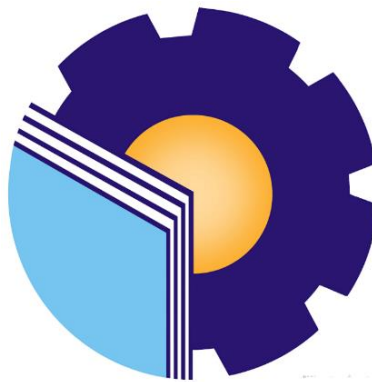


## **TUGAS AKHIR**

### **RANCANG BANGUN MESIN PENDINGIN ROTI KERING UNTUK NADYA BAKERY**

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Diploma Tiga Teknik  
Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis*



**MHD.FACHRURROZI**  
**NIM 2103221230**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK MESIN**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**RANCANG BANGUN MESIN PENDINGIN ROTI KERING**  
**UNTUK NADYA BAKERY**

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma Tiga*  
*Jurusan Teknik Mesin*

Oleh:  
**MHD. FACHRURROZI**  
**2103221230**

Disetujui oleh tim penguji tugas akhir:

Tanggal Ujian : 10 Agustus 2025

1.

  
**Bambang Dwi Haripriadi, S.T., M.T.**  
**197310142021211005**

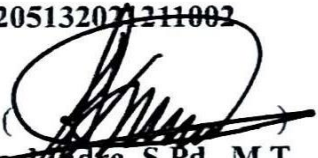
(Pembimbing)

2.

  
**Razali, S.T., M.T.**  
**197205132021211002**

(Penguji 1)

3.

  
**Akmal Huda, S.Pd., M.T.**  
**197509122021211002**

(Penguji 2)

4.

  
**Syahrizal, S.T., M.T.**  
**197310142021211005**

(Penguji 3)

Bengkalis, 10 Agustus 2025

Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
**Ibnu Hajar, S.T., M.T.,**  
**NIP.197108102021212001**

## HALAMAN PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Tugas Akhir ini, dan kami berpendapat bahwa Tugas Akhir layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya.

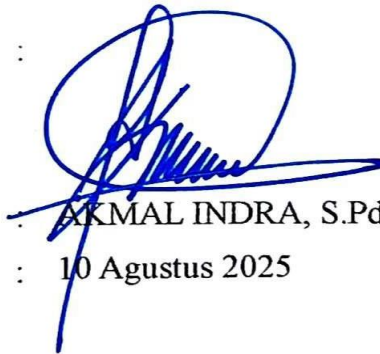
Tanda Tangan :



Nama Penguji 1 : RAZALI, S.T., M.T.

Tanggal Pengujian : 10 Agustus 2025

Tanda Tangan :



Nama Penguji 2 : AKMAL INDRA, S.Pd., M.T.

Tanggal Pengujian : 10 Agustus 2025

Tanda Tangan :



Nama Penguji 3 : SYAHRIZAL, S.T., M.T.

Tanggal Pengujian : 10 Agustus 2025

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di publikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar Pustaka.



Bengkalis, 08 Juli 2025

**MHD. FACHRURROZI**  
**2103221230**

# **RANCANG BANGUN MESIN PENDINGIN ROTI KERING UNTUK NADYA BAKERY**

Nama Mahasiswa : MHD. FACHRURROZI

Nim: 2103221230

Dosen Pembimbing : BAMBANG DWI HARIPRIADI, ST., M.T

## **ABSTRAK**

Nadya *Bakery* merupakan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) yang bergerak di bidang produksi roti, menghadapi kendala dalam proses pendinginan roti yang masih dilakukan secara konvensional. Metode pendinginan yang digunakan saat ini kurang efisien karena membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros guna meningkatkan efisiensi pendinginan serta menjaga kualitas produk. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan mekanisme pemutar poros pada alat pendingin roti dapat menjadi solusi inovatif dalam industri *Bakery*, terutama bagi UMKM yang ingin meningkatkan kapasitas produksi dan efisiensi energi. Teknologi ini tidak hanya dapat diterapkan dalam industri pangan tetapi juga menjadi referensi bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang otomasi proses pendinginan.

Kata Kunci: Pendinginan Roti, Mekanisme Pemutar Poros, Efisiensi Energi, Motor DC, Distribusi Udara.

# **RANCANG BANGUN MESIN PENDINGIN ROTI KERING UNTUK NADYA BAKERY**

Nama Mahasiswa : MHD. FACHRURROZI

Nim: 2103221230

Dosen Pembimbing : BAMBANG DWI HARIPRIADI, ST., M.T

## ***ABSTRACT***

*Nadya Bakery is a micro, small, and medium enterprise (MSME) engaged in bread production, facing challenges in the drying process, which is still carried out conventionally. The current drying method is inefficient as it requires a long processing time, uneven heat distribution, and high energy consumption. Therefore, this study aims to design and develop a bread drying machine based on a rotating shaft mechanism to enhance drying efficiency and maintain product quality. The conclusion of this study is that the use of a rotating shaft mechanism in the bread drying machine can be an innovative solution for the Bakery industry, particularly for MSMEs seeking to improve production capacity and energy efficiency. This technology can be applied not only in the food industry but also as a reference for further developments in drying process automation.*

*Keywords: Bread Drying, Rotating Shaft Mechanism, Energy Efficiency, DC Motor, Air Distribution*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Rancang Bangun Mesin Pendingin Roti" ini dengan baik. Penulisan ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir Program Studi Diploma Tiga Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis.

Dalam proses penyusunan ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Jhony Custer, ST., MT selaku Direktur Politeknik Negeri Bengkalis
2. Bapak Ibnu Hajar, ST., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Sunarto, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi D3 Teknik Mesin.
4. Bapak Syahrizal, ST., M.T. selaku coordinator kerja praktek (KP)
5. Bapak-bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin.
6. Bapak BAMBANG DWI HARIPRIADI, ST., M.T. sebagai pembimbing.
7. Kedua orangtua dan keluarga yang telah banyak mendoakan dan berkorban selama perkuliahan ini.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan laporan ini.
9. Kepada semua teman-teman yang tidak bisa di sebutkan satu persatu.  
Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tidak terlepas dari kesalahan dan kesilapan baik dari segi isi maupun dari segi penulisannya.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan demi perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini ke depannya.

Akhir kata, penulis berharap bahwa laporan ini dapat memberikan kontribusi positif, baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun bagi masyarakat. Semoga

Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.  
Aamiin.

Bengkalis, 08 Juli 2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'MHD. FACHRURROZI', with a stylized flourish at the end.

**MHD. FACHRURROZI**  
**2103221230**

## DAFTAR ISI

|                                                              |             |
|--------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>                               | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>                               | <b>ii</b>   |
| <b>PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>                  | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                         | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                        | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                   | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                       | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                    | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                    | <b>xii</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                      | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                     | 2           |
| 1.3 Batasan Masalah .....                                    | 3           |
| 1.4 Tujuan .....                                             | 3           |
| 1.5 Manfaat .....                                            | 3           |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>                           | <b>4</b>    |
| 2.1 Landasan Teori .....                                     | 4           |
| 2.1.1 Konsep Dasar Alat Pendingin Roti .....                 | 4           |
| 2.1.2 Mekanisme Pemutar Poros dalam Pendinginan.....         | 4           |
| 2.2 Penelitian Terdahulu .....                               | 5           |
| 2.2.1 Pengembangan Sistem Pendinginan Roti .....             | 5           |
| 2.2.2 Efektivitas Sistem Pemanas dan Mekanisme Pemutar ..... | 6           |
| 2.2.3 Evaluasi Kinerja Alat Pendingin Roti.....              | 6           |
| 2.2.4 Inovasi dalam Teknologi Pendinginan Roti.....          | 6           |
| 2.3 Perhitungan Dasar Perancangan.....                       | 6           |
| 2.1.1 Beban Puntir (Torsi karena Beban).....                 | 6           |
| 2.1.2 Perpindahan Panas Konveksi .....                       | 7           |

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.3 Efisiensi Waktu Pendinginan .....            | 7         |
| 2.1.4 Kecepatan Putar Poros.....                   | 7         |
| 2.1.5 Rumus perhitungan gaya.....                  | 7         |
| 2.1.6 Rumus perhitungan daya motor .....           | 7         |
| 2.1.7 Rumus perhitungan daya rencana .....         | 8         |
| 2.1.8 Rumus perhitungan torsi poros .....          | 8         |
| 2.1.9 Rumus perhitungan kecepatan sabuk .....      | 8         |
| 2.1.10 Rumus perhitungan panjang sabuk .....       | 8         |
| 2.1.11 Rumus kecepatan sudut.....                  | 9         |
| 2.1.12 Massa roti.....                             | 9         |
| 2.1.13 Gaya Sentrifugal .....                      | 9         |
| 2.1.14 Gaya gesek maksimum .....                   | 9         |
| <b>BAB III METODOLOGI PERANCANGAN.....</b>         | <b>10</b> |
| 3.1 Alat Dan Bahan.....                            | 10        |
| 3.1.1 Alat.....                                    | 10        |
| 3.1.2 Bahan .....                                  | 13        |
| 3.2 Diagram Alir .....                             | 15        |
| 3.3 Teknik Pengumpulan Data.....                   | 18        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>           | <b>19</b> |
| 4.1 Proses Pembuatan Alat Pendinginan Roti .....   | 19        |
| 4.1.1 Perancangan Desain dan Skema Alat .....      | 19        |
| 4.1.3 Proses Pembuatan Alat .....                  | 20        |
| 4.2 Pembahasan Pembuatan.....                      | 25        |
| 4.2.1 Penggunaan Rangka dan Komponen Lainnya ..... | 25        |
| 4.2.2 Sistem Putar dan Transmisi .....             | 26        |
| 4.2.3 Jaring dan Dudukan .....                     | 26        |
| 4.2.4 Sistem Kelistrikan dan Kontrol.....          | 26        |
| 4.3 Hasil Pengujian .....                          | 27        |
| 4.4 Hasil Perhitungan .....                        | 31        |

