

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN PENGIRIS TEMPE DENGAN SISTEM PISAU BERPUTAR

Akhmad Pujiono

Program Studi Teknik Mesin Otomotif, Politeknik Muhammadiyah Pekalongan
Jl. Raya Pahlawan No. Gejlig – Kajen Kab. Pekalongan, Telp.: (0285) 385313,
e-mail: puji@politeknikmuhpkl.ac.id

ABSTRAK

Laporan ini bertujuan untuk : (1) Untuk mendapatkan mekanisme pengiris tempe sebagai dari proses produksikripik tempe, yang dapat menggantikan pekerjaan manual, (2) Untuk meningkatkan produksi kripik tempe, (3) Untuk mengetahui prinsip kerja mesin pengiris kripik tempe, (4) Untuk mengetahui efesiensi mesin pengiris tempe, (5) Mengetahui kinerja mesin pengiris kripik tempe.

Proses perancangan mesin pengiris kripik tempedilakukan dengan tahapan yaitu pembuatan gambar kerja, pemilihan komponen, analisis teknik meliputi analisa daya, torsi yang terjadi pada komponen mesin. Daya penggerak mesin pengiris tempe direncanakan menggunakan motor listrik yang disesuaikan dengan kemampuan daya listrik untuk UKM yaitu 250 watt.

Hasil perancangan menghasilkan mesin pengiris tempe dengan spesifikasi ukuran panjang 600 mm, lebar 400 mm, tinggi 500 mm. Analisis terhadap hasil irisan secara manual adalah 12 irisan/menit dengan ukuran tidak seragam, sedangkan menggunakan mesin semi otomatis menghasilkan 30 irisan/menit. Sumber penggerak mesin adalah motor listrik ¼ HP dengan putaran 1400 rpm. Sistem transmisi menggunakan V-belt dengan poros penggerak berdiameter 20 mm. Kontruksi rangka terbuat dari besi holo 40 x 20 mm.

Kata kunci : Pembuatan, mesin pengiris tempe

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang Masalah

Perkembangan teknologi telah banyak membantu umat manusia dalam memudahkan melakukan pekerjaan yang dihadapi sehingga diperoleh efesiensi kerja yang tinggi. Adanya penemuan baru dibidang teknologi adalah salah satu bukti bahwa kebutuhan manusia selalu bertambah dari waktu ke waktu di samping untuk memenuhi kebutuhan manusia munculnya penemuan baru dilatar belakang oleh pengguna tenaga manusia yang terbatas seperti halnya dalam penanganan proses pembentukan dari pengiris tempe yang selama ini masih dilakukan secara tradisional. Kebutuhan akan kripik tempe dimasyarakat kian hari kian meningkat jumlah peminatnya, jenis pengiris tempe yang beredar di pasar juga semakin banyak macam dan ukurannya. Seperti yang telah dituliskan diatas, penanganannya masih dilakukan sangat sederhana, diantaranya adalah dengan menggunakan pisau dapur ataupun pisau khusus yang diharapkan akan menghasilkan lebih baik lagi. Sistem pemotong mesin didominasi dengan cara manual, sehingga hasil yang dicapai kurang memenuhi harapan seperti bentuk hasil pengirisan tempe serta ketebalan produk

yang tidak seragam, lama waktu pembuatan. Sehingga hal ini merupakan suatu halangan dalam peningkatan mutu dan jumlah produk.

Akibat pembuatan kripik tempe yang masih sangat sederhana sehingga hasil produk dan kualitas tidak dapat dicapai seperti yang diharapkan. Disamping itu pekerjaan yang cukup lama dan membutuhkan banyak tenaga kerja, dan dinilai dari segi efesiensi tentu tidak ekonomis. Hal ini mendasari dan melatar belakangi, maka dibuatlah suatu mesin yang mampu membuat kripik tempe dengan hasil produk yang lebih besar dan kualitas bentuk yang baik dan seragam.

Oleh sebab itu diperlukan sebuah mesin yang memiliki daya guna optimal, secara garis besar pertimbangan tersebut didasarkan pada :

1. Secara teknis dapat dipertanggung jawabkan, dalam hal ini masih harus :
 - a. Mampu meningkatkan produktifitas bila dibandingkan dengan cara yang digunakan dengan alat tradisional.
 - b. Mampu meningkatkan hasil olah tanpa mengurangi mutu.

