

---

## Rancang Bangun Mesin Pengiris Tempe Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno

Nurhidayati Maulina<sup>1</sup>, Sir Anderson<sup>2\*</sup>, Rakiman<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi DIV Teknik Manufaktur, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

<sup>2</sup>Program Studi DIV Rekayasa Perancangan Mekanik, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

<sup>3</sup>Program Studi DIII Teknik Mesin, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

e-mail: siranderson@pnp.ac.id

### Abstract

*The process of manually slicing tempeh often requires significant time and effort, and results in slices of inconsistent thickness. To overcome this problem, an automatic tempeh slicing machine based on Arduino Uno microcontroller was designed which aims to improve efficiency and consistency in tempeh processing. The machine is designed to automate the tempeh slicing process, reducing manual work. The engine design includes mechanical and electronic design, with the following engine specifications: length 607 mm, width 504 mm, height 420 mm, motor power 0.47 hp, and motor rotation 1400 rpm. This machine uses rotating slicing blades and tempeh containers that move automatically left and right. The propulsion system is controlled by a stepper motor and an Arduino Uno. This machine can cut tempeh with a thickness of 3.7 – 5.3 mm.*

*Keywords: tempe, automatic machine, arduino uno*

### Abstrak

Proses pengirisan tempe secara manual sering kali memerlukan waktu dan tenaga yang signifikan, serta menghasilkan irisan dengan ketebalan yang tidak konsisten. Untuk mengatasi masalah ini, dirancang sebuah mesin pengiris tempe otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam pengolahan tempe. Mesin ini dirancang untuk mengotomatisasi proses pengirisan tempe, mengurangi pekerjaan manual. Rancang bangun mesin mencakup perancangan mekanis dan elektronik, dengan spesifikasi mesin sebagai berikut: panjang 607 mm, lebar 504 mm, tinggi 420 mm, daya motor 0,47 hp, dan putaran motor 1400 rpm. Mesin ini menggunakan pisau pengiris berputar dan wadah tempe yang bergerak secara otomatis ke kiri dan kanan. Sistem pendorong yang dikendalikan oleh motor stepper dan Arduino Uno. Mesin ini dapat mengiris tempe dengan ketebalan 3,7 – 5,3 mm.

Kata kunci: tempe, mesin otomatis, arduino, uno

Diterima Redaksi : 19-08-2024 | Selesai Revisi : 28-01-2025 | Diterima : 29-01-2025

---

## 1. Pendahuluan

Tempe, makanan tradisional Indonesia yang murah dan kaya akan protein ini sangat mudah disukai karena banyak manfaatnya bagi kesehatan. Sumber protein dan lemak nabati, kacang-kacangan dan biji-bijian, termasuk kelapa, koro, kacang kedelai, biji kecipir, dan kacang tanah sangat penting untuk kehidupan [1].

Seiring perkembangan teknologi dan alat, pekerjaan manusia menjadi lebih mudah untuk membuat produk atau barang, yang menghasilkan tingkat produktivitas yang tinggi. Banyak penemuan teknologi baru menunjukkan bahwa kebutuhan manusia terus meningkat dari waktu ke waktu. Penemuan baru tidak hanya dibuat untuk memenuhi kebutuhan manusia, tetapi juga disebabkan oleh pengguna tenaga manusia yang kurang, seperti halnya dalam menangani proses mengiris tempe sebagai dasar pembuatan keripik [2].

Beberapa mesin pengiris yang telah dikembangkan beroperasi dengan baik, tetapi kelemahan utama dari mesin-mesin tersebut adalah bahwa proses pengirisan

memerlukan bantuan operator, baik untuk mendorong tempe menuju pisau pengiris atau untuk menggerakkan pisau pengiris. Akibatnya, manfaat penggunaan mesin pengiris untuk industri pengolahan tempe masih belum signifikan [2], [3], [4]. Oleh karena itu, dibutuhkan alat atau mesin yang dapat membantu mempercepat proses pengirisan tempe secara otomatis. Dalam upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses pembuatan tempe, telah dikembangkan berbagai inovasi, seperti rancang bangun alat pengiris tempe otomatis berbasis Arduino Uno. Arduino Uno adalah mikro single-board yang didasarkan pada chip Atmel ATmega 328 [5]. Kita dapat mengontrol berbagai perangkat elektronik dan mekanikal, seperti membuat mesin pengiris tempe otomatis.

Adanya penemuan teknologi baru menunjukkan bahwa kebutuhan manusia terus meningkat. Selain untuk memenuhi kebutuhan, munculnya penemuan baru disebabkan oleh penggunaan tenaga manusia yang lebih sedikit. Salah satu contohnya adalah pembuatan keripik tempe, yang sebelumnya dilakukan secara tradisional. Diharapkan adanya alat ini akan membuat

---

produksi keripik tempe lebih mudah dan lebih lancar. Alat yang dapat bekerja secara efektif dan efisien diperlukan untuk memungkinkan proses produksi berjalan lancar. Agar alat tersebut dapat berfungsi secara optimal dan memiliki dampak yang signifikan terhadap proses produksi, alat tersebut harus dibuat [6].

Karena itu, penulis terdorong untuk menawarkan alternatif, yaitu merancang Mesin Pengiris Tempe Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. Alasan penulis memilih alat ini adalah agar produsen atau bisnis keripik tempe dapat melakukan proses produksi dengan cepat.

## 2. Metodologi

### 2.1 Identifikasi Kebutuhan

Untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang menginginkan mesin pengiris tempe yang efisien, mudah dioperasikan, dan tahan lama, dipilihlah rancangan dengan motor listrik sebagai penggerak utama karena memberikan kontrol yang presisi dan keandalan yang tinggi. Sistem transmisi menggunakan pulley dipilih untuk memudahkan perawatan, mudah dioperasikan, dan harga yang lebih terjangkau. Profil siku L digunakan sebagai rangka karena strukturnya yang kuat namun ringan, sesuai dengan kebutuhan pengguna akan mesin yang stabil tetapi tidak terlalu berat. *Pillow block bearing* dipilih untuk menyangga poros agar putaran tetap halus, mengurangi gesekan, dan memperpanjang umur komponen, sehingga mesin dapat beroperasi dengan efisiensi tinggi dalam jangka waktu yang lama. Cakram rem motor memiliki bentuk dan struktur yang kokoh dan sudah diuji untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap tekanan dan gesekan. Ini menjadikannya pilihan yang praktis sebagai pisau pengiris, terutama dalam kondisi di mana pisau akan mengalami kontak berulang dan tekanan selama proses pemotongan. Selain itu, penggunaan cakram rem motor berbahan baja tahan karat juga bisa menjadi pilihan yang ekonomis, terutama jika cakram rem tersebut mudah didapatkan dan harganya terjangkau.

### 2.2 Analisa Morfologi Mesin Pengiris Tempe

Gambaran tentang komponen yang akan digunakan dalam merancang mesin pengiris tempe, secara fungsional alat ini memiliki komponen sebagai berikut:

- Profil rangka mesin
- Sistem transmisi dan penggerak
- Sistem putaran pisau

Dengan komponen di atas, maka dapat disusun suatu skema klasifikasi yang disebut morfologi rancangan. Morfologi rancangan merupakan metode yang dapat menemukan beberapa alternatif konsep produk, metode yang sistematis dan menggunakan prosedur yang mudah diikuti. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Fitur	Solusi		
Sumber Penggerak	Motor Bensin	Motor Listrik	Engkol Manual
Penerus	Pulley	Roda Gigi	Rantai-sproket
Sumber Penggerak	Profil Persegi	Profil Siku	Profil U
Kerangka	Besi Plat	Besi Siku	Besi U
Pendukung	Bearing	<i>Pillow Block Bearing</i>	
Poros	Cakram rem motor	Pisau Vertikal	

Berdasarkan tabel matriks morfologi mesin pengiris tempe di atas, maka pilihan yang terpilih adalah sebagai berikut :

- Profil rangka mesin dipilih adalah pilihan profil L (besi siku) dikarenakan beberapa alasan, diantaranya

Kekuatan dan stabilitas, profil siku memiliki dua sisi yang membentuk sudut  $90^{\circ}$ , sehingga memberikan kekuatan dan stabilitas yang cukup tinggi untuk menahan beban dan getaran yang mungkin terjadi selama operasi mesin.

Kemudahan dalam penyambungan, profil siku lebih mudah disambung dengan komponen lain, seperti sambungan las ataupun baut, dibandingkan dengan profil persegi dan profil U. Bentuk sudutnya memungkinkan sambungan yang lebih presisi dan kuat pada titik-titik kritis, seperti di sudut-sudut rangka.

Biaya yang efektif, biasanya profil siku lebih terjangkau dan lebih mudah didapatkan dibandingkan dengan profil U dan profil persegi. Ini membuatnya menjadi pilihan yang ekonomis untuk konstruksi rangka mesin, terutama dalam proyek kecil atau menengah.