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.1 Beban Puntir (Torsi karena Beban) .....      | 31        |
| 4.4.2 Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi ..... | 31        |
| 4.4.3 Efisiensi Waktu Pendinginan .....            | 31        |
| 4.4.4 Kecepatan Putar Poros .....                  | 32        |
| 4.4.5 Rumus perhitungan gaya.....                  | 32        |
| 4.4.6 Rumus perhitungan daya motor .....           | 32        |
| 4.4.7 Rumus perhitungan daya rencana .....         | 33        |
| 4.4.8 Rumus perhitungan torsi poros .....          | 33        |
| 4.4.9 Rumus perhitungan kecepatan sabuk.....       | 33        |
| 4.4.10 Rumus perhitungan panjang sabuk .....       | 34        |
| 4.4.11 Rumus kecepatan sudut.....                  | 34        |
| 4.4.12 Massa roti.....                             | 34        |
| 4.4.13 Gaya Sentrifugal .....                      | 35        |
| 4.4.14 Gaya gesek maksimum .....                   | 35        |
| 4.5 Pelaksanaan Pengujian.....                     | 36        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                         | <b>37</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                               | 37        |
| 5.2 Saran .....                                    | 37        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                        | <b>38</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3. 1 Alat Las .....                                               | 10 |
| Gambar 3. 2 Besi Hollow .....                                            | 11 |
| Gambar 3. 3 Gerinda .....                                                | 11 |
| Gambar 3. 4 Besi Angker .....                                            | 12 |
| Gambar 3. 5 Plat besi .....                                              | 12 |
| Gambar 3. 6 Alat ukur .....                                              | 12 |
| Gambar 3. 7 <i>Pulley</i> Dan <i>V-belt</i> .....                        | 13 |
| Gambar 3. 8 Motor DC .....                                               | 14 |
| Gambar 3. 9 Elektroda .....                                              | 14 |
| Gambar 3. 10 Desain Alat .....                                           | 16 |
| Gambar 4. 1 Desain Alat .....                                            | 19 |
| Gambar 4. 2 Pengumpulan Material .....                                   | 20 |
| Gambar 4. 3 Pemotongan Material .....                                    | 21 |
| Gambar 4. 4 Pengelasan Rangka .....                                      | 21 |
| Gambar 4. 5 Pemasangan Alas Meja .....                                   | 22 |
| Gambar 4. 6 Pembuatan Kedudukan Bearing .....                            | 22 |
| Gambar 4. 7 Pengelasan Rangka Jaring .....                               | 23 |
| Gambar 4. 8 Pengamplasan Dan Pengecatan .....                            | 23 |
| Gambar 4. 9 Perakitan Motor dan Saklar .....                             | 24 |
| Gambar 4. 10 Instalasi Sistem <i>Pulley</i> serta Kedudukan Motor .....  | 24 |
| Gambar 4. 11 Perbandingan gaya sentrifugal dan gaya gesek maksimum ..... | 36 |
| Gambar 4. 12 Pengujian Pengukuran Manual .....                           | 28 |
| Gambar 4. 13 Statistik Pengujian Menggunakan Alat .....                  | 30 |

## DAFTAR TABEL

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Tabel 3. 1 Pengujian Data .....                | 18 |
| Tabel 4. 1 Spesifikasi Komponen .....          | 25 |
| Tabel 4. 2 Faktor Koreksi .....                | 33 |
| Tabel 4. 3 Tabel koefisien gesek.....          | 35 |
| Tabel 4. 4 Tabel Pengukuran Manual .....       | 27 |
| Tabel 4. 5 Tabel Pengujian Meggunaka Alat..... | 29 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kelompok usaha Nadya Bakery adalah salah satu bentuk usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) yang berlokasi di Jalan KH. A. Rasyid, Desa Pedekik, Kabupaten Bengkalis. Usaha ini dikelola oleh Bapak Zainuri dan memproduksi berbagai varian roti, yaitu roti manis (roti Jon dan roti Burger), roti kering, serta roti isi (roti Selai). Kapasitas produksi harian untuk setiap varian adalah 350–400 bungkus untuk roti manis, 200 bungkus untuk roti kering, dan 250 bungkus untuk roti isi. Roti yang dihasilkan sering dipesan untuk berbagai keperluan acara, seperti pernikahan, pertemuan warga, pengajian, serta pesta lainnya. Seiring dengan meningkatnya pasar, Nadya *Bakery* terus berupaya meningkatkan kualitas serta *variasi* produk rotinya.

Dalam proses produksinya, Nadya *Bakery* menghadapi beberapa kendala, khususnya dalam proses pendinginan roti. Saat ini, pendinginan masih dilakukan secara konvensional, sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama dan kurang efisien. Selain itu, tidak adanya sistem yang memastikan distribusi panas merata menyebabkan hasil pendinginan yang kurang konsisten, baik dari segi tekstur maupun ketahanan produk. Masalah lainnya adalah tingginya konsumsi energi akibat metode pendinginan yang belum teroptimisasi. Oleh karena itu, diperlukan *inovasi* berupa alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros, yang dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas produk.



Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan “Alat Pendingin Roti Berbasis Mekanisme Pemutar Poros” yang dapat meningkatkan efisiensi proses pendinginan. Metode yang digunakan meliputi pemanfaatan motor listrik sebagai penggerak utama poros untuk memastikan *rotasi* yang optimal selama pendinginan. Penelitian ini akan melalui tahapan perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi kinerja guna memastikan alat bekerja secara efektif.

Sebagai solusi bagi Nadya Bakery yang masih menggunakan metode pendinginan konvensional dan membutuhkan waktu hingga seharian, penelitian ini menawarkan desain Alat Pendingin Roti yang mampu mendistribusikan panas secara merata menggunakan mekanisme pemutar poros. Alat ini diharapkan dapat mengurangi waktu pendinginan secara optimal serta meningkatkan kualitas produk akhir, khususnya roti kering. Selain itu, desain ini dapat menjadi acuan bagi industri kecil menengah dalam mengadopsi teknologi *otomasi* pada proses pendinginan roti.

Berdasarkan berbagai penelitian, metode pengeringan statis sering kali menyebabkan distribusi panas yang tidak merata, yang berdampak pada ketidaksempurnaan tekstur dan kualitas produk. Studi terdahulu juga menunjukkan bahwa sistem pengeringan yang dikombinasikan dengan mekanisme pemutar dapat meningkatkan efisiensi energi dan menghasilkan produk dengan kualitas lebih baik. Dalam konteks ini, pengembangan Alat Pendingin Roti Berbasis Mekanisme Pemutar Poros menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi.

Sistem pendingin roti ini tidak hanya mengoptimalkan waktu, tetapi juga memberikan pendekatan inovatif dalam industri pangan. Teknologi ini berpotensi menjadi standar baru dalam produksi roti, khususnya dalam mendukung perkembangan industri *Bakery* modern dan otomasi sistem pengolahan makanan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana merancang alat pendingin roti yang dapat mengurangi waktu pendinginan roti secara efisien?

2. Sejauh mana alat pendingin roti yang dirancang dapat meningkatkan efisiensi waktu dalam pendinginan di bandingkan dengan metode konvensional?

### **1.3 Batasan Masalah**

1. Penelitian ini hanya akan fokus pada desain alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros.
2. Uji coba dan pengujian dilakukan hanya pada jenis roti yang biasa diproduksi oleh Nadya *Bakery*, seperti roti tawar, roti manis, roti kering dan roti selai.
3. Penelitian ini tidak akan mencakup aspek lain dari produksi roti selain proses pendinginan, seperti pencampuran bahan atau pemanggangan.
4. Pengujian akan dilakukan dengan mempertimbangkan waktu pendinginan yang sesuai untuk mencapai hasil yang optimal.

### **1.4 Tujuan**

1. Merancang dan membangun alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros yang dapat meningkatkan efisiensi waktu dan kualitas proses pendinginan.
2. Memberikan solusi bagi UMKM, khususnya Nadya *Bakery*, untuk meningkatkan kualitas dan kapasitas produksi roti.

### **1.5 Manfaat**

1. Meningkatkan efisiensi produksi dengan mengurangi waktu pendinginan dan memastikan hasil yang lebih konsisten dalam kualitas roti.
2. Menjadi acuan untuk pengembangan teknologi pendinginan yang lebih efisien dan dapat diterapkan pada berbagai jenis roti dan produk sejenis.
3. Menjadi kontribusi dalam penelitian dan penerapan teknologi otomasi dalam proses pengolahan pangan.
4. Menyediakan wawasan baru dalam penerapan mekanisme pemutar poros pada sistem pendinginan roti serta pemanfaatan teknologi.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Landasan Teori**

Untuk membuat sebuah Perancangan tentunya mencari Perancangan terdahulu sebagai referensi agar mempermudah proses Perancangan, berikut adalah penelitian terdahulu yang dijadikan referensi pada Perancangan ini:

##### **2.1.1 Konsep Dasar Alat Pendingin Roti**

Alat pendingin roti berfungsi untuk menghilangkan kelembaban dari produk roti dengan cara yang efisien, meningkatkan ketahanan, dan memperpanjang umur simpan roti. Pendinginan yang efektif memastikan bahwa kualitas produk terjaga dengan baik, termasuk tekstur dan rasa. Menurut *Zhang et al.* (2021), sistem pendinginan yang optimal dapat mengurangi waktu pengeringan sambil menjaga kualitas *organoleptik* roti.

*Xu et al.* (2019) Penelitian ini menyoroti pentingnya pengaturan suhu dan kelembaban dalam proses pendinginan roti. *Xu et al.* menemukan bahwa pendinginan pada suhu rendah dengan kelembaban yang dikontrol dapat mempertahankan struktur mikro roti serta mencegah perubahan warna yang signifikan. Hal ini berpengaruh pada kualitas seperti tekstur dan rasa, yang sangat penting dalam produk roti.

*Yilmaz & Yilmaz* (2020) Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan teknologi pendinginan udara panas yang dikombinasikan dengan rotasi poros. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem rotasi ini dapat mempercepat proses pendinginan tanpa merusak kualitas roti. Selain itu, pendinginan yang lebih merata dan efisien juga membantu menghasilkan roti dengan kualitas yang konsisten.

##### **2.1.2 Mekanisme Pemutar Poros dalam Pendinginan**

Mekanisme pemutar poros digunakan untuk memastikan rotasi yang merata selama proses pendinginan, sehingga pendinginan dapat didistribusikan secara konsisten ke seluruh permukaan roti. Menurut penelitian oleh *Lee & Wang* (2020), rotasi yang

terkontrol dengan baik akan mempercepat pendinginan roti, mengurangi waktu yang diperlukan untuk pendinginan.

Penelitian ini memfokuskan pada pengaruh rotasi poros dalam proses pendinginan produk makanan, termasuk roti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rotasi yang terkontrol dengan baik meningkatkan kecepatan pendinginan, mengurangi ketidakmerataan kelembaban, dan memastikan hasil akhir yang lebih homogen pada produk roti. *Chen et al.* (2018).

*Tan & Sia* (2021) Dalam penelitian ini, peneliti mengkaji efektivitas rotasi poros dalam meningkatkan efisiensi pengeringan bahan makanan. Mereka menemukan bahwa rotasi tidak hanya meningkatkan distribusi panas yang merata, tetapi juga membantu mengurangi risiko pembentukan kerak pada permukaan roti yang dapat merusak tekstur dan rasa.

*Li et al.* (2017) Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan mekanisme pemutar poros dalam teknologi pendinginan berbasis udara panas. Peneliti menemukan bahwa rotasi yang teratur memperbaiki distribusi panas dan mengurangi pembentukan kelembaban yang terkonsentrasi, sehingga mempercepat proses pendinginan dan menghasilkan roti dengan kualitas yang lebih baik.

Dengan adanya mekanisme pemutar poros yang efektif, alat pendingin roti dapat meningkatkan efisiensi pendinginan, memastikan pendinginan yang merata, serta menghasilkan produk dengan kualitas lebih baik dalam waktu yang lebih singkat.

## **2.2 Penelitian Terdahulu**

### **2.2.1 Pengembangan Sistem Pendinginan Roti**

Penelitian oleh *Zhang et al.* (2021) membahas pengembangan alat pendingin roti berbasis sistem pemutar poros. Dalam penelitian ini, rotasi alat pendingin dianggap penting untuk memastikan distribusi panas yang merata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mekanisme pemutar poros dapat mempercepat proses pendinginan hingga 30% dibandingkan metode pendinginan statis.

### 2.2.2 Efektivitas Sistem Pemanas dan Mekanisme Pemutar

Studi oleh Kurniawan dan Pertiwi (2022) mengevaluasi pengaruh sistem mekanisme pemutar pada alat pendingin. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan elemen pemanas yang dikombinasikan dengan mekanisme pemutar, pendinginan dapat terjadi secara lebih merata dan efisien. Mereka berhasil mengurangi waktu pendinginan bahan hingga 50% dengan kualitas produk yang lebih baik.