2. Secara ekonomis menguntungkan, hal ini terkait dalam hal :
 - a. Memiliki hasil dengan kualitas yang baik.
 - b. Hasil produk dapat meningkat.
3. Secara sosial dapat diterima, dalam arti kata pengoprasian permesinan atau peralatan tidak menyulitkan.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas dapat diambil suatu perumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana membuat mesin pengiris kripik tempe yang efisien ?
2. Bagaimana membuat mesin pengiris kripik tempe dengan kualitas irisan yang bagus ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut :

1. Cara membuat mesin pengiris tempe.
2. Perbandingan efisiensi pengiris secara manual dengan menggunakan mesin.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan mesin pengiris tempe ini adalah :

1. Tujuan Umum
Untuk mendapatkan mekanisme pengiris tempe sebagai dari proses produksi kripik tempe, yang dapat menggantikan pekerjaan manual. Target yang akan dicapai adalah peningkatan efisiensi dari produksi tersebut.
2. Tujuan Khusus
 - a. Untuk mengetahui prinsip kerja mesin pengiris kripik tempe.
 - b. Untuk meningkatkan produksi kripik tempe.
 - c. Untuk mengetahui efisiensi mesin pengiris tempe.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari mesin tersebut adalah, sebagai berikut :

- a. Menyingkat waktu proses pengirisan.
- b. Meningkatkan produksi kripik tempe dengan kualitas irisan yang bagus.

Tempe merupakan salah satu usaha produk pangan yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia. Harganya yang terjangkau, kandungan gizinya yang cukup tinggi dan bisa ditemui dimana saja membuat produk ini mempunyai tempat tersendiri di masyarakat. Pengolahan tempe menjadi aneka produk pangan yang telah banyak dilakukan antara lain, kue kering tempe, brownis tempe, cake tempe, dan sebagainya. Namun salah satu inovasi pengolahan tempe yang tidak kalah populernya adalah kripik tempe.

Kripik tempe mempunyai berapa keunggulan yaitu rasanya gurih, tahan lama, praktis dan siap makan bisa dikonsumsi sebagai bahan makanan ringan (camilan) atau bisa untuk lauk. Kripik tempe bisa ditemui hampir diseluruh sentra-sentra produksi tempe di seluruh Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa pasar kripik tempe ini sangat luas. Setiap daerah mempunyai kekhasan tersendiri dalam mengolah kripik tempe tidak terkecuali di kota Pekalongan. Di sini, kripik tempe diolah dengan penambahan berbagai rasa. Tentu saja hal ini dilakukan untuk dapat menarik pembeli menjadi keunggulan suatu produk.

Inovasi produk inilah yang menjadi perhatian agar setiap produk yang dihasilkan mempunyai nilai lebih dari produk-produk sebelumnya. Untuk itu perlu mengetahui dan mempelajari cara pembuatan kripik tempe aneka rasa dengan cara yang benar sehingga akan dapat menambah pengetahuan untuk kemudian dapat dikembangkan.



Gambar 2.1. Tempe

2. LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Tentang Tempe

Tempe adalah makanan yang dibuat dari fermentasi terhadap biji kedelai, fermentasi ini biasa dikenal sebagai ragi. Secara umum tempe berwarna putih karena pertumbuhan ragi jamur yang merekatkan biji-biji kedelai sehingga terbentuk tekstur yang memadat.

Tempe banyak dikonsumsi di Indonesia, kaum vegetarian banyak yang telah menggunakan tempe sebagai pengganti daging. Akibatnya tempe sekarang telah diproduksi di banyak tempat. Tempe memiliki kandungan gizi nabati yang seimbang yang sangat sesuai untuk metabolisme tubuh manusia.

2.2. Mesin Pengiris Tempe

Untuk pembuatan kripik tempe diperlukan mesin guna mempercepat proses pengirisannya, yang disebut Mesin Pengiris tempe. Proses operasional mesin cukup mudah, yaitu dengan mengumpan tempe pada mata pisau yang berputar.