- Sistem penggerak menggunakan motor listrik, hal ini dikarenakan beberapa hal, diantaranya

Operasi yang lebih tenang, motor listrik beroperasi dengan tingkat kebisingan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan motor bakar.

Efisiensi dan produktivitas, motor listrik dapat beroperasi terus-menerus dengan kecepatan konstan dan tidak membutuhkan tenaga manusia sedangkan dengan menggunakan engkol manual, kecepatan pengoperasian sangat bergantung pada kekuatan dan stamina operator, yang bisa bervariasi dan cenderung lebih lambat.

c. Sistem transmisi menggunakan *pulley*, hal ini dikarenakan beberapa hal, diantaranya :

Operasi yang lebih halus dan tenang, *pulley* dan sabuk memberikan transmisi daya yang lebih halus dengan getaran dan kebisingan yang lebih rendah dibandingkan dengan roda gigi atau rantai sproket

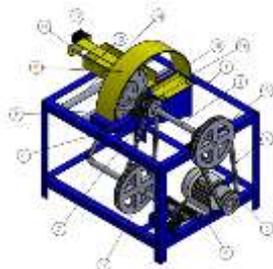
Biaya yang lebih rendah, *pulley* dan sabuk biasanya lebih murah daripada sistem roda gigi dan rantai sproket, baik dari segi komponen maupun biaya pemasangan dan perawatannya

Pengamanan yang lebih baik, sabuk dalam sistem *pulley* cenderung tergelicir jika ada beban berlebih atau macet, sehingga melindungi komponen mesin dari kerusakan, sebaliknya, sistem roda gigi dan rantai lebih kaku dan dapat menyebabkan kerusakan jika mengalami beban berlebih.

d. Penyangga poros menggunakan *pillow block bearing*

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Rancangan Alat



Gambar 1. Rancangan Alat

Keterangan gambar 4.1 :

1. Rangka
2. Poros 1
3. *Pulley* A1 7"x Ø20 mm
4. *Belt* A39
5. PB – A2 3" x Ø20 mm
6. Motor Listrik
7. *Pulley* A1 2"x Ø20 mm
8. Penampung Tempe
9. Pisau Pemetong
10. Pelindung Pisau
11. Penampan Tempe
12. Motor Stepper
13. Pendorong Tempe
14. Rel
15. *Pillow Block* UCP 204
16. Penahan Tempe
17. Poros 2

#### 3.2 Perhitungan pada Pisau Pemetong

##### 3.2.1 Menentukan Gaya Potong Tempe

Massa 1 tempe = 500 gram

Panjang = 18 cm = 180 mm

Lebar = 7,38 cm = 73,8 mm

Tebal = 6 cm = 60 mm

Luas Penampang 1 potong tempe

Luas tebal tempe = lebar tempe x

= 73,8 mm x 60 mm

= 4.428 mm<sup>2</sup>

Untuk menentukan gaya potongnya, dapat dicari menggunakan rumus persamaan 1

$$\tau = \frac{F}{A} [7] \quad (1)$$

Diketahui :

$\tau = 0,0127388 \text{ N/mm}^2$  ( Revaldy Maiman, 2024)

$A = 4.428 \text{ mm}^2$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$0,0127388 \text{ N/mm}^2 = \frac{F}{4.428 \text{ mm}^2}$$

$F = 56,4 \text{ N}$

##### 3.2.2 Luas Bidang Pisau

Diketahui :

Diameter pisau = 200 mm

$$L = \pi r^2$$

$$L = 3,14 \times (0,1 \text{ m})^2$$

$$L = 0,0314 \text{ m}^2$$

Jadi, luas bidang pisau yaitu 0,0314 m<sup>2</sup>

##### 3.2.3 Perhitungan Kekuatan Tarik Pisau Pemetong

Gaya potong ( $F_p$ ) = 15,99 N ( Revaldy Maiman, 2024)

Gaya Gesek ( $F_f$ ) = 1,4715 N

$$F_{\text{total}} = F_{\text{potong}} + F_{\text{gesek}}$$

$$= 15,99 \text{ N} + 1,4715 \text{ N}$$

$$= 17,4615 \text{ N}$$

Luas Penampang Pisau = 369 mm<sup>2</sup>

Kekuatan tarik yang dibutuhkan

$$\text{Gaya potong } (F_p) = 56,4 \text{ N}$$

$$\text{Luas Penampang Pisau} = 369 \text{ mm}^2$$

Kekuatan tarik yang dibutuhkan

$$(\sigma) = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{17,4615 \text{ N}}{369 \text{ mm}^2}$$

$$= 0,153 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan atau kekuatan tarik yang diperlukan dari bahan pisau pemetong untuk menahan gaya 56,4 N dan luas penampang 369 mm<sup>2</sup> adalah 0,153 N/mm<sup>2</sup>. Sekarang kita bandingkan hasil ini dengan

kekuatan tarik dari berbagai bahan yang umum digunakan. Berdasarkan tabel 2.1 semua bahan memiliki kekuatan tarik yang jauh melebihi 0,153 N/mm<sup>2</sup>. Oleh karena itu, bahan-bahan tersebut cocok untuk digunakan sebagai pisau pemotong tempe. Pemilihan cakram rem motor sebagai pisau pengiris tempe dikatakan tepat, karena cakram rem motor terbuat dari bahan baja tahan karat yang memiliki kekuatan tarik 520 – 720 N/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hal tersebut berikut alasan dari pemilihan cakram rem motor sebagai pisau pengiris :

a. Kekuatan tarik yang sesuai

Dalam perhitungan kekuatan tarik, didapatkan nilai kekuatan tarik yang dibutuhkan sebesar 0,0473 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan cakram rem motor memiliki kekuatan tarik sebesar 520 – 720 N/mm<sup>2</sup>. Kekuatan tarik cakram rem motor ini jauh lebih tinggi dari kebutuhan kekuatan tarik yang dibutuhkan, yang berarti bahwa bahan tersebut sangat mampu menahan tegangan tarik selama proses pengirisan tempe. Dengan demikian, penggunaan bahan ini memberikan margin keamanan yang besar, memastikan bahwa pisau tidak akan patah atau mengalami deformasi saat digunakan.

b. Ketahanan terhadap korosi

Baja tahan karat terkenal karena ketahanannya terhadap korosi, yang sangat penting dalam aplikasi yang melibatkan makanan seperti tempe. Selama pengirisan, pisau akan bersentuhan dengan bahan makanan yang mungkin mengandung kelembaban dan asam alami. Ketahanan korosi ini memastikan bahwa pisau tetap tajam dan higienis, serta memiliki umur pakai yang lebih panjang dibandingkan dengan baja biasa yang mungkin berkarat seiring waktu

c. Ketangguhan dan ketahanan aus

Selain kekuatan tarik yang tinggi, baja tahan karat juga memiliki ketangguhan yang baik dan ketahanan terhadap aus. Ketangguhan ini penting untuk menahan dampak atau benturan selama proses pengirisan, sementara ketahanan terhadap aus memastikan bahwa pisau tetap tajam untuk jangka waktu yang lebih lama tanpa perlu sering diasah

d. Kesesuaian fungsional

Cakram rem motor memiliki bentuk dan struktur yang kokoh dan sudah diuji untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap tekanan dan gesekan. Ini menjadikannya pilihan yang praktis sebagai pisau pengiris, terutama dalam kondisi di mana pisau akan mengalami kontak berulang dan tekanan selama proses pemotongan.

e. Efisiensi biaya dan ketersediaan

Penggunaan cakram rem motor berbahan baja tahan karat juga bisa menjadi pilihan yang ekonomis, terutama jika cakram rem tersebut mudah didapatkan dan harganya terjangkau. Selain itu, mengadaptasi cakram rem motor yang sudah ada mungkin juga mengurangi biaya pembuatan pisau khusus dari awal

f. Keamanan dan Kebersihan

Baja tahan karat umumnya digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan standar kebersihan yang tinggi, seperti dalam industri makanan. Pisau yang terbuat dari bahan ini tidak hanya aman dari segi kekuatan mekanis, tetapi juga aman dari segi kebersihan, karena tidak mudah terkontaminasi oleh bakteri dan mudah dibersihkan.

g. Kesesuaian Desain

Cakram rem motor memiliki bentuk yang bisa disesuaikan untuk aplikasi pemotongan. Dengan sedikit modifikasi, seperti penajaman tepi, cakram ini bisa dijadikan pisau yang efisien dan efektif untuk mengiris tempe, mempertahankan kekakuan dan ketahanan yang diperlukan.