### 2.2.3 Evaluasi Kinerja Alat Pendingin Roti

Penelitian oleh Simatupang dan Siahaan (2021) mengkaji evaluasi kinerja alat pendingin roti yang menggunakan sistem pemutar poros. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa alat pendingin ini dapat mengurangi waktu pendinginan secara signifikan dan menghasilkan roti dengan kualitas tekstur yang lebih baik dibandingkan dengan pendinginan manual.

### 2.2.4 Inovasi dalam Teknologi Pendinginan Roti

Penelitian terbaru oleh *Rachman et al.* (2024) meneliti inovasi dalam teknologi pendinginan roti, termasuk penggunaan sistem pemutar poros. Mereka menemukan bahwa teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi produksi dengan mengurangi waktu pendinginan hingga 40%, sambil mempertahankan atau bahkan meningkatkan kualitas rasa dan tekstur roti.

## 2.3 Perhitungan Dasar Perancangan

Untuk menunjang desain dan performa alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros, dilakukan beberapa perhitungan dasar mekanis dan termal yang meliputi pemilihan kecepatan putaran poros, perhitungan torsi (beban puntir), serta analisis perpindahan panas.

### 2.1.1 Beban Puntir (Torsi karena Beban)

$$T = F \times r$$

Keterangan:

- $T$  = Torsi (N·m)
- $F$  = Gaya (N), misalnya berat rak + roti
- $r$  = Jari-jari poros/lengan putar (m)

### 2.1.2 Perpindahan Panas Konveksi

$$Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

Keterangan :

- $Q$  = Laju perpindahan panas (Watt)
- $h$  = Koefisien konveksi ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ )
- $A$  = Luas permukaan roti ( $\text{m}^2$ )
- $T_s$  = Suhu permukaan roti ( $^\circ\text{C}$ )
- $T_\infty$  = Suhu udara sekitar ( $^\circ\text{C}$ )

### 2.1.3 Efisiensi Waktu Pendinginan

$$\eta = \frac{W_{\text{konvensional}} - W_{\text{alat}}}{W_{\text{konvensional}}} \times 100\%$$

Keterangan :

- $W_{\text{Konvensional}}$  = Waktu Pendinginan Metode lama
- $W_{\text{Alat}}$  = Waktu Pendinginan dengan Alat

### 2.1.4 Kecepatan Putar Poros

$$N_2 = N_1 \times \left( \frac{D_1}{D_2} \right)$$

Keterangan :

- $N_2$  = Putaran Poros Yang Digerakkan (Rpm)
- $N_1$  = Putaran Motor (Rpm)
- $D_1$  = Diameter *Pulley* Motor (Mm)
- $D_2$  = Diameter *Pulley* Poros (Mm)

### 2.1.5 Rumus perhitungan gaya

$$F = m \times a$$

Keterangan :

- $F$  = Gaya (N)
- $m$  = Massa (Kg)
- $a$  = Percepatan (Gravitasi) (M/S)

### 2.1.6 Rumus perhitungan daya motor

$$p = \frac{T \cdot N}{9550}$$

Keterangan:

- P = Daya motor (Watt)
- T = Torsi (N/m)
- N = Putaran motor ( RPM )
- 9550 = ( konstanta konversi dari (Nm × RPM) ke kW )

2.1.7 Rumus perhitungan daya rencana

$$pd = fc . p$$

Keterangan :

- Pd = Daya Rencana (Kw)
- Fc = Faktor Koreksi
- P = Daya Motor (Kw)

2.1.8 Rumus perhitungan torsi poros

$$T = \frac{p . 9550}{N}$$

Keterangan :

- T = Torsi (Nm)
- P = Daya Motor (W)
- N = Putaran Poros (RPM)

2.1.9 Rumus perhitungan kecepatan sabuk

$$v = \frac{\pi . D . N}{60}$$

Keterangan :

- V = Kecepatan Sabuk (M/S)
- D = Diameter Puli Motor (Mm)
- N = Putaran Motor (Rpm)

2.1.10 Rumus perhitungan panjang sabuk

$$L = 2C + \frac{\pi . (D + d)}{2} + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

Keterangan :

- L = Panjang Sabuk (Mm)

- $C$  = Jarak Sumbu Poros (Mm)
- $D1$  = Diameter Pulley Penggerak (Mm)
- $D2$  = Diameter Pulley Yang Digerakkan (Mm)

#### 2.1.11 Rumus kecepatan sudut

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

Keterangan :

- $\omega$  = Kecepatan Sudut
- $n$  = Putaran Output

#### 2.1.12 Massa roti

$$N = m \cdot g$$

Keterangan :

- $m$  = massa roti ( kg )
- $g$  = gravitasi (  $9.81 \text{ m/s}^2$  )

#### 2.1.13 Gaya Sentrifugal

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2$$

Keterangan :

- $r$  = Jari-jari (m)
- $m$  = Massa (kg)
- $\omega$  = Kecepatan Sudut

#### 2.1.14 Gaya gesek maksimum

$$F_{max} = \mu_k \cdot FN$$

Keterangan :

- $\mu_k$  = Koefisien gesek kinetik
- $FN$  = Gaya normal

## BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

### 3.1 Alat Dan Bahan

Dalam sebuah perancangan, alat mengacu pada instrument atau alat yang akan digunakan untuk membuat atau memodifikasi suatu produk. Sedangkan bahan adalah bahan yang digunakan sebagai bahan dasar atau komponen utama dalam pembuatan suatu produk. Kedua faktor ini sangat penting untuk keberhasilan dan kualitas desain alat. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan sebagai berikut:

#### 3.1.1 Alat

##### 1. Alat Las

Alat las adalah perangkat yang digunakan untuk menyambungkan dua atau lebih benda logam dengan cara melelehkan material pada titik sambungan sehingga membentuk ikatan yang kuat ketika mendingin. Proses pengelasan biasanya menggunakan energi panas yang dihasilkan dari listrik atau gas.



Gambar 3. 1 Alat Las

##### 2. Besi *Hollow*

Besi *hollow* adalah material konstruksi berbentuk batangan pipa kotak atau persegi panjang yang sering digunakan dalam berbagai keperluan, seperti rangka bangunan, pembuatan pagar, kanopi, railing, hingga struktur furnitur. Besi ini dibuat dari berbagai jenis bahan, seperti besi *galvanis*, baja ringan, atau stainless steel, yang memiliki daya tahan tinggi terhadap korosi dan beban.



Gambar 3. 2 Besi *Hollow*

### 3. Gerinda

Gerinda adalah alat atau mesin yang digunakan untuk memotong, menghaluskan, mengasah, atau membentuk suatu benda kerja dengan cara mengikis permukaannya menggunakan batu gerinda yang berputar dengan kecepatan tinggi. Gerinda banyak digunakan dalam bidang industri, manufaktur, dan perbengkelan untuk pekerjaan logam, kayu, kaca, maupun keramik.



Gambar 3. 3 Gerinda

### 4. Besi Angker

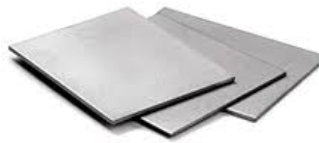
Besi angker adalah batang besi atau baja yang digunakan untuk mengikat struktur beton dengan elemen lainnya, seperti baja atau kayu. Besi ini sering digunakan dalam konstruksi bangunan, jembatan, dan mesin berat untuk memberikan kestabilan dan daya tahan terhadap gaya tarik atau dorong.



Gambar 3. 4 Besi Angker

## 5. Plat besi

Plat besi adalah lembaran besi atau baja yang memiliki bentuk datar dan tipis, digunakan dalam berbagai bidang industri seperti *konstruksi*, *manufaktur*, *otomotif*, dan perkapalan. Plat besi tersedia dalam berbagai jenis, ketebalan, dan ukuran, tergantung pada kebutuhan penggunaannya.



Gambar 3. 5 Plat besi

## 6. Alat ukur

Alat ukur adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur suatu besaran fisik seperti panjang, massa, waktu, suhu, tekanan, dan sebagainya. Alat ini digunakan di berbagai bidang, termasuk industri, *konstruksi*, *sains*, dan *manufaktur*, untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat dan presisi.



Gambar 3. 6 Alat ukur

### 7. *Pulley* dan *V-belt*

*Pulley* adalah roda berbentuk cakram dengan alur di sekelilingnya yang berfungsi sebagai tempat *V-belt* bergerak. *Pulley* berfungsi untuk meneruskan dan mengubah kecepatan putaran dari motor atau mesin penggerak ke komponen lain.

*V-belt* adalah sabuk berbentuk trapesium (*V-Shape*) yang digunakan dalam sistem transmisi daya bersama *V-Pulley*. Desain V pada *belt* membuatnya lebih kuat dalam mencengkeram *pulley* dan mencegah slip saat beroperasi.



Gambar 3. 7 *Pulley* Dan *V-belt*

#### 3.1.2 Bahan

##### 1. Motor Listrik DC

Motor Listrik DC (Direct Current) adalah jenis motor listrik yang menggunakan arus searah (DC) sebagai sumber tenaganya. Motor ini banyak digunakan dalam robotika, kendaraan listrik, mesin industri, dan perangkat elektronik karena kemampuannya dalam memberikan kecepatan dan torsi yang dapat dikontrol dengan mudah.



Gambar 3. 8 Motor DC

## 2. Elektroda

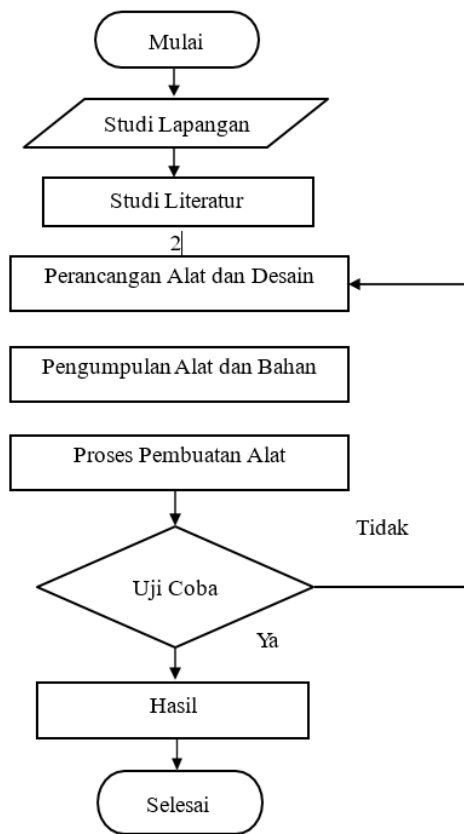
Elektroda adalah konduktor listrik yang berfungsi sebagai penghantar arus listrik ke dalam atau keluar dari suatu medium, seperti larutan elektrolit, gas, atau logam. Elektroda sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengelasan, baterai, elektrokimia, dan perangkat elektronik.



Gambar 3. 9 Elektroda

### 3.2 Diagram Alir

Agar proses Perancangan lebih terarah maka di perlukan diagram alir agar mempermudah Perancangan sekaligus menjelaskan *system* langkah-langkah kerja alat, sehingga dapat dengan mudah mengetahui kesalahan pada saat perancangan. Berikut diagram alir dan penjelasan alat yang dibuat.



