 80 \times 5,0343 = 0$$

$$484,4 - 320 \times RB - 402,4 = 0$$

$$320 \times RB = 82$$

$$RB = \frac{82}{320}$$

$$RB = 0,26 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$320 \times RA - 400 \times F_1 - 40 \times F_2 = 0$$

$$320 \times RA - 400 \times (5,0343) - 40 \times (1,73) = 0$$

$$320 \times RA - 2012 - 69,2 = 0$$

$$320 \times RA = 2081,2$$

$$RA = \frac{2081,2}{320}$$

$$RA = 6,5 \text{ kg}$$

$$M = R_A \times 80$$

$$M = 6,5 \times 80 \rightarrow 520 \text{ kg.mm}$$

- d. Tegangan geser yang diizinkan

Diketahui :

Tegangan lentur yang diizinkan, $\sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$ (S45C)

Faktor keamanan baja paduan, direncanakan :

Sf1 = 6

Sf2 = 2

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf1 \times Sf2}$$

$$\tau_a = \frac{58}{6 \times 2}$$

$$\tau_a = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

- e. Diameter poros

Diketahui :

Faktor koreksi sesuai yang dianjurkan ASME, maka dipilih nilai faktor koreksi momen puntir $K_t = 1,5$ (terjadi tumbukan atau kejutan), nilai momen lentur $K_m = 2$ (dengan tumbukan ringan)

Torsi (T) = 644 kg.mm

Momen (M) = 520 kg.mm

Maka :

$$d_s \geq \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s \geq \left[\left(\frac{5,1}{4,83} \right) \sqrt{(2 \times 520)^2 + (1,5 \times 644)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s \geq 11,44 \text{ mm}$$

$$d_s = 19 \text{ mm (diameter yang digunakan pada mesin)}$$

- f. Tegangan geser maksimum yang terjadi

Diketahui :

d = 19 mm

T = 644 kg.mm

$K_m = 2$

M = 520 kg.mm

$K_t = 1,5$

Maka :

$$\tau_{maks} = \frac{6}{\pi d^3} \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2}$$

$$\tau_{maks} = \frac{6}{3,14 \times 19^3} \sqrt{(2 \times 520)^2 + (1,5 \times 644)^2}$$

$$\tau_{maks} = 0,4 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau_{maks} = 0,4 \text{ kg/mm}^2 \leq \tau_a = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

- g. Putaran kritis poros

Jika berat dinyatakan dengan W (kg) jarak antara bantalan l (mm) dan diameter poros ds (mm) maka putaran kritis dari putaran tersebut adalah

Diketahui :

W di titik A = 6,5 kg

l = 320 mm

l2 = 400 mm

l1 = 80 mm

ds = 19 mm

Maka :

Putaran kritis pada titik A

$$N_{CA} = 52700 \frac{d_s^2}{l_1 \cdot l_2} \sqrt{\frac{l}{W}}$$

$$N_{CA} = 52700 \frac{19^2}{80 \times 400} \sqrt{\frac{320}{6,5}}$$

$$N_{CA} = 4171,44 \text{ rpm}$$

Putaran kritis pada titik B

W di titik B = 0,26 kg

l = 320 mm

l2 = 280 mm

l1 = 40 mm

ds = 19 mm

Maka,

Putaran kritis pada titik B

$$N_{CB} = 52700 \frac{d_s^2}{l_1 \cdot l_2} \sqrt{\frac{l}{W}}$$

$$N_{CB} = 52700 \frac{19^2}{40 \times 280} \sqrt{\frac{320}{0,26}}$$

$$N_{CB} = 59592 \text{ rpm}$$

Putaran kritis pada titik Nc

Diketahui :

$$N_{CA} = 4171,44 \text{ rpm}$$

$$N_{CB} = 59592 \text{ rpm}$$

$$\frac{1}{N_C^2} = \frac{1}{N_{CA}^2} + \frac{1}{N_{CB}^2}$$

$$0,06 < (0,6 - 0,7)$$

$$\frac{1}{N_C^2} = \frac{1}{4171,44^2} + \frac{1}{59592^2}$$

$$\frac{1}{N_C^2} = 5,77 \times 10^{-8}$$

$$N_C = 4161,26 \text{ rpm}$$

$$\frac{N_C}{n} < (0,6 - 0,7)$$

$$\frac{4161,26}{280} < (0,6 - 0,7)$$

$$0,067 < (0,6 - 0,7)$$

Uji Kinerja Mesin Pengupas Empon-Empon

Uji kinerja dilakukan untuk mengetahui performa dari mesin pengupas empon-empon. Parameter uji kinerja yang diamati meliputi kapasitas aktual, kebutuhan daya aktual, dan efisiensi mesin.