### 3.3 Perhitungan pada Motor Listrik

Motor listrik adalah perangkat daya tarik magnet yang mengubah tegangan menjadi energi mekanik. Modifikasi ini dilengkapi dengan mengubah tegangan listrik menjadi magnet yang dianggap sebagai magnet elektro. Kutub-kutub magnet yang sama dapat tolak-menolak dan oleh karena itu kutub-kutub magnet yang berbeda dapat saling tarik-menarik. Ini akan mendapatkan gerakan dengan meletakkan magnet pada poros, dan karena itu magnet yang berbeda dalam posisi yang tetap. Mekanisme operasi untuk semua jenis motor listrik biasanya identik yaitu, arus listrik dalam medan magnet yang sangat dapat memberikan gaya. Jika kawat pembawa arus dibengkokkan menjadi satu lingkaran, maka 2 sisi penutup, 16 yaitu tegak lurus terhadap medan magnet, dapat mengalami gaya dalam arah yang berlawanan. Penggabungan gaya menghasilkan tenaga putar/torsi untuk memutar kumparan. Motor memiliki banyak loop pada dinamanya untuk menghasilkan daya motilitas yang lebih seragam dan oleh karena itu medan magnetnya dihasilkan oleh susunan daya tarik magnet yang dikenal sebagai kumparan medan.

Dalam memahami motor listrik, penting untuk mengetahui apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban yang mengacu pada keluaran tenaga putar/torsi dengan kecepatan yang diinginkan. Beban biasanya akan diklasifikasikan menjadi 3 kelompok:

- a. Beban torsi konstan, dapat berupa beban di mana permintaan keluaran energi bervariasi dengan kecepatan operasi, namun torsi tidak bervariasi. Contoh beban dengan torsi konstan, conveyor, rotary, kilns, dan pompa displacement konstan.
- b. Beban dengan torsi variabel, adalah beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan torsi variabel adalah pompa sentrifugal dan kipas (torsi bervariasi karena sebagai kuadrat kecepatan).
- c. Beban energi konstan, dapat berupa beban dengan permintaan torsi yang berubah-ubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

Pada dasarnya motor listrik dibedakan dari suplai tegangan kerja yang digunakan. Berdasarkan sumber tegangan kerjanya motor listrik dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

a. Motor DC (Arus Langsung)

Motor DC adalah motor listrik yang membutuhkan tegangan arus searah ke kumparan medan untuk diregenerasi menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan dalam motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan oleh karena itu kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor energi listrik, sesuai dengan namanya, menggunakan arus searah. Motor DC adalah perangkat elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Di motor DC ada jangkar dengan satu atau tambahan kumparan terpisah. Setiap kumparan berakhir pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah akan bertindak sebagai saklar kutub ganda (kutub ganda, saklar lempar ganda). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan bahwa konduktor pembawa arus ditempatkan di medan magnet, gaya (dikenal karena gaya fisikawan) akan dibuat secara ortogonal antara arah medan magnet dan itu arah aliran arus. Motor DC terdiri dari dua komponen, yaitu bagian diam (stator) dan bergerak (rotor). Stator motor arus searah adalah badan motor atau kutub magnet (sikat), sedangkan yang termasuk rotor adalah jangkar lilitannya. Dalam sebuah motor, konduktor listrik yang bergerak pada dasarnya adalah lilitan persegi panjang yang dikenal sebagai kumparan.

b. Motor listrik arus bolak-balik.AC.

Motor Ac adalah motor listrik yang digerakkan oleh alternating current atau

arus bolak-balik (AC). Umumnya, motor AC terdiri dari dua komponen utama, yaitu stator dan rotor. Seperti yang dijelaskan sebelumnya pada motor DC, stator adalah bagian yang diam dan ditemukan di luar. Stator memiliki coil yang dialiri oleh arus listrik bolak-balik dan dapat menghasilkan medan magnet yang berputar. Bagian kedua adalah rotor. Rotor bagian yang berputar dan ditemukan di dalam (di dalam stator). Rotor akan bergerak karena torsi yang bekerja pada poros di mana torsi dihasilkan oleh medan magnet yang berputar [8].

3.3.1 Torsi

Untuk menghitung daya mesin, maka terlebih dahulu dihitung torsi (T) dengan persamaan 2

$$T = F \cdot r \quad [9] \quad (2)$$

Diketahui :  $F = 56,4 \text{ N}$   
 $r = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$

$$T = F \cdot r$$

$$= 56,4 \text{ N} \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 5,64 \text{ Nm}$$

3.3.2 Daya

Setelah mengetahui besar torsi yang dihasilkan gaya, selanjutnya dihitung daya mesin. Daya mesin (P) dihitung dengan persamaan 3

$$P = T \times \omega \quad (3)$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Diketahui :  $n = \text{putaran mesin}$   
 $= 500 \text{ rpm (direncanakan)}$   
 $\pi = 3,14$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 500 \text{ rpm}}{60}$$

$$= 52,3 \text{ rad/s}$$

$$P = T \times \omega$$

$$= 5,64 \text{ Nm} \times 52,3 \text{ rad/s}$$

$$= 294,972 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang dibutuhkan adalah sebesar **294,972 Watt**

3.3.3 Daya Rencana

$$P_d = f_c \cdot P \quad [10] \quad (4)$$

Dimana :

$P_d = \text{Daya rencana}$

$f_c = \text{Faktor koreksi}$

$P = \text{Daya Mesin (kW)}$

$$\text{Daya rencana (Pd)} = \text{Daya yang dibutuhkan} \times \text{Faktor koreksi}$$

$$= 294,972 \text{ Watt} \times 1,2$$

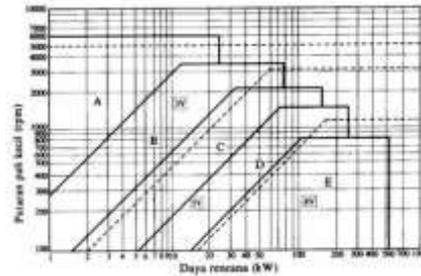
$$= 353,96 \text{ Watt}$$

Jadi daya yang direncanakan sebesar **353,96 Watt**

Menentukan daya motor yang digunakan

$$1 \text{ HP} = 745,7 \text{ watt, jadi } \frac{353,96 \text{ Watt}}{745,7 \text{ watt}} = 0,47 \text{ HP}$$

Jadi, motor yang digunakan dalam perencanaan yaitu 0,47 HP. Karena di pasaran tidak menyediakan motor 0,47 HP, maka digunakan motor 0,5 HP.



Gambar 2. Diagram Pemilihan Sabuk

### 3.4 Perhitungan Pulley

*Pulley* adalah sebuah mekanisme yang terdiri dari roda pada sebuah poros atau batang yang memiliki alur diantara dua pinggiran di sekelilingnya [11]

#### 3.4.1 Putaran Pulley yang Digerakkan (Untuk Menggerakkan Pisau)

Diketahui :

- Diameter *pulley* penggerak (D1) = 76,2 mm
- Diameter *pulley* yang digerakkan (D2) = 177,8 mm
- Putaran *pulley* penggerak (N1) = 1400 rpm
- Putaran *pulley* yang digerakkan (N2) = ?

Maka, persamaan rumus yang digunakan adalah persamaan rumus 5

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (5)$$

$$\frac{1400 \text{ rpm}}{N_2} = \frac{177,8 \text{ mm}}{76,2 \text{ mm}}$$

$$N_2 = \frac{1400 \text{ rpm} \times 76,2 \text{ mm}}{177,8 \text{ mm}}$$

$$N_2 = 600 \text{ rpm}$$

#### 3.4.2 Putaran Pulley yang Digerakkan (Untuk Menggerakkan Tempat Tempe)

Diketahui :

- Diameter *pulley* penggerak (D1) = 50,8 mm
- Diameter *pulley* yang digerakkan (D2) = 177,8 mm
- Putaran *pulley* penggerak (N1) = 600 rpm
- Putaran *pulley* yang digerakkan (N2) = ?