Mesin pengiris tempe merupakan alat bantu untuk mengiris tempe menjadi lembaran-lembaran tipis dengan ketebalan ± 1 s.d 3 mm. Bukan hanya itu saja, mesin ini juga dapat menghasilkan hasil irisan dengan ketebalan yang sama, waktu pengirisan menjadi cepat. Mesin pengiris tempe ini mempunyai sistem transmisi berupa *pulley*. Bila motor listrik dihidupkan, maka akan berputar kemudian gerak

putar dari motor ditransmisikan ke *pulley* 2 dengan perantara *v-belt* untuk menggerakkan poros, kemudian poros berputar maka pisau siap untuk mengiris tempe.

Hasil produksi yang diharapkan pada mesin ini mampu menghasilkan irisan tempe sebanyak 30 irisan/menit dengan ketebalan yang sama lebih banyak dibandingkan pengirisan manual yang mampu menghasilkan irisan tempe sebanyak 12 irisan/menit dengan ketebalan yang tidak sama. Jadi dalam satu jamnya mesin ini dapat menghasilkan irisan tempe sebanyak 1800 irisan/jam lebih banyak dibandingkan dengan pengirisan manual yang hanya dapat menghasilkan irisan tempe sebanyak 720 irisan/jam. Namun, perlu diingat juga waktu tersebut terhitung dari waktu efektif tanpa adanya istirahat, penambahan tempe.

2.3. Tuntutan Dari Sisi Calon Pengguna

Pembuatan mesin pengiris tempe ini didasarkan pada kebutuhan dari para pengusaha pembuat keripik tempe, sehingga calon pengguna dapat mengoperasikan mesin ini dengan mudah, tepat tanpa mengurangi waktu produksi dan tenaga yang banyak untuk mengoperasikan mesin pengiris ini. Adapun tuntutan dari mesin tersebut antara lain :

1. Kapasitas produksi maksimal 1800 irisan/jam.
2. Ukuran mesin tidak terlalu tinggi dan lebar.
3. Mesin dapat menghasilkan satu irisan dengan hasil irisan yang baik.
4. Mudah untuk dioperasikan.
5. Konstruksi harus kuat.
6. Dapat dioperasikan oleh semua orang.
7. Mudah perawatannya.
8. Suku cadang yang murah dan mudah ditemukan.
9. Hasil irisan dapat diatur ketebalannya.
10. Aman bagi penggunaannya.

2.4. Cara Kerja Mesin

Mesin pengiris tempe ini akan bekerja ketika motor listrik dihidupkan maka akan berputar kemudian gerak putar dari mesin ditransmisikan ke *pulley* 1, dari *pulley* 1 ditransmisikan ke *pulley* 2 dengan menggunakan *belt* untuk menggerakkan poros. Jika poros berputar maka pisau akan berputar dan tempe siap untuk diiris.

Tempe dimasukkan kedalam kotak pengarah, kemudian ditekan oleh pemberat hingga tempe menyentuh *stopper* / penahan. Ketebalan pengirisan tempe ditentukan oleh jarak antara *stopper* dengan pisau pemotong. Untuk memulai pengirisan, dengan menancapkan stop kontak ke sumber arus listrik maka pisau berputar dan kotak pengarah tempe digerakkan melintang dan tempe ditekan oleh pemberat sehingga tempe mengenai *stopper*. Pada saat kotak pengarah tempe bergerak melintang melewati pisau tempe akan teriris dengan

ketebalan sesuai jarak pisau dengan *stopper*/ penahan.

Langkah – langkah pengoprasian mesin.

- a) Menyiapkan bahan baku.
- b) Tancapkan stop kontak pada sumber arus listrik.
- c) Masukkan bahan baku yang siap dirajang pada *hopper* / kotak tempat tempe.
- d) Gerakan *hopper* secara melintang dan beri pemberat pada tempe.
- e) Matikan mesin dengan mencabut stop kontak pada sumber arus listrik jika telah selesai menggunakan.

2.5. Perawatan Mesin Pengiris Tempe

Agar mesin pengiris tempe tidak cepat rusak setelah digunakan, maka dibutuhkan perawatan. Untuk melakukan perawatan pada mesin pengiris tempe ini, dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a) Setiap akan dan setelah selesai digunakan, bersihkan mesin dari kotoran-kotoran yang ada, terutama pada *hopper*, pisau, dan output.
- b) Komponen mesin yang dapat dibongkar pasang akan semakin mempermudah membersihkan dan merawat ataupun mengganti komponen-komponen mesin jika mengalami kerusakan.
- c) Bila perlu tutup semua badan mesin dengan kain atau plastik yang berukuran cukup untuk menjaga mesin dari debu.