• Kapasitas aktual

Kapasitas aktual merupakan kemampuan yang dimiliki suatu mesin untuk melakukan proses produksi dalam selang waktu tertentu. Pada penelitian ini proses produksi yang dilakukan adalah proses pengupasan pada empon-empon bahan baku jamu, berikut adalah hasil observasi kapasitas aktual mesin.

Dari hasil uji coba didapat bahwa kapasitas tampung aktual mesin pengupas empon-empon biasanya hanya dipakai 2,5kg per prosesnya oleh pihak UKM nilai ini ternyata lebih kecil dibanding dengan nilai kapasitas tampung teoritis yakni sebesar 5,5 kg per prosesnya. Dari hasil pengamatan didapat



Gambar 12. Proses pengupasan menggunakan Mesin Pengupas Empon-Empon

Tabel 2. Uji Kinerja Pengupasan Mesin

No	Jumlah Bahan Baku	Durasi Pengupasan
1	2,5 Kg	3 Menit
2	5,5 Kg	5 Menit

Jika dalam 1 hari produksi waktu pengupasan yang dilakukan oleh UKM adalah 1 jam maka nilai kapasitasnya adalah

Tabel 3. Uji Kecepatan Pengupasan Mesin

No	Jumlah Bahan Baku	Durasi Pengupasan (per proses)	Kapasitas per jam
1	2,5 Kg	3 Menit	50 kg
2	5,5 Kg	5 Menit	60 kg

- Kebutuhan daya aktual

Kebutuhan daya aktual mesin pengupas diukur dengan clampmeter, dengan alat ini besarnya daya dapat diketahui secara langsung. Pengukuran kebutuhan daya dilakukan pada saat ada beban (bahan baku dimasukkan ke dalam bak). Hasil pengukuran kebutuhan daya dengan jumlah bahan baku bertahap dari 2,5 kg dan 5 kg dan pengulangan sebanyak 3 kali adalah :

Tabel 4. Uji Kebutuhan Daya Mesin Pengupas Empon-empon

No	2,5 kg / proses (watt)	5,5 kg / proses (watt)
1	133	176
2	134	178
3	132	177

Kebutuhan daya mesin pengupas empon-empon paling rendah dengan bahan baku 2,5kg memiliki nilai rata-rata Watt, sedangkan pada bahan baku 5kg memiliki nilai rata-rata Watt.

- Rendemen Pengupasan

$$\text{Rendemen Pengupasan} = \frac{\text{massa bahan baku setelah kupas}}{\text{massa bahan baku sebelum kupas}} \times 100\%$$

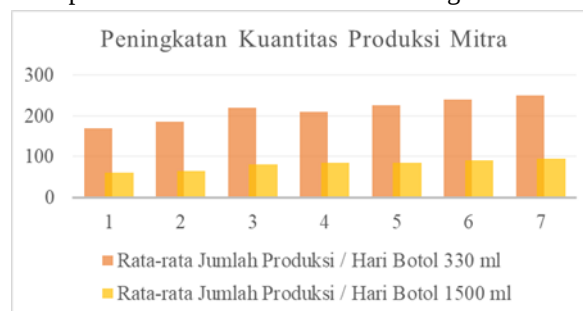
(Wahyu Kristian Sugandi, 2017)

Berdasarkan hasil perhitungan dengan massa bahan baku setelah kupas yaitu 4,8 kg dari massa bahan baku sebelum kupas yaitu 5 kg sehingga didapat nilai rendemen pengupasan sebesar 96%. Nilai ini menunjukkan rendemen pengupasan dari mesin pengupas empon-empon sudah baik karena mendekati 100%.

- Performa Mesin Pengupas Empon-Empon pada produktivitas UKM

Pengambilan data perkembangan produktivitas UKM mitra pada alat Mesin Pengupas Empon-Empon dilakukan pada 26 Agustus 2019 (pada saat kegiatan PKMT berlangsung), dan telah dimonitoring sebanyak

7x. Dari hasil monitoring yang dilakukan, menunjukan bahwa produktivitas UKM semakin meningkat.