Maka, persamaan rumus yang digunakan adalah persamaan 5

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$\frac{600 \text{ rpm}}{N_2} = \frac{177,8 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}}$$

$$N_2 = \frac{600 \text{ rpm} \times 50,8 \text{ mm}}{177,8 \text{ mm}}$$

$$N_2 = 171,43 \text{ rpm}$$

### 3.5 Perhitungan Sabuk

Sabuk (*belt*) adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapezium[12]. Sebagian sistem transmisi sabuk menggunakan sabuk V karena mudah dalam penanganan dan harganya yang relatif murah. Berdasarkan diagram pemilihan sabuk dengan daya 0,5 HP dan putaran 1400 rpm, maka dipilih sabuk tipe A dengan ukuran sebagai berikut :

Jadi, *pulley driven* yang digunakan adalah tipe A. Berdasarkan diagram pemilihan sabuk di atas, maka sabuk tipe A mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Lebar : 12,5 mm
- Tinggi : 9 mm
- Sudut : 40°

#### 3.5.1 Kecepatan Sabuk Untuk Menggerakkan Pisau

Untuk menentukan kecepatan sabuk, dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan 6 berikut ini :

Diketahui :

- Diameter *pulley* penggerak (Dp) = 76,2 mm
- Putaran *pulley* penggerak (Nm) = 1400 rpm

Maka, untuk mencari kecepatan sabuk digunakan persamaan

$$v = \frac{\pi \times D_p \times n_m}{60 \times 1000} \quad (6)$$

$$v = \frac{3,14 \times 76,2 \text{ mm} \times 1.400 \text{ rpm}}{60 \times 1000}$$

$$v = 5,58292 \text{ m/s}$$

#### Untuk Mengerakkan Tempat Tempe

Untuk menentukan kecepatan sabuk, dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

Diketahui :

- Diameter *pulley* penggerak (Dp) = 50,8 mm
- Putaran *pulley* penggerak (Nm) = 600 rpm

Maka, untuk mencari kecepatan sabuk digunakan persamaan 6

$$v = \frac{\pi \times D_p \times n_m}{60 \times 1000}$$

$$v = \frac{3,14 \times 50,8 \text{ mm} \times 600 \text{ rpm}}{60 \times 1000}$$

$$v = 1,59512 \text{ m/s}$$

#### 3.5.2 Panjang Keliling Sabuk Untuk Menggerakkan Pisau

Diketahui :

- Diameter *pulley* penggerak (D1) = 76,2 mm
- Diameter *pulley* yang digerakkan (D2) = 177,8 mm
- Jarak antar poros (C) = 320,97 mm (angka diambil berdasarkan jarak titik pusat puli pada desain)

Maka, panjang sabuk yang direncanakan digunakan persamaan 7

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_1 + D_2) + \frac{1}{4C} (D_2 - d_1)^2 \quad (7)$$

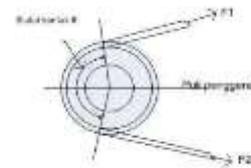
$$L = 2(320,97\text{mm}) + \frac{3,14}{2} (76,2 \text{ mm} + 177,8 \text{ mm}) + \frac{1}{4(320,97)} (177,8 - 76,2)^2\text{mm}$$

$$L = 641,94 \text{ mm} + \frac{3,14}{2} (254\text{mm}) + \frac{1}{1.283,88} (101,6)^2\text{mm}$$

$$L = 641,94\text{mm} + 1,57 (254\text{mm}) + 0,000778 (10.322,56)\text{mm}$$

$$L = 641,94\text{mm} + 398,78\text{mm} + 8,03095168\text{mm}$$

$$L = 1.048,75095168\text{mm}$$



Gambar 4. Sudut Kontak

Untuk Menggerakkan Tempat Tempe  
 Diketahui :

Diameter *pulley* penggerak (D1) = 50,8 mm  
 Diameter *pulley* yang digerakkan (D2) = 177,8 mm  
 Jarak sumbu kedua *pulley* (C) = 324 mm (angka diambil berdasarkan jarak titik pusat puli pada desain)  
 Maka, persamaan rumus yang digunakan adalah persamaan 7

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d1 + D2) + \frac{1}{4C} (D2 - d1)^2$$

$$L = 2(324 \text{ mm}) + \frac{3,14}{2} (50,8 \text{ mm} + 177,8 \text{ mm}) + \frac{1}{4(324)} (177,8 - 50,8)\text{mm}^2$$

$$L = 648 \text{ mm} + \frac{3,14}{2} (228,6\text{mm}) + \frac{1}{1.296} (127)\text{mm}^2$$

$$L = 648 \text{ mm} + 1,57 (228,6\text{mm}) + 0,00077 (16.129) \text{ mm}$$

$$L = 648 \text{ mm} + 358,902\text{mm} + 12,445\text{mm}$$

$$L = 1.019,347 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan panjang keliling sabuk didapatkan nilai L = 1.048,75095168 mm untuk menggerakkan pisau dan L = 1.019,347 mm untuk menggerakkan tempat tempe, maka digunakan sabuk A39 dengan panjang 41,3'' (1049,02 mm)

Part No.	Outside Length (inches)	Metric No.	Wt. (lbs.)	Stack/ Non-Stack	Std. Pack	Pack Weight (lbs.)
A/4 Section Recommended Pulleys: GD Type (BQ)						
A19	21.3	13A535	0.1	N	5	0.5
A20	22.3	13A560	0.1	N	5	0.5
A21	23.3	13C585	0.1	S	5	0.5
A22	24.3	13C610	0.1	S	5	0.5
A23	25.3	13C635	0.2	N	5	1.0
A24	26.3	13C665	0.2	S	5	1.0
A25	27.3	—	0.2	N	5	1
A26	28.3	13C710	0.2	S	5	1.0
A27	29.3	13C750	0.2	N	5	1.0
A28	30.3	13C755	0.2	S	5	1.0
A29	31.3	13C800	0.2	S	5	1.0
A30	32.3	13C815	0.2	S	5	1.0
A31	33.3	13C850	0.2	S	5	1.0
A32	34.3	13C865	0.2	S	5	1.0
A33	35.3	13C900	0.2	S	5	1.0
A34	36.3	13C915	0.2	S	5	1.0
A35	37.3	13C950	0.2	S	5	1.0
A36	38.3	13C965	0.2	S	5	1.0
A37	39.3	13C1000	0.2	S	5	1.0
A38	40.3	13C1020	0.2	S	5	1.0
A39	41.3	13C1045	0.3	S	5	1.5
A40	42.3	13C1075	0.3	S	5	1.5
A41	43.3	13C1095	0.3	S	5	1.5

Gambar 3. Ukuran Standar Sabuk V Tipe A

### 3.5.3 Sudut Kontak

Sudut kontak dapat dihitung dengan rumus persamaan 8 :

$$\theta = 180^\circ - \frac{57^\circ(D_2 - D_1)}{c} \quad [13] \quad (8)$$

Pada Penggerak Pisau

$$\theta = 180^\circ - \frac{57^\circ(D_2 - D_1)}{C}$$

$$= 180^\circ - \frac{57^\circ(177,8 \text{ mm} - 76,2 \text{ mm})}{320,97 \text{ mm}}$$

$$= 180^\circ - 18,043^\circ$$

$$= 161,957^\circ$$

Jadi, sudut kontak antara *pulley* dan sabuk untu penggerak pisau adalah 161,957°

Pada Penggerak Tempat Tempe

$$\theta = 180^\circ - \frac{57^\circ(D_2 - D_1)}{C}$$

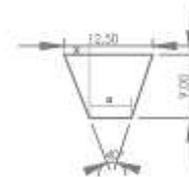
$$= 180^\circ - \frac{57^\circ(177,8 \text{ mm} - 50,8 \text{ mm})}{324 \text{ mm}}$$

$$= 180^\circ - 22,343^\circ$$

$$= 157,657^\circ$$

Jadi, sudut kontak antara *pulley* dan sabuk untu penggerak pisau adalah 157,657°

### 3.5.4 Perhitungan Luas Penampang Sabuk



Gambar 5. Luas Penampang Sabuk

$$\tan 20^\circ = \frac{x}{9 \text{ mm}} \quad (9)$$

$$x = \tan 20^\circ \times 9 \text{ mm}$$

$$= 0,36 \times 9 \text{ mm}$$

$$= 3,27 \text{ mm}$$

$$a = 12,5 \text{ mm} - 2x$$

$$= 12,5 \text{ mm} - 2(3,27 \text{ mm})$$

$$= 12,5 \text{ mm} - 6,54 \text{ mm}$$

$$= 5,96 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Penampang} = \frac{12,5 \text{ mm} + 5,96 \text{ mm}}{2} \times t$$

$$= 9,23 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$$

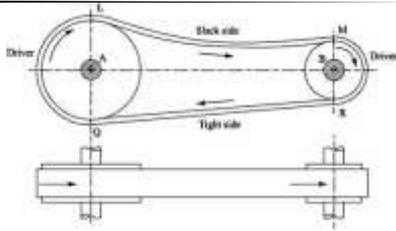
$$= 83,07 \text{ mm}^2 = 0.8307 \text{ cm}^2$$

### 3.5.5 Tegangan pada Sabuk

Untuk Menggerakkan Pisau

Gaya tegang maksimum sabuk sama dengan penjumlahan tegangan sabuk pada sisi yang tegang (T1) dengan tegangan sentrifugal sabuk (Tc), seperti persamaan 10 berikut ini

$$T_{\text{max}} = T_1 + T_c \quad (10)$$



Gambar 6. Gaya Tegangan Sabuk

Karena luas penampang sabuk (A) telah diketahui yaitu  $0.8307 \text{ cm}^2$  dan nilai tegangan sabuk bahan Belt Rubber ( Bobby Gustian , 2017) yaitu  $25 \text{ kg/cm}^2$ , maka nilai  $T_{\text{max}}$  adalah :

$$\begin{aligned} T_{\text{max}} &= A \times \sigma \\ &= 0.8307 \text{ cm}^2 \times 25 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 20,7675 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk nilai  $T_c$  (tegangan sabuk sentrifugal) dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_c = \frac{mv^2}{g}$$

$m = 0,106 \text{ kg}$  ( Sumber :Machine design - Khurmi Gupta).