#### A. Studi Lapangan

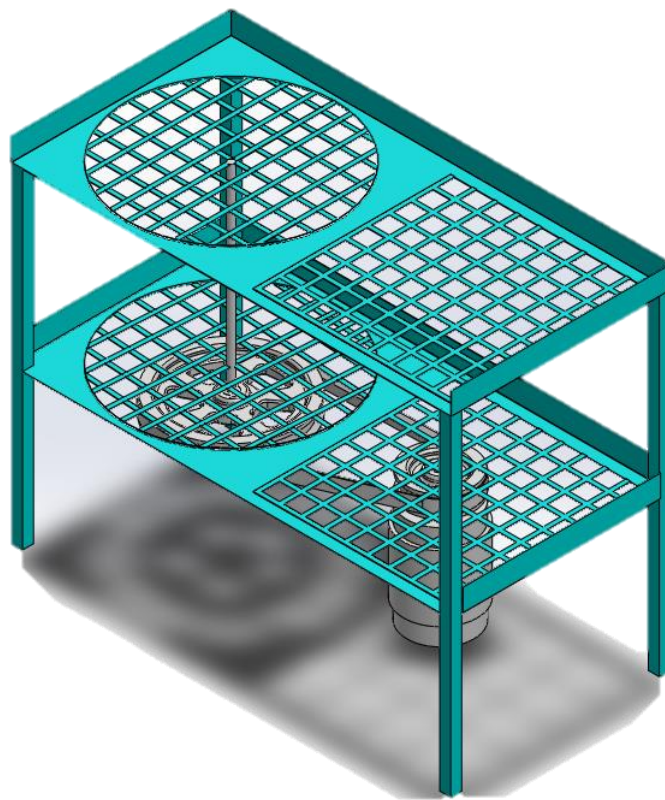
Studi lapangan ini dilakukan di Nadya *Bakery* yang mengalami kendala dalam proses pendinginan roti, di mana waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan roti terlalu lama dan proses pendinginan belum optimal. Oleh karena itu, mahasiswa merancang alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pendinginan roti di Nadya *Bakery*.

## B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data dan informasi dari jurnal-jurnal yang relevan untuk mendukung perancangan alat pendingin roti. Informasi ini akan mencakup berbagai metode pendinginan, serta inovasi dalam teknologi pendinginan yang dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pendinginan roti.

## C. Perancangan Alat dan Desain

Pada tahap ini, dilakukan perancangan untuk meningkatkan efisiensi pendinginan roti dengan menggunakan mekanisme pemutar poros. Berikut desain yang telah dibuat



Gambar 3. 10 Desain Alat

#### D. Proses Pembuatan Alat

##### 1. Proses Pembuatan Rangka Alat

Rangka alat dibuat menggunakan besi hollow sebagai struktur utama untuk memberikan kekuatan dan kestabilan. Setelah rangka terbentuk, plat besi dipasang di bagian atas untuk membentuk permukaan meja sebagai tempat pendinginan roti. Rangka diperiksa kembali untuk memastikan kesesuaian ukuran dan kestabilan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

##### 2. Proses Pembuatan Jaring Pendingin

Jaring pendingin dibuat dari kawat stainless steel atau bahan tahan panas lainnya yang memungkinkan aliran udara optimal di sekitar roti. Jaring ini dipotong dan dibentuk sesuai dengan ukuran rangka alat. Pemasangan jaring dilakukan pada bagian atas meja pendingin dengan mempertimbangkan sirkulasi udara dan distribusi panas yang merata.

##### 3. Pemasangan Motor Listrik dan *Pulley*

Motor listrik dipasang pada bagian bawah atau samping rangka, tergantung pada desain yang paling efisien. *Pulley* dipasang untuk menghubungkan motor dengan mekanisme pemutar poros, yang berfungsi untuk memastikan sirkulasi udara berjalan dengan baik. Pengencangan dan penyetelan dilakukan agar motor dan *pulley* bekerja dengan stabil dan tidak mengalami selip saat beroperasi.

##### 4. Uji Coba

Setelah semua komponen terpasang, dilakukan uji coba awal untuk memastikan bahwa motor listrik, *pulley*, dan sistem pendinginan bekerja sesuai rencana. Pengujian dilakukan dengan menempatkan beberapa roti dalam alat pendingin dan mencatat suhu, waktu pendinginan, serta hasil akhir roti yang dikeringkan. Jika terdapat kendala dalam proses pendinginan, maka dilakukan evaluasi dan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi alat.

### E. Pengujian Alat

Berdasarkan standar industri bakery, suhu ideal untuk proses pendinginan roti berkisar antara 24°C hingga 32°C. Suhu ini dianggap aman karena mampu menurunkan suhu roti secara bertahap setelah keluar dari oven (yang biasanya mencapai 100°C hingga 120°C), tanpa menyebabkan perubahan tekstur maupun rasa. Oleh karena itu, alat pendingin yang dirancang dalam penelitian ini ditargetkan untuk dapat menurunkan suhu roti ke kisaran tersebut dalam waktu yang lebih singkat, sehingga mendukung efisiensi produksi dan kualitas produk akhir.

Tabel 3. 1 Pengujian Data

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara dan juga Observasi langsung dengan pengelola Nadya *Bakery*. Selain itu, data dari penelitian terdahulu yang relevan juga digunakan sebagai referensi dalam merancang alat pendingin roti ini.



Gambar 3. 11 Observasi Lapangan

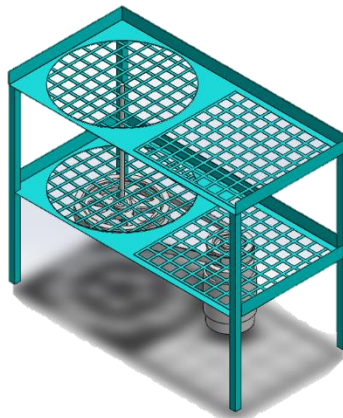
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan alat pendinginan roti terdapat beberapa tahapan yang dilakukan agar proses pembuatan berjalan dengan lancar. Langkah-langkah pembuatan alat adalah sebagai berikut.

### 4.1 Proses Pembuatan Alat Pendinginan Roti

#### 4.1.1 Perancangan Desain dan Skema Alat

Dalam proses tahap awal yaitu membuat gambar rancangan desain dan skema alat. Perancangan desain menggunakan aplikasi *solidwork*.



Gambar 4. 1 Desain Alat

Desain alat dibuat sederhana dan fungsional. Rangka utama menggunakan besi hollow sebagai struktur penopang. Komponen utama yang dirancang meliputi:

1. Rangka penopang
2. Meja berbahan triplek
3. Poros pemutar
4. Jaring penyangga roti
5. Sistem *pulley* dan *V-belt*
6. Motor penggerak
7. Sistem kelistrikan (kapasitor, kabel, dan saklar)

Pembuatan alat pendingin ini melibatkan beberapa tahap, dimulai dari perancangan rangka, pemotongan bahan, perakitan poros dan jaring, pemasangan bearing UCP, sistem *pulley* dan *V-belt*, hingga instalasi motor listrik dan kelistrikan.

#### 4.1.2 Prinsip Kerja Alat Pendingin Roti

Alat pendingin roti ini bekerja dengan sistem rotasi jaring berbasis poros yang digerakkan oleh motor listrik. Roti yang baru selesai dipanggang diletakkan di atas jaring berbentuk lingkaran berdiameter 80 cm. Jaring ini akan berputar perlahan dengan kecepatan putar sekitar 20–30 RPM berkat sistem *pulley* yang terdiri dari *pulley* kecil (2 inci) dan *pulley* besar (12 inci). Rotasi memungkinkan udara mengalir secara merata ke seluruh permukaan roti sehingga mempercepat proses pendinginan secara alami tanpa penggunaan kipas. Sistem ini diharapkan dapat mengurangi kelembaban, mencegah penjamuran, dan mempertahankan tekstur produk secara optimal.

#### 4.1.3 Proses Pembuatan Alat

##### 1. Pengumpulan Alat dan Bahan

Menyediakan besi siku, poros, jaring, *pulley*, motor mesin cuci, bearing, kapasitor, kabel, *V-belt*, triplek, saklar, dan cat.



Gambar 4. 2 Pengumpulan Material

## 2. Pemotongan Material

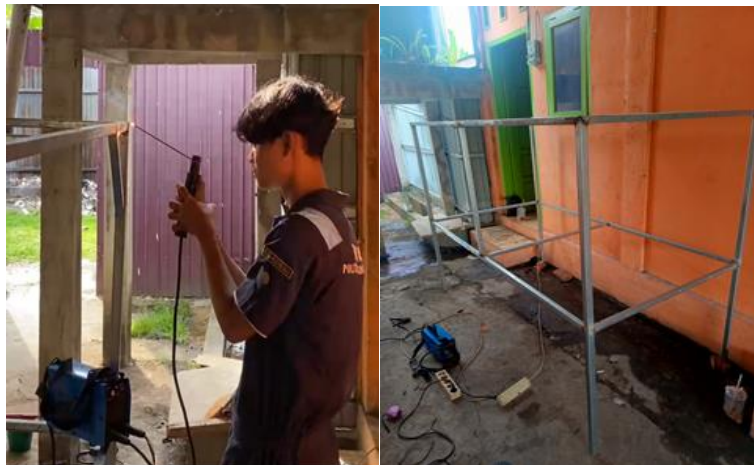
Memotong besi siku dan bahan lainnya sesuai dengan desain dan ukuran yang telah dirancang.



Gambar 4. 3 Pemotongan Material

## 3. Pengelasan Rangka

Menyambung seluruh rangka dengan teknik pengelasan agar terbentuk struktur utama alat yang kokoh.



Gambar 4. 4 Pengelasan Rangka

#### 4. Pemasangan Alas Meja

Triplek dipotong menggunakan triplek 8mm dan dipasang sebagai alas pada bagian atas dan lantai bawah untuk memperkuat struktur dan menjadi dasar penopang komponen lain.



Gambar 4. 5 Pemasangan Alas Meja

#### 5. Pembuatan Dudukan Bearing

Menyesuaikan dan melubangi dudukan bearing pada rangka agar poros dapat ditempatkan dengan tepat dan stabil.



Gambar 4. 6 Pembuatan Kedudukan Bearing

6. Pembuatan Rangka Jaring dan Pengelasan ke Poros

Rangka jaring dibentuk dengan diameter 80 cm, lalu dilas secara permanen ke poros, kemudian jaring dipasang di atasnya.



Gambar 4. 7 Pengelasan Rangka Jaring

7. Pengamplasan dan Pengecatan

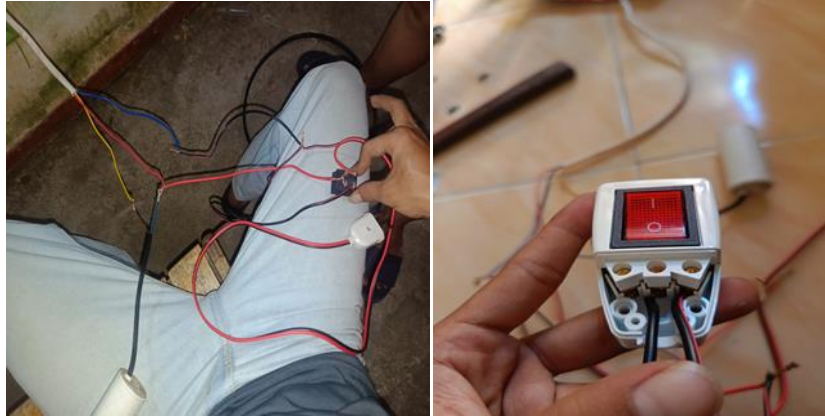
Permukaan rangka dan bagian logam lainnya diampelas dan dicat agar tahan terhadap karat dan tampak lebih rapi.