2.6. Keamanan Mesin

Agar dalam pengoprasian mesin pengiris kripik tempe aman, maka mesin pengiris tempe harus dilengkapi dengan pelindung komponen yang berbahaya, Syarat tersebut dapat berupa perlindungan terhadap putaran pisau dan sistem kelistrikan pada bagian mesin yang berpotensi terhadap kecelakaan kerja, yaitu seperti dilengkapi dengan penutup pisau, penutup transmisi *pulley* dan *v-belt*.

2.7. Analisa Kontruksi

Rangka merupakan suatu komponen yang harus ada pada mesin pengiris kripik tempe. Hal ini dikarenakan rangka adalah tempat penopang komponen-komponen yang ada pada mesin pengiris kripik tempe. Oleh karena itu, kontruksi dari rangka mesin pengiris kripik tempe harus kuat dan mampu dikerjakan dengan mesin.

Dalam pembuatan mesin pengiris kripik tempe dirancang dengan menganalisa bahan apa yang diterapkan pada mesin tersebut. Untuk kinerja mesin yang lebih optimal dan tepat guna. Bahan untuk pembuatan rangka pada mesin pengiris kripik tempe adalah menggunakan besi holo ukuran 2 x 4. Bentuk dari rangka mesin pengiris kripik tempe ini akan mempunyai keseimbangan yang baik dengan desain yang sesuai kebutuhan. Mesin pengiris kripik tempe mempunyai ukuran dengan panjang 60 cm, lebar 40 cm dan tinggi 50 cm.

2.8. Tuntutan Perancangan

Berdasarkan uraian pertimbangan perencanaan, dapat diuraikan menjadi tuntutan perencanaan. Tuntutan mesin pengiris tempe terdiri dari :

2.8.1 Teori Desain Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian dalam proses pembuatan produk. Tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Sehingga, sebelum sebuah produk dibuat terlebih dahulu dilakukan proses perancangan yang nantinya menghasilkan sebuah gambar skets atau gambar sederhana dari produk yang akan dibuat. Gambar skets yang telah dibuat kemudian digambar kembali dengan aturan gambar sehingga dapat dimengerti oleh semua orang yang ikut terlibat dalam proses pembuatan produk tersebut. Gambar hasil perancangan adalah hasil akhir dari proses perancangan dan sebuah produk dibuat setelah dibuat gambar-gambar rancangannya dalam hal ini gambar kerja.

Perancangan dan pembuatan produk adalah dua kegiatan yang penting, artinya rancangan hasil kerja perancang tidak ada gunanya jika rancangan tersebut tidak dibuat. Sebaliknya pembuat tidak dapat merealisasikan benda teknik tanpa terlebih dahulu dibuat gambar rancangannya. Mengenai gambar rancangan yang akan dikerjakan oleh pihak produksi berupa gambar dua dimensi yang dicetak pada kertas dengan aturan dan standar gambar kerja yang ada.

2.8.2 Bantalan/Bearing

Bantalan adalah Elemen mesin yang menumpu poros berbeban, beban tersebut dapat berupa beban aksial maupun radial, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Tipe *bearing* yang digunakan untuk bantalan disesuaikan dengan fungsi dan kegunaannya. *Bearing* atau bantalan berfungsi untuk menumpu atau memikul poros agar poros dapat berputar padanya. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jadi, bantalan dalam permesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung.

Prinsip Kerja Bantalan / *Bearing*

Apabila ada dua buah logam yang bersinggungan satu dengan lainnya saling bergeseran maka akan timbul gesekan, panas dan keausan. Untuk itu pada kedua benda diberi suatu lapisan yang dapat mengurangi gesekan, panas dan keausan serta untuk memperbaiki kinerjanya ditambahkan pelumasan sehingga kontak langsung antara dua benda tersebut dapat dihindari.

Bantalan dapat diklasifikasikan atas dasar gerakan bantalan terhadap poros, yaitu :

1. Bantalan Luncur

Bantalan luncur adalah suatu elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung dengan halus dan aman. Jenis bantalan ini mampu menumpu poros dengan beban besar. Pada bantalan ini terjadi gesekan antara poros dan bantalan karena permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas.