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$T_c = \frac{mv^2}{g}$$

$$T_c = \frac{0,106 \text{ kg} \times (5,58292 \text{ m/s})^2}{9,81 \text{ m/s}^2} = 0,336 \text{ kg}$$

Dengan mengetahui data-data diatas maka sesuai dengan persamaan berikut maka nilai  $T_1$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_{\text{max}} = T_1 + T_c$$

$$T_1 = T_{\text{max}} - T_c$$

$$T_1 = 20,7675 \text{ kg} - 0,336 \text{ kg}$$

$$T_1 = 20,4315 \text{ kg}$$

$$T_1 = 200,3645695 \text{ N}$$

Dengan diketahuinya nilai  $T_1$  maka nilai  $T_2$  dapat kita hitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu \theta \text{ cosec } \alpha}$$

$$\ln \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \text{ cosec } \alpha$$

$$2,3 \text{ Log } \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \text{ cosec } \alpha$$

Keterangan :  $\mu = 0,3$  (Ketetapan koefisien gesek sabuk )

$$\theta = \frac{\text{sudut kontak}}{180^\circ} \pi \text{ rad}$$

$$= \frac{161,957^\circ}{180^\circ} 3,14 \text{ rad}$$

$$= 2,825 \text{ rad}$$

maka :

$$2,3 \text{ Log } \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \text{ cosec } \alpha$$

$$\text{Log } \frac{T_1}{T_2} = \frac{\mu \theta \text{ cosec } \alpha}{2,3}$$

$$\text{Log } \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,3 \cdot 2,825 \text{ rad} \cdot \text{cosec} 20^\circ}{2,3}$$

$$\text{Log } \frac{T_1}{T_2} = 1,36$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \text{antilog } 1,36$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 22,908677$$

$$T_2 = \frac{20,4315 \text{ kg}}{22,908677}$$

$$T_2 = 0,89 \text{ Kg}$$

$$T_2 = 8,7309 \text{ N}$$

Jadi, nilai  **$T_1 = 20,4315 \text{ kg}$  ( $200,3645695 \text{ N}$ )** dan  **$T_2 = 0,89 \text{ Kg}$  ( $8,7309 \text{ N}$ )**

Untuk Menggerakkan Tempat Tempe

$$T_{\text{max}} = 20,7675 \text{ kg}$$

Sedangkan untuk nilai  $T_c$  (tegangan sabuk sentrifugal) dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_c = \frac{mv^2}{g}$$

$m = 0,106 \text{ kg}$  ( Sumber :Machine design - Khurmi Gupta).

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$T_c = \frac{mv^2}{g}$$

$$T_c = \frac{0,106 \text{ kg} \times (1,59512 \text{ m/s})^2}{9,81 \text{ m/s}^2} = 0,027 \text{ kg}$$

Dengan mengetahui data-data diatas maka sesuai dengan persamaan berikut maka nilai  $T_1$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_{\text{max}} = T_1 + T_c$$

$$T_1 = T_{\text{max}} - T_c$$

$$T_1 = 20,7675 \text{ kg} - 0,027 \text{ kg}$$

$$T_1 = 20,7405 \text{ kg}$$

$$T_1 = 203,464305 \text{ N}$$

Dengan diketahuinya nilai  $T_1$  maka nilai  $T_2$  dapat kita hitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu \theta \text{ cosec } \alpha}$$

$$\ln \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \text{ cosec } \alpha$$

$$2,3 \text{ Log } \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \text{ cosec } \alpha$$

Keterangan :  $\mu = 0,3$  (Ketetapan koefisien gesek sabuk )

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{\text{sudut kontak}}{180^\circ} \pi \text{rad} \\ &= \frac{157,657^\circ}{180^\circ} 3,14 \text{rad} \\ &= 2,75 \text{ rad}\end{aligned}$$

maka :

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \operatorname{cosec} \alpha$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{\mu \theta \operatorname{cosec} \alpha}{2,3}$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,3 \cdot 2,75 \text{rad} \cdot \operatorname{cosec} 20^\circ}{2,3}$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = 1,323$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \operatorname{antilog} 1,323$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 21,037784$$

$$T_2 = \frac{20,7405 \text{ kg}}{21,037784}$$

$$T_2 = 0,986 \text{ Kg}$$

$$T_2 = 9,67 \text{ N}$$

Jadi, nilai **T1 = 20,7405 kg (203,464305 N)** dan **T2 = 0,986 Kg (9,67 N)**

### 3.5.6 Daya yang Ditransmisikan Sabuk

Untuk Menggerakkan Pisau

Daya yang ditransmisikan sabuk dapat dicari dengan persamaan 11 berikut :

$$P = (T_1 - T_2) V \quad (11)$$

T1 = Tight Side

T2 = Slack side

v = Kecepatan Sabuk

$$\begin{aligned}P &= (T_1 - T_2) V \\ &= (200,3645695 \text{ N} - 8,7309 \text{ N}) 5,58292 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= 1.069,88 \text{ Nm/s} \\ &= 1.069,88 \text{ watt}\end{aligned}$$

Untuk Menggerakkan Tempat Pisau

Daya yang ditransmisikan sabuk dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$P = (T_1 - T_2) V$$

T1 = Tight Side

T2 = Slack side

v = Kecepatan Sabuk

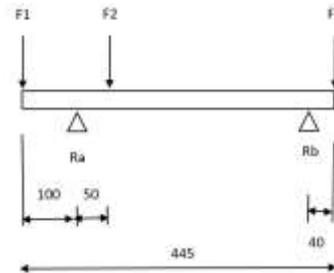
$$\begin{aligned}P &= (T_1 - T_2) V \\ &= (203,464305 \text{ N} - 9,67 \text{ N}) 1,59512 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= 300,13 \text{ Nm/s} \\ &= 300,13 \text{ watt}\end{aligned}$$

## 3.6 Pemilihan Poros

### 3.6.1 Momen Bengkok

Untuk Menggerakkan Pisau



$$F_1 \text{ (F piringan pisau)} = 4,928544 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}F_2 &= T_1 + T_2 \text{ (pada point 4.5.6.b)} \\ &= 213,134305 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_3 &= T_1 + T_2 \text{ (pada point 4.5.6.a)} \\ &= 209,0954695 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum M_B = 0 \text{ (SJJ +)}$$

$$R_A \times r - (F_1 \times r) - (F_2 \times r) - (F_3 \times r) + R_B \times r = 0$$

$$R_A \times 305 \text{ mm} - (4,928544 \text{ N} \times 405 \text{ mm}) - (213,134305 \text{ N} \times 255 \text{ mm}) + (209,0954695 \text{ N} \times 40) + R_B \times 0 = 0$$

$$305 \text{ mm} (R_A) = -47.981,49 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}R_A &= \frac{-47.981,49 \text{ Nmm}}{445 \text{ mm}} \\ &= -107,82 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum F_y = 0 \text{ (+↓)}$$

$$-R_B + F_1 + F_2 + F_3 - R_A = 0$$

$$\begin{aligned}R_B &= 4,928544 \text{ N} + 213,134305 \text{ N} + 209,0954695 \text{ N} + 107,82 \text{ N} \\ &= 534,98 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\sum M = 0 \text{ (SJJ +)}$$

$$X = 0 \rightarrow M_A = F_1 \times 0 = 0$$

$$\begin{aligned}X = 100 \rightarrow M_B &= F_1 \times 100 \text{ mm} \\ &= 4,928544 \text{ N} \times 100 \text{ mm} \\ &= 492,8544 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X = 150 \rightarrow M_C &= R_A \times 50 \text{ mm} - F_1 \times 150 \text{ mm} \\ &= 107,82 \text{ N} \times 50 \text{ mm} - 4,928544 \text{ N} \times 150 \text{ mm} \\ &= 4.717,07 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$X = 405 \rightarrow M_D = R_A \times 305 \text{ mm} - F_1 \times 405 \text{ mm} - F_2 \times 255 \text{ mm}$$

$$= 107,82 \text{ N} \times 305 \text{ mm} - 4,928544 \text{ N} \times 405 \text{ mm} - 213,134305 \text{ N} \times 255 \text{ mm}$$

$$= -23.460,208 \text{ Nmm}$$

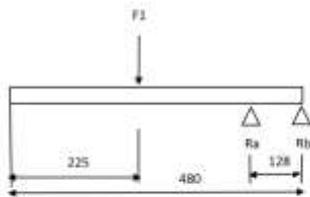
$$X = 445 \rightarrow M_E = R_A \times 345 \text{ mm} - F_1 \times 445 \text{ mm} - F_2 \times 295 \text{ mm} + R_B \times 40 \text{ mm}$$

$$= 107,82 \text{ N} \times 345 \text{ mm} - 4,928544 \text{ N} \times 445 \text{ mm} - 213,134305 \text{ N} \times 295 \text{ mm} + 534,98 \text{ N} \times 40 \text{ mm}$$

$$= -6.470,72 \text{ Nmm}$$

Jadi, momen bengkok maksimal terdapat pada  $x=405$  atau titik D dengan  $M_b$  23.460,208 Nmm