Gambar 4. 8 Pengamplasan Dan Pengecatan

#### 8. Perakitan Motor dan Pemasangan Saklar

Motor mesin cuci dirangkai dan dipasang pada bagian bawah rangka, disesuaikan dengan posisi *pulley* besar pada poros.



Gambar 4. 9 Perakitan Motor dan Saklar

#### 9. Instalasi Sistem *Pulley* serta Kedudukan Motor

*Pulley* kecil dipasang pada motor, dan *pulley* besar pada poros. *V-belt* dihubungkan keduanya agar transmisi daya dari motor ke poros berjalan dengan baik.



Gambar 4. 10 Instalasi Sistem *Pulley* serta Kedudukan Motor

Tabel 4. 1 Spesifikasi Komponen

| NO | Komponen                   | Ukuran/Spesifikasi             |
|----|----------------------------|--------------------------------|
| 1  | Diameter Jaring            | 80 cm                          |
| 2  | Lubang Rangka              | 90 cm                          |
| 3  | Panjang Poros              | 110 cm                         |
| 4  | Ukuran <i>Pulley</i> Kecil | 2 inci                         |
| 5  | Ukuran <i>Pulley</i> Besar | 12 inci                        |
| 6  | Jarak Antara Lantai        | 80 cm                          |
| 7  | Jenis Motor                | Motor Mesin Cuci Wash, 200 RPM |
| 8  | Jenis Bearing              | UCP 204                        |
| 9  | Bahan Rangka               | Besi siku 30 x 30 x 2 mm       |
| 10 | Bahan meja                 | Triplek 8mm                    |

## 4.2 Pembahasan Pembuatan

### 4.2.1 Penggunaan Rangka dan Komponen Lainnya

Rangka utama alat pendingin roti dirancang menggunakan besi siku berukuran 30 x 30 mm serta ketebalan 2 mm yang memiliki kekuatan struktural cukup baik untuk menopang beban hingga 25 kg. Besi ini dipilih karena mudah dipotong, dilas, serta cukup kokoh untuk digunakan sebagai rangka statis. Pemilihan dimensi 30 x 30 mm juga mempertimbangkan keterbatasan ruang laboratorium dan efisiensi dalam penggunaan bahan.

Poros utama dibuat dari batang baja dengan diameter 19.05 mm, panjang 110 cm. Poros ini bertugas sebagai penyangga sekaligus penggerak utama jaring. Karena poros akan menahan beban rotasi dari jaring yang berisi roti, maka diperlukan sistem penopang yang stabil. Oleh karena itu, digunakan dua buah bearing tipe *UCP 204*, yang dipasang di antara lantai 1 dan lantai 2 dari struktur rangka. Posisi ini memungkinkan distribusi beban lebih merata dan mengurangi getaran saat rotasi berlangsung.

#### 4.2.2 Sistem Putar dan Transmisi

Untuk menggerakkan poros, digunakan motor listrik jenis wash motor mesin cuci dengan kecepatan awal 200 RPM. Karena kecepatan ini terlalu tinggi untuk pendinginan, digunakan sistem transmisi *pulley* dan *V-belt* untuk menurunkan putaran. *Pulley* kecil berukuran 2 inci dipasang pada poros motor, sementara *pulley* besar berukuran 12 inci dipasang pada poros utama. Dengan rasio 1:6, maka putaran poros berkurang menjadi sekitar 20–30 RPM yang ideal untuk sirkulasi udara alami di sekitar roti.

*V-belt* digunakan sebagai penghubung transmisi karena selain mudah dipasang, juga mampu meredam getaran dan tidak membutuhkan pelumasan seperti rantai. Posisi motor yang diletakkan di lantai bawah (bawah *pulley* besar) juga mempermudah perawatan dan menjaga distribusi beban tetap rendah dan stabil.

#### 4.2.3 Jaring dan Dudukan

Jaring pendingin dibuat dengan diameter 80 cm dan dipasang langsung ke rangka yang dilas pada poros. Jaring berbahan besi ini cukup kuat untuk menopang roti yang ditaruh dalam beberapa lapis. Agar sirkulasi udara lebih merata, jaring dibuat terbuka dan diletakkan di dalam lubang rangka berdiameter 90 cm, memberikan celah bebas putar 5 cm di setiap sisi.

Untuk menjaga agar poros tidak membebani *pulley* secara langsung, digunakan dudukan bearing yang dilas ke lantai rangka. Desain dudukan dirancang agar tidak membebani *pulley* besar dan menjaga posisi tetap sejajar. Ini penting karena jika poros langsung menopang berat jaring tanpa dudukan, maka *pulley* besar bisa aus atau retak.

#### 4.2.4 Sistem Kelistrikan dan Kontrol

Motor mesin cuci menggunakan tiga kabel (umumnya merah, biru, dan kuning). Untuk memastikan putaran satu arah, kabel dihubungkan dengan kapasitor dua kaki dan diberi saklar *on/off* sebagai kontrol utama. Saklar hanya dipasang di jalur fase, sementara jalur netral langsung terhubung ke PLN. Konfigurasi ini memastikan pengguna dapat menyalakan atau mematikan alat dengan mudah dan aman.

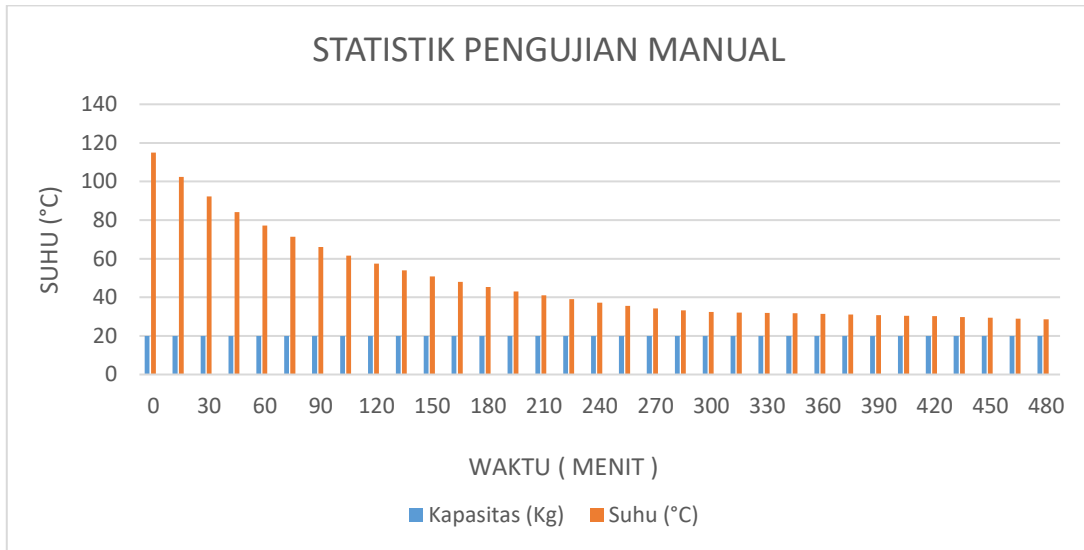
Untuk memudahkan pengguna dan menjaga keamanan, seluruh kabel diisolasi dan dirapikan dengan pelindung kabel. Motor diuji dengan beban bertahap, mulai dari tanpa beban hingga beban maksimum  $\pm 25$  kg. Hasil uji menunjukkan sistem tetap berjalan stabil dengan suara halus dan tanpa getaran berlebih.

### 4.3 Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian yang dilakukan menunjukkan perbedaan yang signifikan antara metode manual dan metode menggunakan alat pendingin.

Tabel 4. 2 Tabel Pengukuran Manual

| No | Kapasitas (Kg) | Waktu (Menit) | Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|----|----------------|---------------|-----------------------------|
| 1  | 20 Kg          | 15 Menit      | 115                         |
| 2  |                |               | 102.3                       |
| 3  |                |               | 92.3                        |
| 4  |                |               | 84.1                        |
| 5  |                |               | 77.2                        |
| 6  |                |               | 71.3                        |
| 7  |                |               | 66.1                        |
| 8  |                |               | 61.6                        |
| 9  |                |               | 57.5                        |
| 10 |                |               | 54.0                        |
| 11 |                |               | 50.8                        |
| 12 |                |               | 48.0                        |
| 13 |                |               | 45.4                        |
| 14 |                |               | 43.1                        |
| 15 |                |               | 41.0                        |
| 16 |                |               | 39.0                        |
| 17 |                |               | 37.2                        |
| 18 |                |               | 35.6                        |
| 19 |                |               | 34.3                        |
| 20 |                |               | 33.2                        |
| 21 |                |               | 32.4                        |
| 22 |                |               | 32.1                        |
| 23 |                |               | 32.0                        |
| 24 |                |               | 31.7                        |
| 25 |                |               | 31.4                        |
| 26 |                |               | 31.1                        |
| 27 |                |               | 30.8                        |
| 28 |                |               | 30.5                        |
| 29 |                |               | 30.2                        |
| 30 |                |               | 29.8                        |
| 31 |                |               | 29.4                        |
| 32 |                |               | 29.0                        |
| 33 |                |               | 28,6                        |

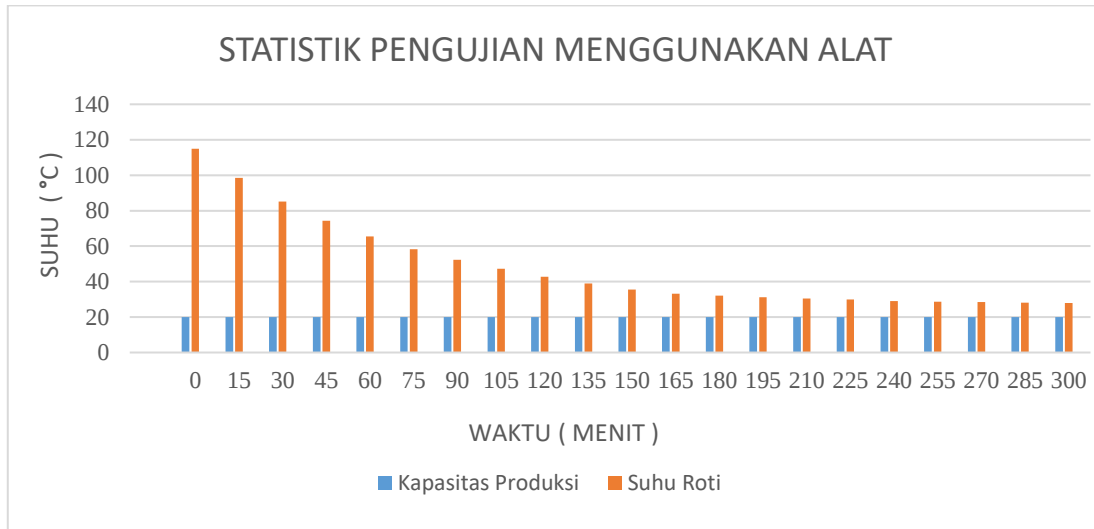


Gambar 4. 11 Pengujian Pengukuran Manual

Pada Gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa waktu menunjukkan grafik hasil pengujian manual dengan menggunakan beban konstan sebesar 20 kg. Parameter yang diamati dalam pengujian ini adalah waktu (menit) dan suhu (°C) yang dicatat seiring bertambahnya durasi pengujian. Penurunan suhu ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti pelepasan panas, atau proses pendinginan alami yang terjadi selama durasi pengujian berlangsung. Grafik ini menggambarkan bahwa meskipun beban tetap, waktu dan suhu saling berkaitan, di mana semakin lama waktu pengujian, suhu cenderung menurun. Hal ini bisa menjadi indikator performa termal dari sistem yang diuji secara manual.