2. Bantalan Glinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum dan rol bulat. Bantalan gelinding menggunakan elemen rolling untuk mengatasi gesekan antara dua komponen yang bergerak. Diantara kedua permukaan ditempatkan elemen gelinding seperti misalnya bola, rol, taper, dll. Kontak gelinding terjadi antara elemen ini dengan komponen lain yang berarti pada permukaan kontak tidak ada gerakan relatif.

Bantalan gelinding mempunyai keuntungan dari gesekan gelinding yang sangat kecil dibandingkan dengan bantalan luncur. Elemen gelinding seperti bola atau rol dipasang antara cincin luar dan dalam. Dengan memutar salah satu cincin tersebut, bola atau rol akan melakukan gerakan gelinding sehingga gesekan akan jauh lebih kecil. Untuk bola atau rol, ketelitian tinggi dengan bentuk dan ukurannya merupakan suatu keharusan. Karena luas bidang kontak antara bola dan rol dengan cincin sangat kecil, maka besarnya beban yang dipakai harus memiliki ketahanan dan kekerasan yang sangat tinggi.



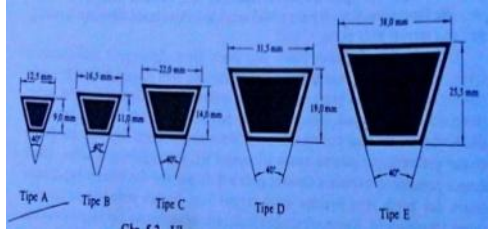
Gambar 2.2. Bantalan/*Bearing*

2.8.3 Perancangan Sabuk V Sebagai Transmisi

V-belt digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros yang satu ke poros yang lain melalui *pulley* yang berputar dengan kecepatan yang sama atau berbeda. Sabuk (*belt*) merupakan alat transmisi daya dan putaran pada poros yang berjauhan. Cara transmisi ini disebut tak langsung.

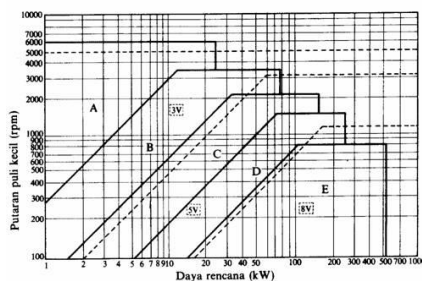
Sabuk V terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaannya *V-*

Belt dibelitkan mengelilingi alur pulley yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang membelit pada pulley akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar



Gambar 2.3. Tipe V-Belt

Sabuk-V banyak digunakan karena sabuk-V sangat mudah dalam penanganannya dan murah harganya. Selain itu sabuk-V juga memiliki keunggulan lain dimana sabuk-V akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah serta jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tak bersuara. Terdapat ukuran penampang sabuk-V seperti terlihat pada gambar 3. Selain memiliki keunggulan dibandingkan dengan transmisi - transmisi yang lain, sabuk-V juga memiliki kelemahan yaitu memungkinkan terjadinya slip.



Gbr. 5.3 Diagram pemilihan sabuk-V.

Gambar 2.4. Diagram Pemilihan Sabuk

Pemilihan penampang sabuk-V yang cocok ditentukan atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak. Daya rencananya sendiri dapat diketahui dengan mengalihkan daya yang akan diteruskan dengan faktor koreksi yang ada. Lazimnya sabuk tipe-V dinyatakan panjang kelilingnya dalam ukuran inchi. Jarak antar sumbu poros harus sebesar 1,5 sampai dua kali diameter puli besar. Oleh karena itu, maka perencanaan sabuk-V perlu dilakukan untuk memperhitungkan jenis sabuk yang digunakan dan panjang sabuk yang akan digunakan.