Untuk Menggerakkan Tempat Tempe



$$F_1 = T_1 + T_2 \text{ (pada point 4.5.6.b)} \\ = 213,134305 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0 \text{ (SJJ +)}$$

$$R_A \times r - (F_1 \times r) + R_B \times r = 0$$

$$R_A \times 128 \text{ mm} - (213,134305 \text{ N} \times 255 \text{ mm}) + R_B \times 0 = 0$$

$$128 \text{ mm} (R_A) = 54.349,25 \text{ Nmm}$$

$$R_A = \frac{54.349,25 \text{ Nmm}}{128 \text{ mm}} \\ = 424,6 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \text{ (+)} \downarrow$$

$$-R_B + F_1 + F_2 + F_3 - R_A = 0$$

$$R_B = 213,134305 \text{ N} - 424,6 \text{ N} \\ = -211,465695 \text{ N}$$

$$\sum M = 0 \text{ (SJJ +)}$$

$$X = 225 \rightarrow M_A = F_1 \times 0 = 0$$

$$X = 352 \rightarrow M_B = -F_1 \times 255 \\ = -213,134305 \text{ N} \times 255 \text{ mm} \\ = -54.349,25 \text{ Nmm}$$

$$X = 480 \rightarrow M_C = R_A \times 128 \text{ mm} - F_1 \times 225 \text{ mm} \\ = 424,6 \text{ N} \times 128 \text{ mm} - 213,134305 \text{ N} \times 255 \text{ mm} \\ = -0,447775 \text{ Nmm}$$

Jadi, momen bengkok maksimal terdapat pada  $x=352$  atau titik B dengan  $M_b$  54.349,25 Nmm

### 3.6.2 Tegangan Bengkok

Poros menggunakan bahan St-37, tegangan tarik izin bahan

$$\text{Diketahui} : \sigma_t = 370 \text{ N/mm}^2$$

Untuk menghitung tegangan bengkok, maka digunakan persamaan rumus 2.5

$$\sigma_b = \frac{\sigma_t}{v}$$

$$\sigma_b = \text{Tegangan bengkok}$$

$$\sigma_t = \text{Tegangan tarik material ST-37} = 37 \text{ N/mm}^2$$

$$v = \text{vaktor keamanan} = 5$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_t}{v}$$

$$\sigma_b = \frac{370 \text{ N/mm}^2}{5} \\ = 74 \text{ N/mm}^2$$

### 3.6.3 Diameter Poros

Poros merupakan salah satu komponen terpenting dari suatu mesin yang membutuhkan putaran dalam operasinya [14]

Untuk Menggerakkan Pisau

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$W_b = \frac{\pi}{32} d^3$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$74 \text{ N/mm}^2 = \frac{23.460,208 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{32} d^3}$$

$$74 \text{ N/mm}^2 = \frac{23.460,208 \text{ Nmm}}{\frac{3,14}{32} d^3}$$

$$d^3 = 3.230,87 \text{ mm}^3$$

$$d = 14,78 \text{ mm}$$

Untuk mempertimbangkan estetika dan ukuran standar bearing yang ada di pasaran maka poros yang akan digunakan adalah diameter **20 mm**.

Untuk Menggerakkan Tempat Tempe

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$W_b = \frac{\pi}{32} d^3$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$74 \text{ N/mm}^2 = \frac{54.349,25 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{32} d^3}$$

$$74 \text{ N/mm}^2 = \frac{54.349,25 \text{ Nmm}}{\frac{3,14}{32} d^3}$$

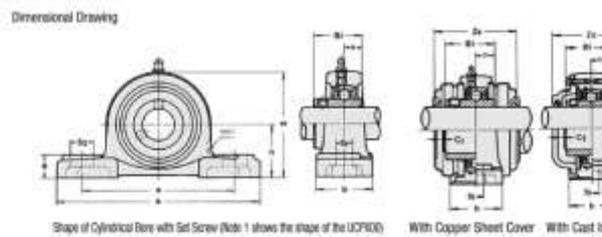
$$d^3 = 7.484,83 \text{ mm}^3$$

d = 19,5 mm

Untuk mempertimbangkan estetika dan ukuran standar bearing yang ada di pasaran maka poros yang akan digunakan adalah diameter **20 mm**.

3.7 Pemilihan Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerak bolak-balik dapat bekerja dengan aman, halus dan panjang umur. Bantalan harus kokoh untuk memungkinkan poros atau elemen mesin lainnya dapat bekerja dengan baik [15]. Berdasarkan dengan perhitungan diameter poros yang sebelumnya didapatkan besar diameter poros adalah 20 mm. Maka, untuk pemilihan bantalan dipilih bantalan dengan nomor bantalan 6004. Berikut spesifikasi bantalan yang dipilih



Ball Bearing Number	Ball Diameter (mm)	Main Dimension (mm)											Internal Grooving Ball Size	Bearing		Ball Layer Structure
		d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	d <sub>9</sub>	d <sub>10</sub>		d <sub>11</sub>	C <sub>1</sub>	
UCP-301	12	30.2	12.7	8.6	36	13	19	15	6.2	3.1	5.6	6.2	M 30	12.8	6.6	259CE
UCP-302	15	30.2	12.7	8.6	36	13	19	15	6.2	3.1	5.6	6.2	M 30	12.8	6.6	260CE
UCP-303	17	30.2	12.7	8.6	36	13	19	15	6.2	3.1	5.6	6.2	M 30	12.8	6.6	261CE
UCP-304	19	31.5	12.7	8.6	38	13	19	16	6.3	3.1	5.6	6.2	M 30	12.8	6.6	262CE
UCP-305	20	30.5	14.0	10.0	38	13	19	16	7.0	3.1	5.6	6.2	M 30	14	7.0	263CE
UCP-306	25	44.4	15.9	11.9	51	17	25	18	8.5	3.8	1.0	1.0	M 54	18.6	11.3	264CE
UCP-307	30	45	15.5	13.2	45	17	20	16	8.8	3.8	1.0	1.0	M 54	21.3	10.0	265CE
UCP-308	35	42.8	16.6	13.1	48	17	21	18	9.1	3.8	1.0	1.0	M 54	19.6	11.3	266CE
UCP-309	40	47.8	17.5	12.7	51	17	23	20	9.4	4.2	1.0	1.0	M 54	25.0	13.4	267CE
UCP-310	50	50	18.0	14.0	50	17	23	19	9.4	4.3	1.0	1.0	M 54	26.8	15	268CE
UCP-311	60	47.8	16.7	12.7	48	17	21	19	9.4	4.2	1.0	1.0	M 54	25.9	15.4	269CE
UCP-312	65	54	16.6	14.4	57	17	23	22	10.5	4.3	1.0	1.0	M 54	29.3	17.0	270CE
UCP-313	70	56	17.0	16.0	58	17	25	21	10.8	4.3	1.0	1.0	M 54	33.5	19.2	271CE
UCP-314	80	49.2	18.4	13.7	54	17	25	19	10.0	4.2	1.0	1.0	M 54	29.3	17.0	272CE
UCP-315	90	58.7	22.2	15.6	67	20	32	26	11.3	4.8	1.0	1.0	M 56	33	20.5	273CE
UCP-316	100	60	22.0	17.0	60	17	27	23	11.6	5.2	1.0	1.0	M 54	40.5	23.0	274CE
UCP-317	110	64	19.0	14.6	54	17	27	20	10.0	4.2	1.0	1.0	M 54	33	20.5	275CE
UCP-318	120	58.7	22.2	15.6	67	20	33	20	11.6	5.1	1.0	1.0	M 56	33.5	23.2	276CE
UCP-319	130	67	24.5	16.0	67	20	33	25	12.0	5.3	1.0	1.0	M 56	35.5	26.6	277CE
UCP-320	140	67.2	26.6	18.8	60	20	28	22	11.4	5.1	1.0	1.0	M 56	35.5	23.2	278CE
UCP-321	150	63.5	24.1	17.1	70	20	36	27	12.6	5.6	1.0	1.0	M 56	43	25.4	279CE
UCP-322	160	75	27.5	21.2	75	20	38	28	14.2	6.1	1.0	1.0	M 56	51.2	30.2	280CE
UCP-323	170	63.5	27.9	17.1	60	20	28	22	12.6	5.6	1.0	1.0	M 56	43	25.4	281CE
UCP-324	180	69.8	29.0	18.4	70	25	36	30	13.6	6.1	1.0	1.0	M 20	52.6	36.1	282CE
UCP-325	190	69	32.0	22.6	60	20	38	31	15.4	6.6	1.0	1.0	M 56	71.5	44.8	283CE
UCP-326	200	69.8	24.1	16.4	70	20	25	23	13.8	5.1	1.0	1.0	M 56	52.5	36.1	284CE
UCP-327	210	76.2	28.6	20.3	85	25	41	32	15.1	6.1	1.0	1.0	M 30	57.5	45	285CE
UCP-328	220	85	33.0	25.0	65	25	38	33	16.6	7.1	1.0	1.0	M 20	61.5	62	286CE
UCP-329	230	76.2	28.6	20.3	70	25	29	27	18.0	6.1	1.0	1.0	M 20	67.5	49	287CE
UCP-330	240	76.2	28.6	20.3	85	25	41	32	15.4	7.0	1.0	1.0	M 20	82	44	288CE
UCP-331	250	89	36.0	26.0	80	25	38	36	17.4	7.5	1.0	1.0	M 20	80.5	59.7	289CE
UCP-332	260	76.2	28.6	20.3	70	25	31	27	18.6	7.6	1.0	1.0	M 20	82	44	290CE
UCP-333	270	88.9	33.0	22.9	80	27	40	35	17.2	7.7	1.0	1.0	M 22	86	48.2	291CE
UCP-334	280	95	36.0	25.0	90	27	40	40	18.0	7.8	1.0	1.0	M 22	104	66	292CE
UCP-335	290	82.6	27.5	21.7	74	25	33	28	16.3	7.2	1.0	1.0	M 20	64	48.2	293CE
UCP-336	300	88.9	33.0	22.9	85	27	41	36	17.7	8.0	1.0	1.0	M 22	72.5	63	294CE
UCP-337	310	100	38.0	28.0	100	27	40	40	19.7	8.2	1.0	1.0	M 22	114	76.0	295CE
UCP-338	320	88.9	29.2	23.2	70	25	31	30	17.5	8.0	1.0	1.0	M 20	72.5	53	296CE
UCP-339	330	101.6	38.1	28.3	102	27	42	42	19.1	8.3	1.0	1.0	M 22	83.5	63.8	297CE
UCP-340	340	106	40.0	30.0	110	27	42	42	20.0	8.6	1.0	1.0	M 22	101	66.4	298CE
UCP-341	350	91.2	37.0	24.7	85	25	31	32	18.7	8.3	1.0	1.0	M 20	83.8	63.8	299CE
UCP-342	360	101.6	38.1	28.3	102	27	42	42	20.0	8.6	1.0	1.0	M 22	95.8	71.4	300CE
UCP-343	370	112	42.0	32.0	110	33	45	45	22.1	9.6	1.0	1.0	M 22	132	96.5	301CE
UCP-344	380	101.6	32.7	26.2	98	27	33	34	20.0	9.6	1.0	1.0	M 22	95.8	71.4	302CE
UCP-345	390	101.6	38.1	28.3	111	27	40	40	20.6	10.4	1.0	1.0	M 22	108	81.8	303CE
UCP-346	400	118	43.0	33.0	120	33	45	45	23.3	9.6	1.0	1.0	M 22	143	107.2	304CE
UCP-347	410	125	47.0	36.0	120	36	50	50	25.0	10.1	1.0	1.0	M 20	153	119.4	305CE
UCP-348	420	127	43.2	33.2	121	33	44	44	24.0	11.3	1.0	1.0	M 22	134	104.1	306CE
UCP-349	430	140	49.0	38.0	130	36	50	50	27.5	10.6	1.0	1.0	M 20	171	149.4	307CE