Tabel 4. 3 Tabel Pengujian Meggunakan Alat

| NO | Waktu pengujian<br>( Menit ) | Kapasitas Produksi<br>( kg ) | Suhu Roti<br>( °C ) |
|----|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| 1  | 15 Menit                     | 20 Kg                        | 115                 |
| 2  |                              |                              | 98,5                |
| 3  |                              |                              | 85,2                |
| 4  |                              |                              | 74,3                |
| 5  |                              |                              | 65,4                |
| 6  |                              |                              | 58,2                |
| 7  |                              |                              | 52,3                |
| 8  |                              |                              | 47,2                |
| 9  |                              |                              | 42,7                |
| 10 |                              |                              | 38,9                |
| 11 |                              |                              | 35,5                |
| 12 |                              |                              | 33,1                |
| 13 |                              |                              | 32,0                |
| 14 |                              |                              | 31,1                |
| 15 |                              |                              | 30,5                |
| 16 |                              |                              | 30,0                |
| 17 |                              |                              | 29,1                |
| 18 |                              |                              | 28,7                |
| 19 |                              |                              | 28,4                |
| 20 |                              |                              | 28,1                |
| 21 |                              |                              | 27,9                |
| 22 |                              |                              | 27,8                |



Gambar 4. 12 Statistik Pengujian Menggunakan Alat

Gambar 4.12 menunjukkan hasil pengujian menggunakan alat yang dirancang dalam penelitian ini. Grafik menampilkan tiga parameter utama, yaitu waktu pengujian, kapasitas produksi, dan suhu roti. Berbeda dengan pengujian manual pada Gambar 4.11 yang menunjukkan peningkatan waktu dan penurunan suhu secara bertahap dengan beban tetap 20 kg, pada pengujian menggunakan alat terjadi peningkatan yang signifikan dalam efisiensi waktu. Terlihat bahwa waktu pengujian pada alat meningkat seiring bertambahnya siklus, namun dengan laju yang lebih stabil dibandingkan pengujian manual. Selain itu, suhu roti yang dihasilkan relatif stabil dan tidak menunjukkan penurunan drastis, menandakan bahwa sistem pendingin pada alat bekerja secara lebih konsisten. Kapasitas produksi juga tampak meningkat, yang menunjukkan bahwa alat mampu memproses bahan lebih cepat dan lebih banyak dibandingkan dengan metode manual. Dari perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat memberikan hasil yang lebih efisien baik dari segi waktu maupun kestabilan suhu produk, serta mampu meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.

#### 4.4 Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan ukuran untuk kapasitas yang sesuai dengan kapasitas yang telah ditentukan, serta dirangkai desain sesuai pada gambar diatas.

##### 4.4.1 Beban Puntir (Torsi karena Beban)

$$T = F \times r$$

Dik :

- Berat roti dan rangka = 20 kg
- $F = m \times g = 20 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 196.2 \text{ N}$
- $r = 0.4 \text{ m}$  (diameter jaring 80 cm)

Dit : T ...?

Jawab :  $T = 196.2 \times 0.4 = 78.48 \text{ Nm}$

##### 4.4.2 Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi

$$Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$$

Dik :

- $h = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  (asumsi natural convection)
- $A = 0.5 \text{ m}^2$  (luas permukaan jaring)
- $T_s = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Dit : Q ...?

Jawab :  $Q = 10 \times 0.5 (120 - 30) = 450 \text{ Watt}$

##### 4.4.3 Efisiensi Waktu Pendinginan

$$\eta = \frac{W_{\text{konvensional}} - W_{\text{alat}}}{W_{\text{konvensional}}} \times 100\%$$

Dik :

- Waktu konvensional: 8 jam = 480 menit
- Waktu alat: 5 jam = 300 menit

Dit :  $\eta$  ...?

$$\text{Jawab : } \eta = \frac{480 - 315}{480} \times 100\% = 34,38\%$$

#### 4.4.4 Kecepatan Putar Poros

$$N_2 = N_1 \times \left( \frac{D_1}{D_2} \right)$$

Dik :

- Pulley 1 = 2 inch
- Pulley 2 = 9 inch
- Pulley 3 = 3 inch
- Pulley 4 = 2 inch
- Gearbox = 1:30
- $N_1 = 1400$  rpm

Dit :  $N_2$  ...?

$$\text{Jawab : Rasio Pulley} = \left( \frac{9}{2} \right) \cdot \left( \frac{2}{3} \right) = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$$

$$N_{\text{poros}} = \frac{1400}{3 \times 30} = \frac{1400}{90} = 15.56 \text{ RPM}$$

#### 4.4.5 Rumus perhitungan gaya

$$F = m \times a$$

Dik :

- $m = 20$  kg
- $a = 9.81 \text{ m/s}^2$

Dit :  $F$  ...?

$$\text{Jawab : } F = m \times a = 20 \times 9.81 = 196.2 \text{ N}$$

#### 4.4.6 Rumus perhitungan daya motor

$$p = \frac{T \cdot N}{9550}$$

Dik :

- $T = 78.48$  Nm
- $N = 15.56$  rpm

Dit :  $p \dots ?$

$$\text{JAWAB : } p = \frac{78,48 \cdot 15,56}{9550} = 0,128 \text{ kW} = 128 \text{ Watt}$$

#### 4.4.7 Rumus perhitungan daya rencana

$$pd = fc \cdot p$$

Tabel 4. 4 Faktor Koreksi

| Daya yang akan di transmisikan | $F_c$   |
|--------------------------------|---------|
| Daya rata-rata yang diperlukan | 1,2-2,0 |
| Daya maksimum yang diperlukan  | 0,8-1,2 |
| Daya normal                    | 1,0-1,5 |
| Kondisi kejut besar            | 5,4     |

Dik :

- $F_c = 1,4$
- $P = 128 \text{ Watt}$

Dit :  $pd \dots ?$

$$\text{Jawab : } pd = 1,4 \cdot 128 = 179,2 \text{ Watt}$$

#### 4.4.8 Rumus perhitungan torsi poros

$$T = \frac{p \cdot 9550}{N}$$

Dik :

- $P = 0,128$
- $N = 15,56$

Dit :  $T \dots ?$

$$\text{Jawab : } T = \frac{0,128 \cdot 9550}{15,56} = 78,48 \text{ Nm}$$

#### 4.4.9 Rumus perhitungan kecepatan sabuk

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60}$$

Dik :

- $\pi = 3,14$
- $D : 2 \text{ inci} = 0,0508 \text{ m}$

- $N = 1400 \text{ Rpm}$

Dit :  $v \dots?$

$$\text{Jawab : } v = \frac{3,14 \cdot 0,0508 \cdot 1400}{60} = 3,72 \text{ m/s}$$

#### 4.4.10 Rumus perhitungan panjang sabuk

$$L = 2C + \frac{\pi \cdot (D + d)}{2} + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

Dik :

- $D = 9 \text{ Inci} = 228,6 \text{ mm}$
- $d = 2 \text{ inci} = 50,8 \text{ mm}$
- $C = 200 \text{ mm}$  ( Jarak antar *pulley* )

Dit :

$$\text{Jawab : } 2(200) + \frac{3,14(228,6 + 50,8)}{2} + \frac{(228,6 - 50,8)^2}{4(200)} = 877,67 \text{ mm}$$

#### 4.4.11 Rumus kecepatan sudut

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

Dik :

- $\pi = 3,14$
- $n = 15,56 \text{ Rpm}$

Dit :  $\omega \dots?$

$$\text{Jawab : } \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 15,56}{60} = 1,63 \text{ Rad/s}$$

#### 4.4.12 Massa roti

$$N = m \cdot g$$

Dik :

- $m = \text{massa roti ( kg )}$
- $g = \text{gravitasi ( } 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ )}$

Dit :  $N \dots?$

$$\text{Jawab : } N = m \cdot g = 20 \cdot 9,81 = 196,2 \text{ N}$$

#### 4.4.13 Gaya Sentrifugal

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2$$

Dik :

- $r = 0,4 \text{ m}$
- $m = 20 \text{ kg}$
- $\omega = (1,63)^2 \text{ Rad/s}$

Dit: F...?

Jawab :  $F = m \cdot r \cdot \omega^2$   $F = 20 \cdot 0,4 \cdot 2,66 = F = 21,28 \text{ N}$

#### 4.4.14 Gaya gesek maksimum

$$F_{\max} = \mu_k \cdot FN$$

Tabel 4. 5 Tabel koefisien gesek

| NO | Material                               | $\mu$ (Static) | $\mu$ (Kinetic) |
|----|----------------------------------------|----------------|-----------------|
| 1  | <i>Aluminum on Wood</i>                | 0.3 – 0.5      | 0.2 – 0.4       |
| 2  | <i>Rubber on Aluminum (dry)</i>        | 0.4 – 0.6      | 0.3 – 0.5       |
| 3  | <i>Fabric on Metal (estimated)</i>     | ~0.3           | ~0.25           |
| 4  | <i>Metal mesh on Dry Object (est.)</i> | ~0.3           | ~0.25           |

Dik :

- $\mu_k = 0,3$
- $FN = 20 \cdot 9,81 = 196,2 \text{ N}$

Dit :  $F_{\max}$  ...?

Jawab :  $F_{\max} = \mu_k \cdot FN = 0,3 \cdot 196,2 = 58,86 \text{ N}$

#### 4.4.15 Efisiensi Stabilitas Suhu

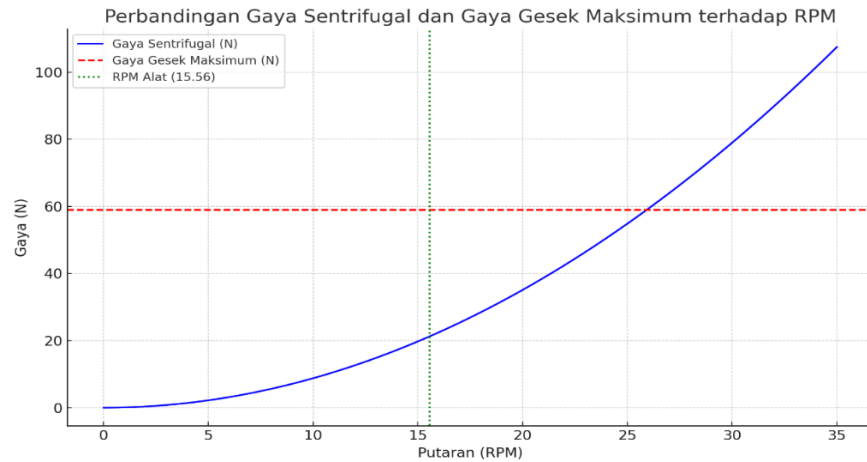
$$\text{Efisiensi Stabilitas Suhu} = \frac{\Delta T_{\text{manual}} - \Delta T_{\text{alat}}}{\Delta T_{\text{manual}}} \times 100\%$$

Dik :

- $\Delta T_{\text{manual}} = 0,9$
- $\Delta T_{\text{alat}} = 1,6^\circ\text{C}$

Jawab :

$$\text{Efisiensi Stabilitas Suhu} = \frac{1,6 - 0,9}{1,6} \times 100\% = 43,75\%$$



Gambar 4. 13 Perbandingan gaya sentrifugal dan gaya gesek maksimum

#### 4.5 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi dari alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros yang telah dirancang dan dibuat. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan waktu pendinginan roti menggunakan metode konvensional dan menggunakan alat pendingin yang telah dirancang.