Perhitungan yang digunakan dalam perencanaan sabuk-V antara lain:

- a. Daya rencana (P_d)

$$P_d = f_c \times P \dots\dots\dots (1) \text{ (Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2015:7)}$$

Dengan f_c = Faktor koreksi

P = Daya (kW)

P_d = Daya rencana (kW)

- b. Momen Rencana

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n_1} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana T = Momen rencana (kg.mm)

n_1 = Putaran poros yang digerakan (rpm)

P_d = Daya yang direncanakan (kW)

- c. Kecepatan Sabuk

$$V = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_p}{60 \times 1000} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana d_p = Diameter puli penggerak (mm)

d_p = Diameter puli yang digerakan (mm)

n_p = Putaran motor (rpm)

V = Kecepatan (m/s)

- d. Jarak Sumbu Poros (C)

$$b = (2 \times L) - 3,14 (d_p + D_p) \dots\dots(4)$$

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8 (D_p - d_p)^2}}{8} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana L = Panjang keliling sabuk (mm)

C = Jarak sumbu poros sebenarnya (mm)

d_p = Diameter puli penggerak (mm)

D_p = Diameter puli yang digerakan (mm)

- e. Panjang Keliling (L)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \dots\dots\dots (6)$$

Dimana L = Panjang keliling sabuk (mm)

C = Jarak sumbu poros (mm)

d_p = Diameter puli poros (mm)

d_p = Diameter puli motor (mm)

2.8.4 Poros

Poros merupakan salah satu bagian dari setiap mesin penting. Karena hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran, oleh karenanya poros memegang peranan utama dalam transmisi dalam sebuah mesin. Poros dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan penerusan dayanya yaitu :

1. Poros transmisi : Poros macam ini mendapatkan beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, pulley sabuk atau sproket rantai, dll.
2. Spindle : Poros transmisi yang relatif pendek seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut spindle. Syarat yang harus dipenuhi poros ini

adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

3. Gardar : Poros seperti ini dipasang di antara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar, disebut gardar. Gardar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga.

Perhitungan gaya-gaya yang terjadi pada poros menggunakan rumus sebagai berikut :

- a. Daya Rencana (Pd)

$$P_d = f_c \times P \dots\dots\dots(7)$$

Dengan f_c = Faktor koreksi

P = Daya yang ditransmisikan (kW)

P_d = Daya yang direncanakan (kW)

- b. Momen Rencana (T)

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n_1} \dots\dots(8)$$

Dimana : T = Momen rencana (kg.mm)

n_1 = Putaran poros yang digerakkan (rpm)

P_d = Daya yang direncanakan (kW)

R = jari-jari puli pada poros (rpm)

2.8.5 Daya Mesin dan Tenaga Penggerak

Setelah mengetahui besarnya torsi yang dihasilkan gaya potong, selanjutnya bisa dihitung daya mesin. Daya mesin (P) dihitung dengan:

$$P = \frac{T \cdot n}{63000} \dots\dots\dots(9)$$

Torsi (T) pada rumus di atas masih dalam satuan lb-in, maka perlu dikonversi ke dalam satuan kg-mm. Sehingga menjadi:

$$P = \frac{T \cdot n}{72585,1} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana: T = Torsi dari gaya potong (kg.mm)

n = putaran perajangan (rpm)

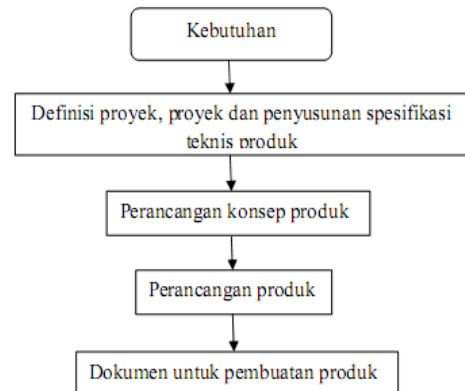
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Diagram Alir Proses Perencanaan

Diagram alir adalah suatu gambaran utama yang dipergunakan untuk dasar dalam bertindak. Seperti halnya pada perancangan diperlukan suatu diagram alir yang bertujuan untuk mempermudah dalam pelaksanaan proses perancangan.

Perancangan itu terdiri dari serangkaian kegiatan yang beruntun, karena itu disebut sebagai proses perancangan. Kegiatan dalam proses perancangan disebut fase. Fase-fase dalam proses

perancangan berbeda satu dengan yang lainnya. Fase-fase proses perancangan tersebut dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Perencanaan

1. Definisi proyek, Perencanaan Proyek, dan Penyusunan Spesifikasi Teknis Proyek.

Definisi proyek dan kegiatan-kegiatan lain dalam fase ini menghasilkan antara lain :

- a. Pernyataan tentang masalah atau produk yang akan dirancang.
- b. Beberapa kendala yang membatasi solusi masalah tersebut.
- c. Spesifikasi teknis produk.
- d. Rencana produk.