Gambar 1. Pemilihan Bantalan

Diameter dalam bantalan (ds)  
 = 20 mm (diameter poros)

Diameter Luar bantalan (D)  
 = 42 mm

Lebar bantalan (B)  
 = 12 mm

Kapasitas normal dinamis spesifik (C)  
 (1305,24 kg) = 12,8 kN

Kapasitas normal statis spesifik (Co)  
 = 6,6 kN (673,01 kg)

Beban Ekuivalen

Suatu beban yang besarnya sedemikian rupa hingga memberikan umur yang sama dengan umur yang diberikan oleh beban dan kondisi putaran sebenarnya disebut Beban Ekuivalen Dinamis . (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2018 ). Besar beban ekuivalen dinamis dapat dicari dengan persamaan berikut :

P = (XV . Fr) + (Y . Fa)

V = 1 (Sularso,2018)

X adalah faktor beban radial (biasanya 1 untuk beban radial murni)

Y adalah faktor beban aksial (biasanya 0 untuk beban radial murni)

Keterangan :

P = beban ekuivalen dinamis

Fr = beban radial

X = faktor radial

V = beban putar pada cincin dalam

Fr = gaya total

= 22,4 N

P = (XV . Fr) + (Y . Fa)

= (1.1 . 22,4) +(0.0)

= 22,4 N

= 2,2842 kg

Faktor Kecepatan

$f_n = \left(\frac{33,3}{n}\right)^{\frac{1}{3}}$

$f_n = \left(\frac{33,3}{600}\right)^{\frac{1}{3}}$

$f_n = 0,38$

Faktor Umur

$f_h = f_n \frac{C}{P}$

$f_h = 0,38 \frac{1305,24 \text{ kg}}{2,2842 \text{ kg}}$

$f_h = 217,14$

Umur Nominal

$L_h = 500 f_h^3$   
 = 500 (217,14)<sup>3</sup>

= 5.119.051.571,172 jam

Tabel 2.

Perobaan	Tebal yang dihasilkan (mm)			Hasil Irisan
	Irisan 1	Irisan 2	Irisan 3	
Percobaan 1	5,6	5,4	5	
Percobaan 2	4,7	5	4,5	
Percobaan 3	5,4	5,1	5,5	
Percobaan 4	3,8	3	4	
Percobaan 5	3,7	3,7	3,7	

#### 4.9 Perhitungan pada Kapasitas Motor

Motor yang digunakan untuk mesin pengiris tempe ini adalah motor listrik. Untuk menentukan kapasitas yang dihasilkan dari mesin pengiris tempe ini menggunakan rumus persamaan

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{m}{t} \\
 &= \frac{0,16 \text{ kg}}{57 \text{ s}} \\
 &= 0,0028 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

Untuk berat tempe 0,5 kg maka dibutuhkan waktu selama 178,6 s. Dalam waktu 1 jam maka mesin dapat menghasilkan sebanyak 10,078 kg

#### 3.8 Hasil Pengujian

Untuk melihat hasil irisan tempe menggunakan mesin pengiris tempe otomatis berbasis arduino uno dapat dilihat pada tabel 2

Berdasarkan dari tabel di atas, percobaan dilakukan sebanyak 5 kali dengan menghasilkan ketebalan tempe yang berbeda dan hasil irisan juga yang berbeda.

#### 3.8.1 Perhitungan Rata-rata

- Percobaan 1 = 5,3 mm
- Percobaan 2 = 4,73 mm
- Percobaan 3 = 5,3 mm
- Percobaan 4 = 3,83 mm
- Percobaan 5 = 3,7 mm

#### 3.8.2 Hasil Analisis

- Percobaan 1
- Hasil irisan : Hancur
- Percobaan 2
- Hasil irisan : Hancur

Percobaan 3

Hasil irisan : Hancur

Percobaan 4

Hasil irisan : Tidak Hancur

Percobaan 5

Hasil irisan : Tidak Hancur

Untuk mendapatkan irisan yang konsisten dan tidak hancur, diperlukan pengaturan yang tepat pada mesin, termasuk kecepatan motor dan posisi pisau. Atur kecepatan motor stepper dan posisi pisau untuk mendapatkan ketebalan irisan yang konsisten. Pastikan juga pisau selalu tajam dan bersih setiap melakukan percobaan.