Jenis roti yang diuji adalah roti kering yang biasa diproduksi oleh Nadya Bakery. Setelah roti keluar dari oven, suhu awal dicatat, dan suhu dicatat setiap 10 - 15 menit hingga mencapai suhu ruang.

Metode pengujian dilakukan dalam dua tahapan:

1. Pengujian Manual : Roti diletakkan pada rak terbuka di ruang pendinginan tanpa alat bantu apapun.
2. Pengujian Menggunakan Alat : Roti diletakkan di atas rak yang berputar dalam alat pendingin dengan kecepatan  $\pm 15$  RPM, dan sirkulasi udara dibantu oleh motor.

Kedua pengujian dilakukan pada kondisi ruangan yang sama dan waktu yang sama, agar hasil yang didapatkan lebih akurat dan dapat dibandingkan secara langsung.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros terbukti mampu meningkatkan kinerja proses pendinginan dibandingkan metode manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pendinginan dengan beban 20 kg berkurang dari rata-rata 480 menit pada metode manual menjadi 315 menit pada alat, sehingga terjadi peningkatan efisiensi waktu sebesar 34,38%. Selain itu, suhu akhir roti yang dihasilkan juga lebih stabil, dengan rentang suhu akhir pada metode manual sebesar 1,6°C dan pada alat sebesar 0,9°C, yang berarti terjadi peningkatan efisiensi stabilitas suhu sebesar 43,75%.
2. Alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros yang dirancang mampu menjadi solusi efektif bagi UMKM, khususnya Nadya Bakery, dalam meningkatkan kualitas dan kapasitas produksi roti. Dari sisi kualitas, pendinginan dengan alat menghasilkan suhu akhir yang lebih stabil, dengan rentang hanya 0,9°C dibandingkan metode manual yang mencapai 1,6°C, sehingga tekstur dan kelembutan roti lebih terjaga secara merata. Dari sisi kapasitas, waktu pendinginan dapat dipersingkat dari 480 menit menjadi 315 menit, atau terjadi peningkatan efisiensi waktu sebesar 34,38%.

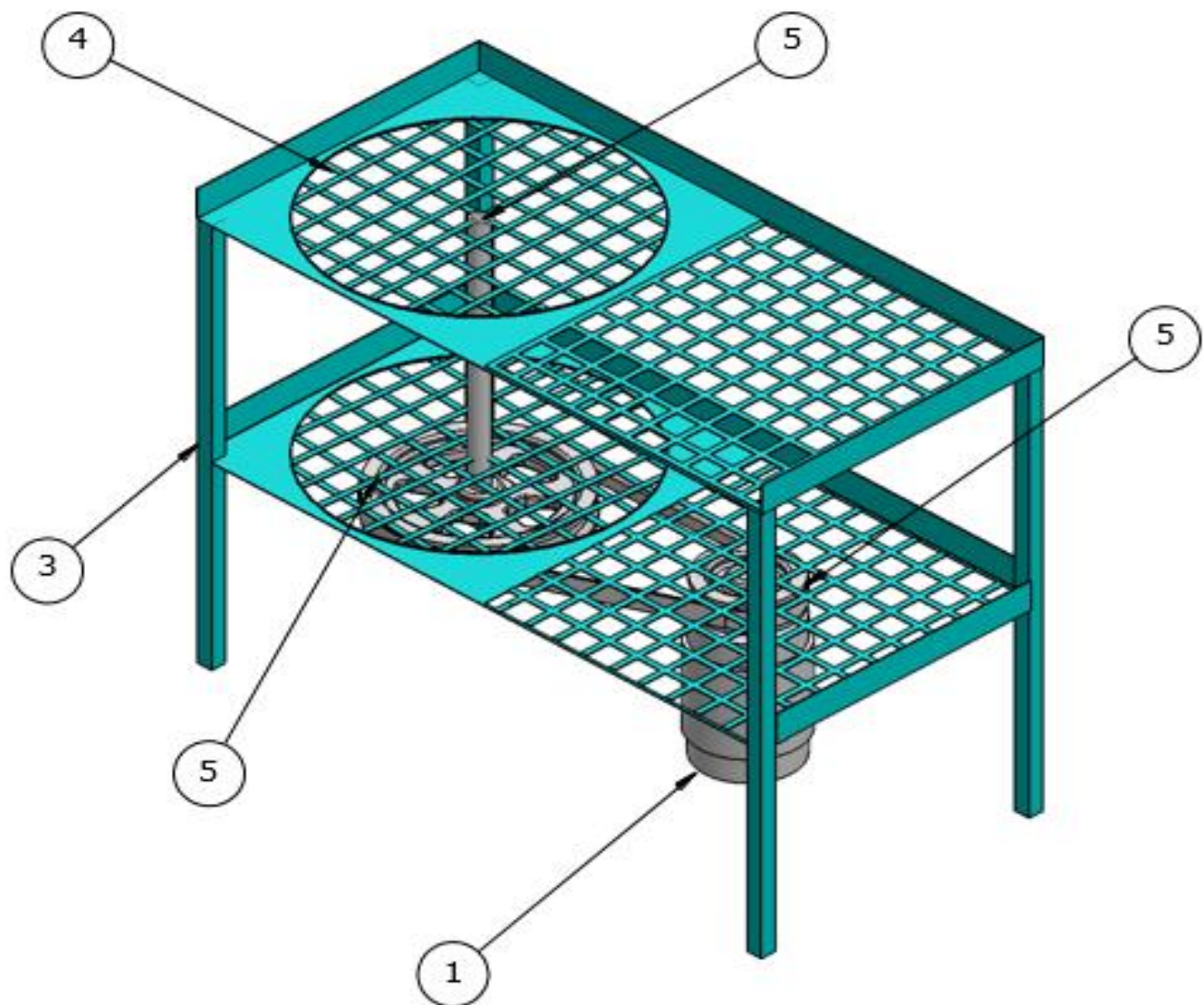
#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan alat di masa mendatang antara lain adalah agar setiap bahan yang bersentuhan langsung dengan roti, seperti jaring penyangga dan permukaan penopang, menggunakan material food grade seperti stainless steel agar lebih higienis dan sesuai standar industri pangan. Selain itu, akurasi perhitungan transmisi dan kecepatan sebaiknya dikaji lebih lanjut, misalnya dengan penggunaan tachometer agar hasil perancangan lebih presisi.

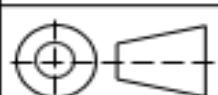
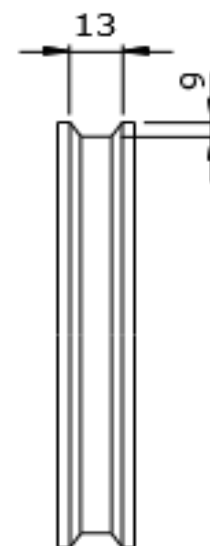
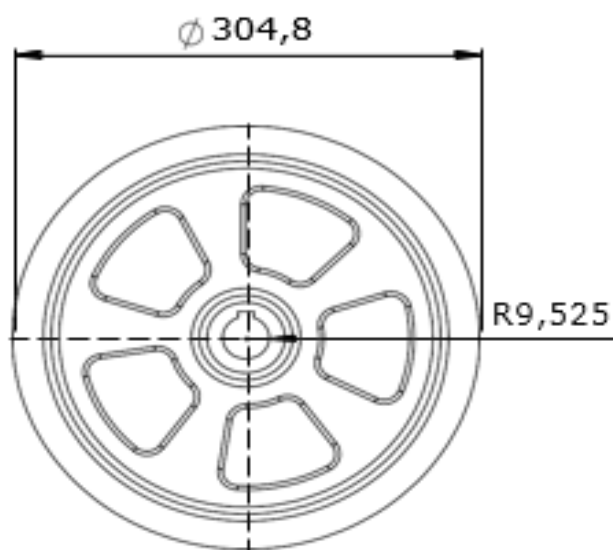
## DAFTAR PUSTAKA

- Mizan, I. M. (2020). Perancangan mesin pengaduk adonan roti berbasis motor DC. *Jurnal Teknik Mesin*, 18(2), 112-120.
- Kurniawan, B., & Pertiwi, N. (2022). Evaluasi pengaruh sistem pemanas dan mekanisme pemutar pada alat pendingin. *Jurnal Teknologi Pangan*, 27(1), 98-110.
- Lee, H., & Wang, T. (2020). Optimizing rotary drying system for bakery applications. *International Journal of Food Science & Technology*, 115(3), 189-204.
- Li, S., Tan, K., & Xu, Y. (2017). Development of hot air drying technology with rotating mechanism in food processing. *Food Processing Journal*, 32(5), 250-265.
- Rachman, A., Prasetyo, B., & Suryadi, D. (2024). Inovasi teknologi pendinginan roti: studi efisiensi produksi dan kualitas produk. *Jurnal Teknologi Industri Pangan*, 30(1), 50-67.
- Simatupang, H., & Siahaan, P. (2021). Evaluasi kinerja alat pendingin roti berbasis mekanisme pemutar poros. *Indonesian Journal of Food Technology*, 14(2), 134-148.
- Tan, R., & Sia, W. (2021). Heat distribution and crust formation prevention in bread drying with rotating shafts. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6), 225-240.
- Xu, Y., Zhang, H., & Li, C. (2019). The effect of controlled humidity and low-temperature drying on bread quality. *Food Science Journal*, 28(3), 175-189.
- Yılmaz, O., & Yılmaz, S. (2020). Hot air drying technology combined with rotational motion for bakery applications. *Journal of Food Engineering*, 98(1), 67-79.

| TEM NO. | Name Part     | DESCRIPTION          | QTY. |
|---------|---------------|----------------------|------|
| 1       | Motor Listrik | 180 Watt             | 1    |
| 5       | Pulley Driven | 9 inch               | 1    |
| 3       | Rangka Mesin  | besi hollow 30x30 mm | 1    |
| 4       | Jaring        | 800 mm               | 2    |
| 5       | Poros         | 19,05 x 1100 mm      | 1    |
| 6       | Pulley Drive  | 2 inch               | 1    |



|                                                                                     |                         |                                         |               |     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|---------------|-----|----|
|  | Skala : 1 : 18          | Digambar : MHD. FACHRURROZI             | Keterangan: / |     |    |
|                                                                                     | Satuan Ukuran: mm       | Nim 2103221230                          |               |     |    |
|                                                                                     | Tanggal : 12 April 2025 | Diperiksa : BANBANG DWI HARIPRIADI, M.T |               |     |    |
| D3 TM Polbeng                                                                       |                         | ASSEMBLY PART MACHINE                   |               | No. | A4 |



Skala : 1 : 5  
Satuan Ukuran : mm  
Tanggal : 12 April 2025

Digambar : MHD. FACHRURROZI  
Nim : 2103221230  
Diperiksa : BAMBANG DWI HARIPRIADI, R.T