2. Perancangan Konsep Produk

Spesifikasi teknis produk hasil fase pertama proses perancangan menjadi dasar fase berikutnya, yaitu fase perancangan konsep produk. Tujuan fase ini adalah menghasilkan alternatif konsep produk sebanyak mungkin. Konsep produk yang dihasilkan fase ini masih berupa skema atau dalam bentuk skets. Pada prinsipnya, semua alternatif semua konsep produk tersebut memenuhi spesifikasi teknik produk. Pada akhirnya fase perancangan konsep produk, dilakukan evaluasi pada hasil rancangan konsep produk untuk memilih satu atau beberapa konsep produk terbaik untuk dikembangkan pada fase ketiga fase perancangan produk.

3. Perancangan Produk

Fase perancangan produk merupakan pengembangan alternatif dalam bentuk skema atau skets menjadi produk atau benda teknik yang bentuk, material dan dimensi elemen-elemennya ditentukan. Fase perancangan produk diakhiri dengan perancangan detail elemen-elemen produk, yang kemudian dituangkan dalam gambar-gambar detail untuk proses pembuatan.

4. Dokumen untuk pembuatan produk

Dokumen atau gambar hasil perancangan produk tersebut dapat

dituangkan dalam bentuk gambar tradisional diatas kertas (2 dimensi) atau gambar dalam bentuk modern yaitu informasi digital yang disimpan dalam bentuk memori komputer. Informasi dalam digital tersebut dapat berupa *print-out* untuk menghasilkan gambar tadisional atau dapat dibaca oleh sebuah *software* komputer.

Gambar hasil rancangan produk terdiri dari :

- Gambar semua elemen produk lengkap dengan geometrinya, dimensinya.
- Gambar susunan komponen (*assembly*).
- Gambar susunan produk.
- Spesifikasi yang membuat keterangan-keterangan yang tidak dapat dimuat dalam gambar.

3.2 Pernyataan kebutuhan

Dalam pembuatan mesin pengiris kripik tempe ini, didasarkan pada kebutuhan untuk lebih meningkatkan produktivitas dan ekonomi masyarakat. Mesin ini dibuat karena pengusaha kripik tempe masih mengiris dengan cara manual. Mesin pengiris tempe ini dibuat sebagai alat bantu produksi yang membantu pengusaha pembuat keripik tempe untuk mengiris tempe. Dengan sistem kerja yang sederhana, memungkinkan setiap orang dapat mengoperasikannya tanpa merasa kesulitan.

3.3 Analisa Kebutuhan

Berdasarkan pernyataan kebutuhan diatas, maka diperlukan beberapa langkah analisa kebutuhan untuk memperjelas tugas perencanaan mesin pengiris tempe. Adapun langkah-langkah analisis kebutuhan antara lain terdiri dari:

1. Pernyataan

Dibutuhkan mesin pengiris tempe untuk skala rumah tangga dengan harga terjangkau ekonomi menengah kebawah.

2. Spesifikasi Tenaga Penggerak

Tenaga penggerak tidak lagi menggunakan tenaga manusia sebagai sumber tenaga penggerak utamanya, melainkan dengan menggunakan tenaga penggerak lain. Dibutuhkan tenaga penggerak untuk menghasilkan irisan tempe ± 30 irisan/menit.

3. Standar Penampilan

Konstruksi mesin pengiris tempe ini telah disesuaikan dengan kenyamanan, keamanan, dan kemudahan dalam pengoperasiannya bagi pengguna. Mesin ini memiliki dimensi yang tidak cukup besar, sehingga mesin ini dapat dengan mudah dipindah tempatkan dari satu tempat ke tempat lain.

4. Target Keunggulan Produk

Target atau sasaran yang ingin dicapai pada perancangan dan hasil pengirisan dengan mesin pengiris tempe ini, adalah:

- Proses pembuatan dapat dikerjakan dengan mudah dan cepat.
- Bahan baku mudah dicari.
- Biaya keseluruhan pembuatan mesin ini terjangkau.
- Mudah dalam pengoperasian mesin pengiris tempe ini, karena mesin cukup dioperasikan oleh 1 orang operator.
- Hasil irisan dapat seragam.
- Pisau dapat diatur untuk menentukan ketebalan hasil irisan sesuai dengan yang diinginkan.
- Mesin mampu meningkatkan kualitas hasil produksi.
- Perawatan dan pemeliharaan mesin tidak memerlukan biaya khusus.