#### 4.13.3 Program Arduino

Percobaan 1-3

```

1 // Define pin connections
2 #define DIR_PIN 4
3 #define STEP_PIN 5
4 #define PUL_PIN 6
5
6 // Number of steps per revolution for your stepper motor
7 #define STEPS_PER_REVOLUTION 10000 // Change this value according to your motor's specifications
8
9 void setup() {
10   pinMode(DIR_PIN, OUTPUT);
11   pinMode(STEP_PIN, OUTPUT);
12   pinMode(PUL_PIN, OUTPUT);
13
14   // Disable the motor
15   digitalWrite(DIR_PIN, LOW);
16 }
17
18 // Initialize the motor direction to forward
19 delay(5000);
20 }
21
22 void loop() {
23   // Move the motor 1 full revolution
24   digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
25   for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) {
26     digitalWrite(PUL_PIN, HIGH);
27     delayMicroseconds(5000); // Adjust speed with delay
28     digitalWrite(PUL_PIN, LOW);
29     delayMicroseconds(1000);
30   }
31
32   // Stop for 3 seconds
33   delay(3000);
34 }
    
```

```

17 // Initialize the motor direction to forward
18 delay(5000);
19 }
20
21 void loop() {
22   // Move the motor 1 full revolution
23   digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
24   for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) {
25     digitalWrite(PUL_PIN, HIGH);
26     delayMicroseconds(5000); // Adjust speed with delay
27     digitalWrite(PUL_PIN, LOW);
28     delayMicroseconds(1000);
29   }
30
31   // Stop for 3 seconds
32   delay(3000);
33 }
    
```

```

17 // Initialize the motor direction to forward
18 delay(5000);
19 }
20
21 void loop() {
22   // Move the motor 1 full revolution
23   digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
24   for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) {
25     digitalWrite(PUL_PIN, HIGH);
26     delayMicroseconds(1000); // Adjust speed with delay
27     digitalWrite(PUL_PIN, LOW);
28     delayMicroseconds(1000);
29   }
30
31   // Stop for 3 seconds
32   delay(3000);
33 }
    
```

Gambar 2. Program Arduino Uno Percobaan 1-3

Percobaan 4-5

```

1 // Define pin connections
2 #define DIR_PIN 4
3 #define STEP_PIN 5
4 #define PUL_PIN 6
5
6 // Number of steps per revolution for your stepper motor
7 #define STEPS_PER_REVOLUTION 13000 // Change this value according to your motor's specifications
8
9 void setup() {
10   pinMode(DIR_PIN, OUTPUT);
11   pinMode(STEP_PIN, OUTPUT);
12   pinMode(PUL_PIN, OUTPUT);
13
14   // Disable the motor
15   digitalWrite(DIR_PIN, LOW);
16 }
17
18 // Initialize the motor direction to forward
19 delay(5000);
20 }
21
22 void loop() {
23   // Move the motor 1 full revolution
24   digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
25   for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) {
26     digitalWrite(PUL_PIN, HIGH);
27     delayMicroseconds(1000); // Adjust speed with delay
28     digitalWrite(PUL_PIN, LOW);
29     delayMicroseconds(1000);
30   }
31
32   // Stop for 3 seconds
33   delay(3000);
34 }
    
```

```

17 // Initialize the motor direction to forward
18 delay(5000);
19 }
20
21 void loop() {
22   // Move the motor 1 full revolution
23   digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
24   for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) {
25     digitalWrite(PUL_PIN, HIGH);
26     delayMicroseconds(1000); // Adjust speed with delay
27     digitalWrite(PUL_PIN, LOW);
28     delayMicroseconds(1000);
29   }
30
31   // Stop for 3 seconds
32   delay(3000);
33 }
    
```

```

17 // Initialize the motor direction to forward
18 delay(5000);
19 }
20
21 void loop() {
22   // Move the motor 1 full revolution
23   digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
24   for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) {
25     digitalWrite(PUL_PIN, HIGH);
26     delayMicroseconds(1000); // Adjust speed with delay
27     digitalWrite(PUL_PIN, LOW);
28     delayMicroseconds(1000);
29   }
30
31   // Stop for 3 seconds
32   delay(3000);
33 }
    
```

Gambar 3. Program Arduino Uno Percobaan 4-5

Pada pengujian mesin pengiris tempe otomatis, perubahan pengaturan step per revolution dari motor stepper menunjukkan dampak signifikan terhadap kualitas hasil irisan tempe. Berikut adalah analisis lebih detail terkait pengaruh perubahan tersebut:

Pengaturan Awal: 10.000 Steps per Revolution

Hasil Uji 1-3: Irisan tempe hancur

Analisis

Dengan pengaturan 10.000 steps per revolution, motor stepper menggerakkan pendorong tempe dengan langkah yang lebih besar per satuan putaran. Akibatnya, gerakan pendorong menjadi kurang halus, yang dapat menyebabkan tekanan berlebih pada tempe saat dipotong. Langkah yang terlalu besar ini juga dapat mengakibatkan getaran atau gerakan tiba-tiba pada pendorong, yang akhirnya merusak struktur tempe selama proses pemotongan. Hal ini menyebabkan tempe hancur pada pengujian pertama hingga ketiga.

Penyesuaian: 13.000 Steps per Revolution

Hasil Uji 4-5: Irisan tempe tidak hancur

Analisis

Dengan peningkatan jumlah langkah per revolusi menjadi 13.000, motor stepper bergerak dengan langkah yang lebih kecil per satuan putaran. Ini menghasilkan gerakan yang lebih halus dan lebih terkontrol pada pendorong tempe. Perubahan ini mengurangi tekanan berlebih dan getaran pada tempe, memungkinkan pendorong untuk mengiris tempe dengan presisi tanpa merusak strukturnya. Hasilnya, irisan tempe lebih konsisten dan tidak hancur pada pengujian keempat dan kelima.

#### 4. Kesimpulan

Dari keseluruhan proses Rancang Bangun Mesin Pengiris Tempe Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno, maka dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya :

- a) Rancang bangun mesin pengiris tempe otomatis berbasis mikrokontroler arduino uno, dilakukan mulai dari proses perancangan sampai pembuatan gambar kerja dengan spesifikasi umum mesin sebagai berikut :
 

Panjang	: 607 mm
Lebar	: 504 mm
Tinggi	: 420 mm
Daya Motor	: 0,47 hp
Putaran	: 1400 rpm
- b) Mesin ini dirancang untuk bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan pisau pengiris yang berputar untuk mengiris tempe. Tempe ditempatkan dalam sebuah wadah yang bergerak ke kiri dan kanan, memastikan setiap bagian tempe teriris dengan sempurna oleh pisau. Sistem pendorong yang digerakkan oleh motor stepper, dikendalikan oleh Arduino Uno, mendorong tempe secara perlahan dan presisi ke arah pisau pemotong.
- c) Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali, dengan tebal hasil rata-rata percobaan 3,7 – 5,3 mm

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada civitas akademika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang serta seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

#### Daftar Rujukan

- [1] A. Wahyudi, "Pengaruh variasi suhu ruang inkubasi terhadap waktu pertumbuhan *Rhizopus oligosporus* pada pembuatan tempe kedelai," *J. Redoks*, vol. 3, no. 1, pp. 37–44, 2018.
- [2] A. P. Utomo and Q. Nurlaila, "Perancangan Mesin Pengiris Tempe Semiotomatis Dengan Arah Pengirisan Horizontal," *PROFISIENSI J. Progr. Stud. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, pp. 252–261, 2021.
- [3] H. Hendriko, M. D. Hura, J. Jaenudin, M. Rahmawaty, and N. Khamdi, "Rancang Bangun Mesin Pengiris Tempe Otomatis Dengan Pengaturan Ketebalan," *Austenit*, vol. 14, no. 1, pp. 24–31, 2022.
- [4] T. Ely, P. R. Dian, P. S. Galang, and R. S. Ninik, "Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna Mesin Pengiris Tempe Untuk Meningkatkan Produktifitas Ukm Keripik Tempe Di Desa Siliragung Kecamatan Siliragung," *ROTOR*, vol. 10, no. 2, pp. 64–66, 2017.
- [5] S. D. Ramdan, "Pengembangan Koper Pintar Berbasis Arduino," *J. ICTEE*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [6] T. Akhir, "Perancangan Mesin Pengiris Tempe Berkapasitas 10 Kg / Jam," 2022.
- [7] K. Rasyid and I. H. Basit, "Perancangan Pressure Vessel Horizontal dengan tekanan operasi 364 psi dan temperatur operasi 60," 2024.
- [8] R. Rivaldo, A. Figo, and C. Celly, "Rancang Bangun Mesin pengiris keripik tempe." Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2021.
- [9] A. Ariyudha, "Laporan Kerja Praktek Lapangan Rancang Bangun Mesin Mixer Pengaduk Pakan Ternak 500 Kg/Jam di CV Micro. Enterprises," 2021.
- [10] A. Saidah and A. Farudin, "Rancang Bangun Mesin Pengiris Tempe Dengan Motor Penggerak 0, 5 Hp Untuk Mendukung Ukm," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 22–31, 2023.
- [11] W. H. Tarihoran, "Kaji Eksperimental Susunan Mata Pisau Mesin Perontok Buah Kelapa Sawit Dari Tandannya," 2023.
- [12] H. Syamsuri, "Perancangan Simulator Kompresor Torak untuk Media Pembelajaran," *J. Mesin Galuh*, vol. 2, no. 1, pp. 26–34, 2023.
- [13] N. A. Rosadi, A. Ulhafidzah, Y. Yuliarman, M. Menhendry, and Y. Yetri, "Perancangan dan Simulasi Mesin Perontok Biji Jagung Kapasitas 400 Kg/Jam," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 15, no. 02, pp. 229–238, 2023.
- [14] A. Syukran, "Analisa Perancangan Mesin Prontok Jagung Terhadap Putaran dan Laju Produksi." Universitas Islam Riau, 2017.
- [15] V. N. Van Harling and H. Apasi, "Perancangan Poros Dan Bearing Pada Mesin Perajang Singkong," *Sosced*, vol. 1, no. 2, pp. 42–48, 2018.