Gambar 13. Grafik monitoring peningkatan produktivitas mitra

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan berikut adalah tabel kelayakan` analisis dan uji kinerja pada mesin pengupas empon-empon

Tabel 5. Analisis dan Uji Kinerja Mesin Pengupas Empon-Empon

Parameter	Spesifikasi aktual	Teoritis hasil perhitungan	Keterangan	Simpulan
Kapasitas tampung	2,5 kg / proses 50 kg / jam	5,5 kg / proses 66 kg / jam	Dari hasil perhitungan teoritis mesin pengupas Empon-Empon sebenarnya mampu menampung sebanyak 5,5kg/prosesnya, namun pada aktualnya mesin ini hanya bekerja dengan kapasitas tampung 2,5 kg/prosesnya.	Memenuhi
DAYA PENGGERAK				
Kebutuhan Daya Penggerak	0,25 HP (186 watt)	178,65 Watt	Motor listrik dengan daya 0,25 HP lebih besar dibandingkan dengan daya teoritis yang dibutuhkan	Memenuhi
UNIT TRANSMISI				
Rasio Kecepatan Putar	1: 5 (1400 : 280) D = 19 inch (482,6 mm) D = 3,8 inch (96,25 mm)	1: 5 (1400 : 280) D = 3,05 inch (387,35 mm) D = 15,25 inch (77,47 mm)	Rasio kecepatan putar yang terpasang pada mesin sama dengan rasio kecepatan putar teoritis yang dibutuhkan	Memenuhi
Jenis Sabuk	Sabuk V tipe A	Sabuk V tipe A	Jenis sabuk yang terpasang pada mesin sama dengan jenis sabuk teoritis yang dibutuhkan	Memenuhi
Jarak antara kedua poros	C = 800 mm	C = 387,35 < C < 1626,87	Jarak antara kedua poros yang terpasang pada mesin sesuai dengan jarak antara kedua poros teoritis yang dibutuhkan	Memenuhi
POROS				
Diameter Poros	$d_s = 19 \text{ mm}$	$d_s \geq 11,44 \text{ mm}$	Secara teknis, maka poros pada mesin pengupas ini layak digunakan karena diameter poros teoritis tidak lebih besar daripada diameter actual	Memenuhi

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan serangkaian kegiatan yang telah peneliti lakukan, serta mengacu pada hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan :

- Kapasitas tampung Mesin Pengupas Empon-Empon secara aktual yaitu 2,5 kg/proses memenuhi kapasitas tampung secara teoritis mesin ini yang mencapai 5,5 kg/proses

- Kebutuhan daya penggerak Mesin Pengupas Empon-Empon secara aktual yaitu 186 watt memenuhi kebutuhan daya penggerak secara teoritis yang hanya 178,65 watt untuk kapasitas tampung maksimal.
- Analisis unit transmisi Mesin Pengupas Empon-Empon dari segi rasio kecepatan putar, jenis sabuk, dan jarak antara kedua poros secara aktual memenuhi perhitungan unit transmisi secara teoritis yaitu 1:5, sabuk V tipe A, dan 700 mm
- Analisis poros Mesin Pengupas Empon-Empon secara aktual yaitu 19 mm memenuhi perhitungan poros secara teoritis yang $\geq 11,44$ mm
- Rendemen Pengupasan sebesar 96%

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan simpulan maka peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut :

- Bahan baku jamu yang akan dikupas menggunakan mesin ini, rimpang-rimpang cabangnya harus dipatahkan terlebih dahulu
- Mesin pengupas empon-empon sudah memenuhi analisa teknis teoritis yang sudah dihitung, dan memiliki performa kinerja yang baik sehingga mesin ini dapat digunakan secara kontinu untuk UKM
- Pada penelitian selanjutnya diharapkan melakukan analisa kelayakan teknis dari segi kekuatan konstruksi meliputi pengelasan, dan kekuatan rangka

DAFTAR PUSTAKA

- Beer, F. P. (1987). *Mekanika Untuk Insinyur : STATKA. edisi keempat, Penerbit Erlangga.*
- Ibrahim, M. (2018). *Modul Perhitungan Poros dan Pemilihan Bantalan Berdasarkan Gaya Bekerja.* Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Mott, R. L. (1985). *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis.* Yogyakarta : Andi.
- Saiya, V. M. (2018). *Modul transmisi pulley, sprocket, dan kopling.* Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Sugiyono. (2012). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D.* Bandung : Alfabeta.
- Sularso dan Suga, K. (1991). *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin.* Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sularso, d. S. (1997). *Dasar Perencanaan dan Perancangan Elemen Mesin. Cetakan Kesembilan. Pradnya Paramita. Jakarta.*
- SWA. (2018, May Monday). *Deregulasi Industri Jamu.* Retrieved from swa.co.id: <https://swa.co.id/swa/my-article/deregulasi-industri-jamu>
- Wahyu Kristian Sugandi, M. A. (2017). *UJI KINERJA DAN ANALISIS EKONOMI MESIN PENGUPAS BAWANG MERAH (MPB TEP-0315).* *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem.*