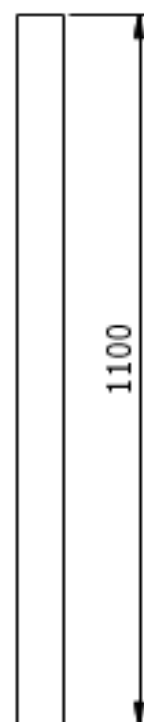
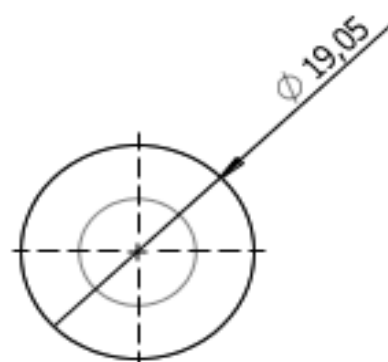
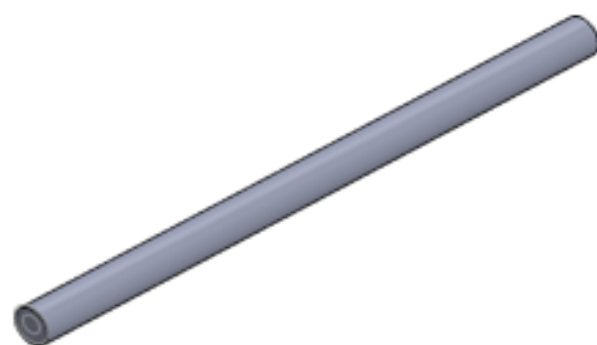
Keterangan:

D3 TM Polbeng

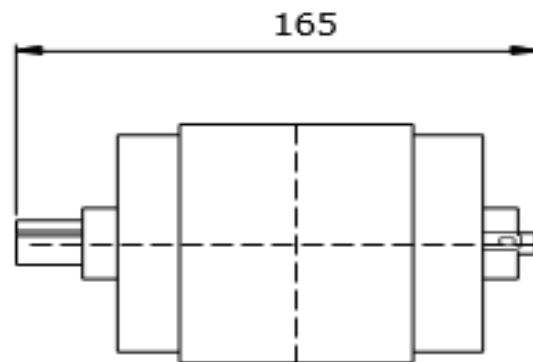
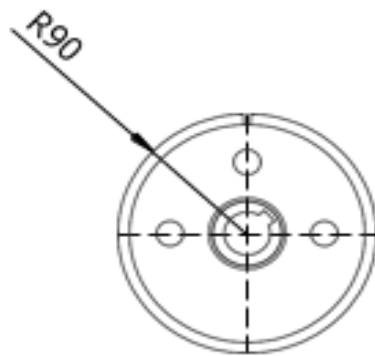
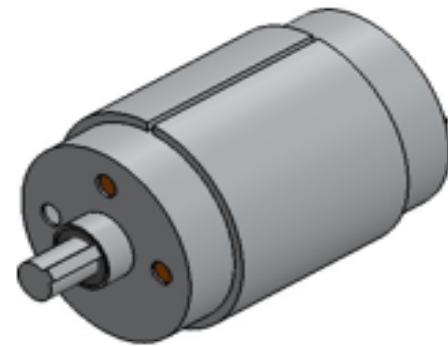
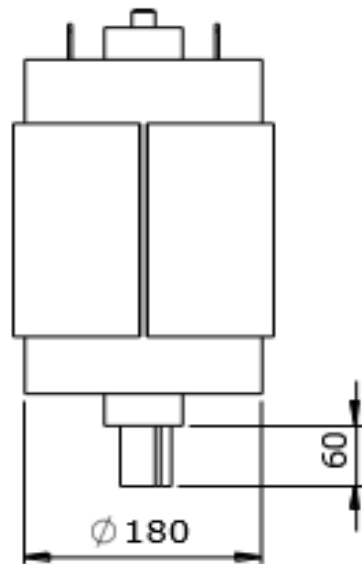
PULLEY DRIVEN

No.

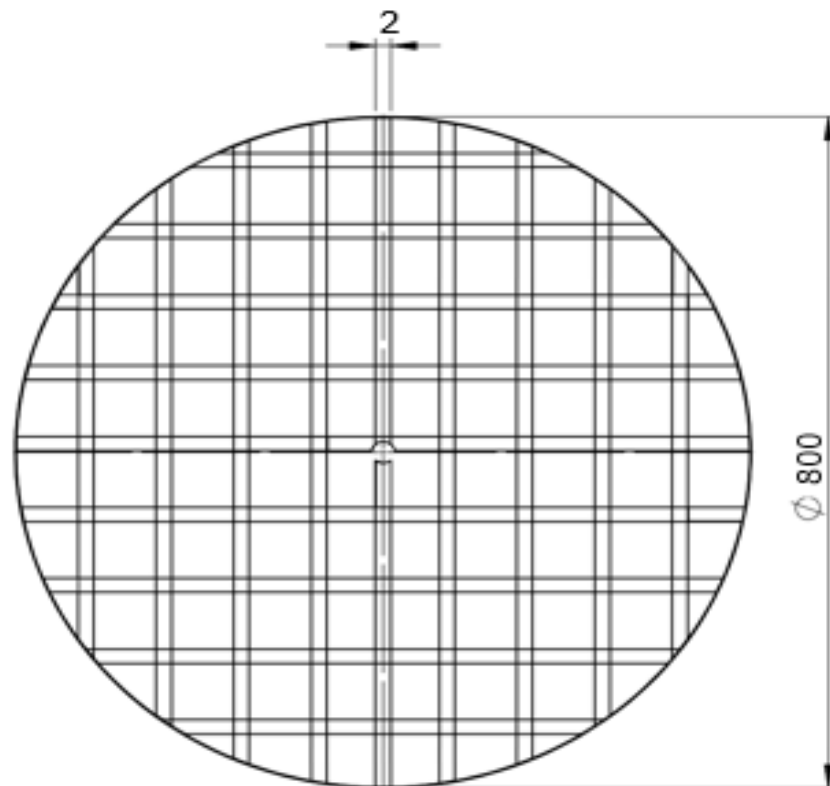
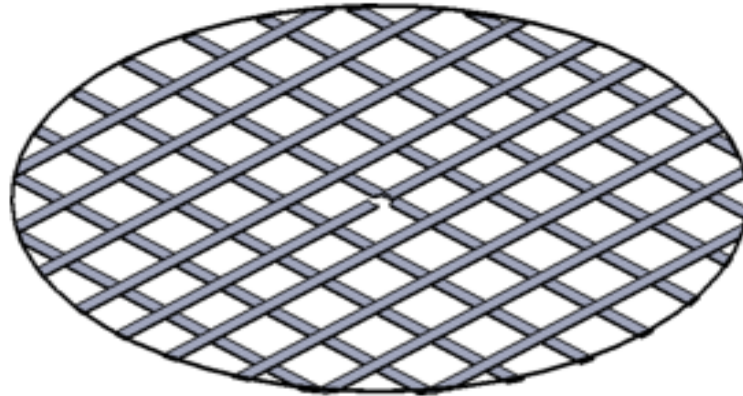
A4



|                                                                                     |                         |                                         |               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|---------------|----|
|  | Skala : 1 : 10          | Digambar : MHD. FACHRURROZI             | Keterangan: / |    |
|                                                                                     | Satuan Ukuran: mm       | Nim 2103221230                          |               |    |
|                                                                                     | Tanggal : 12 April 2025 | Diperiksa : BAMBANG DWI HARIPRIADI, M.T |               |    |
| D3 TM Polbeng                                                                       | POROS                   |                                         | No.           | A4 |



|               |                                                                 |                                                                                            |             |    |
|---------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|
|               | Skala : 1 : 10<br>Satuan Ukuran : mm<br>Tanggal : 12 April 2025 | Digambar : MHD. FACHRURROZI<br>Nim : 2103221230<br>Diperiksa : BAMBANG DWI HARIPRIADI, M.T | Keterangan: |    |
| D3 TM Polbeng | MOTOR LISTRIK                                                   |                                                                                            | No.         | A4 |



Skala : 1 : 10

Satuan Ukuran : mm

Tanggal : 12 April 2025

Digambar : MHD. FACHRURROZI

Nim : 2103221230

Diperiksa : BANBANG DWI HARIPRIADI, M.T

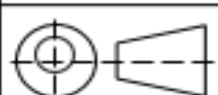
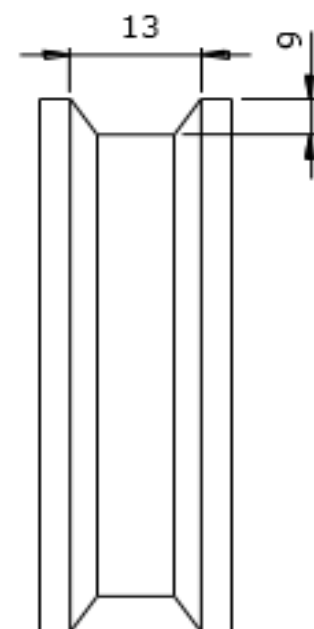
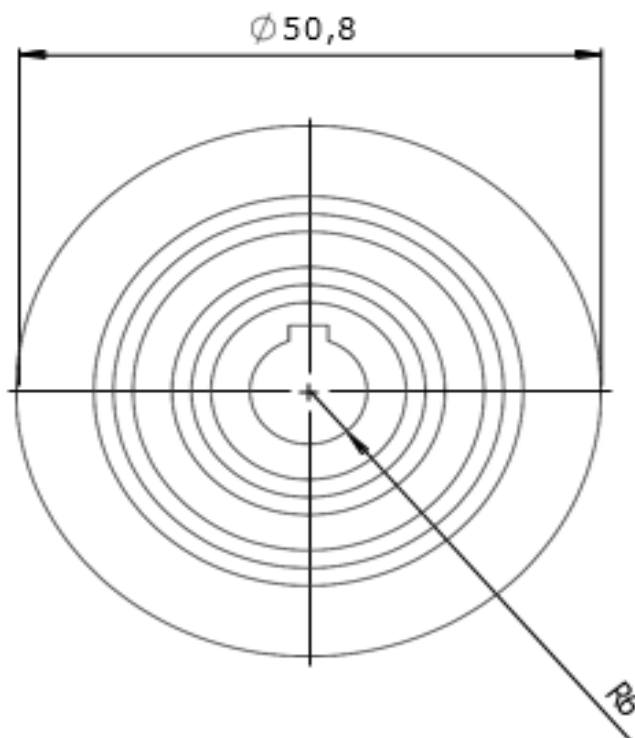
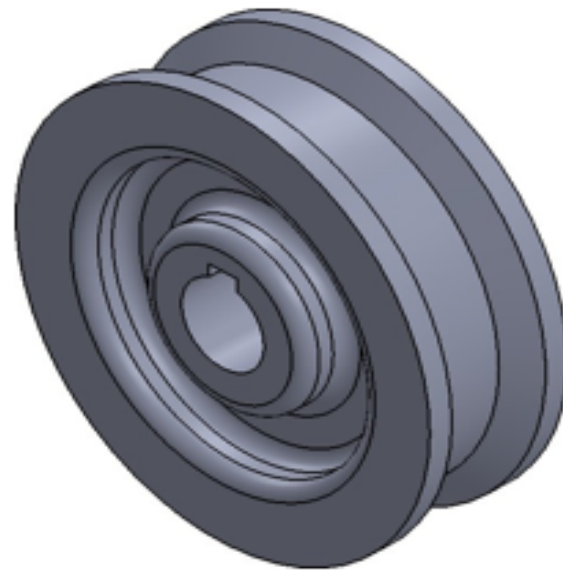
Keterangan:

D3 TM Polbeng

JARING

No.

A4



Skala : 1 : 2  
Satuan Ukuran: mm  
Tanggal : 12 April 2025

Digambar : MHD. FACHRURROZI  
Nim : 2103221230  
Diperiksa : BAMBANG DWI HARIPRIADI, N.T

Keterangan:

D3 TM Polbeng

PULLEY DRIVE

No.

A4