3.4 Pertimbangan Perancangan

Berdasarkan uraian analisis kebutuhan di atas maka pertimbangan perancangan yang dilakukan pada mesin pengiris tempe ini antara lain :

1. Pertimbangan Geometri

Pertimbangan geometri meliputi mesin memiliki panjang berkisar 650 mm, lebar 550 mm, tinggi 600 mm.

2. Pertimbangan Material

Pertimbangan dalam pemilihan material yaitu material mudah didapat dan harganya murah, sesuai dengan standar umum, memiliki umur pakai yang panjang serta memiliki sifat mekanis yang baik.

3. Pertimbangan Ergonomi

Pertimbangan ergonomi meliputi, mesin sesuai dengan kebutuhan, mudah dipindahkan, dan mudah dioperasikan.

4. Pertimbangan Produksi

- Pertimbangan produksi dapat meliputi, mesin dapat diproduksi oleh bengkel kecil, suku cadang mudah didapat dan murah.
- Pemakai tidak memerlukan perawatan yang sulit untuk merawat mesin ini.

5. Pertimbangan Lingkungan

Mesin pengiris ini tidak menimbulkan pencemaran udara.

6. Pertimbangan Keselamatan Kerja

- Mesin pengiris tempe ini tidak mengaplikasikan bahan yang berbahaya bagi keselamatan.
- Konstruksi mesin pengiris tempe ini didesain sesuai dengan posisi kerja yang aman dan nyaman, sehingga keselamatannya bisa terjamin.
- Menutup bagaian-bagian yang berbahaya antara lain, pisau, *pulley*, *v-belt* dan bagian yang berbahaya lainnya, yang dapat membahayakan operator mesin tersebut.

3.5 Keterbatasan-keterbatasan

Sebagai alat yang dibuat dengan pengalaman sedikit, dalam merancang mesin dan proses pembuatannya hanya mengandalkan mesin- mesin konvensional, sehingga alat ini memiliki keterbatasan-keterbatasan baik dari segi teknis pembuatan maupun pengoperasiannya.

Hal-hal yang menjadi keterbatasan dari mesin pengiris tempe adalah Mesin beroperasi masih secara semi otomatis, yaitu motor hanya berfungsi untuk memutar piringan tempat pisau, sedangkan untuk mendorong tempe ke pisau masih menggunakan manual.

3.6 Desain dan Gambar Mesin

3.6.1 Desain Konstruksi Mesin Pengiris Tempe

Desain konstruksi mesin pengiris tempe ditentukan atas berbagai pertimbangan sebagai berikut :

- Mesin pengiris tempe tidak menggunakan tenaga penggerak manusia sebagai penggerak utamanya melainkan diganti dengan tenaga motor listrik.
- Spesifikasi mesin yang ergonomis dengan dimensi yang nyaman bagi operator dan mudah disesuaikan dengan ruang kerja mesin berdimensi panjang 650 mm x lebar 550 mm x tinggi 600 mm.
- Mudah dalam pengoperasian, perawatan maupun pergantian suku cadang mesin.
- Mesin dapat diatur untuk menentukan ketebalan hasil irisan sesuai dengan yang diinginkan.
- Mesin pengiris tempe ini tidak mengaplikasikan bahan yang berbahaya bagi keselamatan.

3.6.2 Gambar mesin pengiris kripik tempe



Gambar 3.2. Mesin Pengiris Tempe

3.6.3 Alat dan Bahan Mesin Pengiris Tempe

Dalam pembuatan Mesin Pengiris Tempe diperlukan alat dan bahan demi terselesaikannya mesin tersebut, adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan Mesin Pengiris Tempe, yaitu :

❖ Alat :

- Mesin gerinda potong
- Gergaji besi
- Las listrik
- Bor tangan
- Bor duduk
- Gerinda tangan
- Palu besi
- Ragum
- Meteran
- Kuas

❖ Bahan :

- Besi kotak (holo)
- Besi siku
- Besi kanal U
- Besi pipa
- Plat besi
- Plat *stainless*
- *Baering*
- Motor listrik
- Mur dan baut
- *Pulley*
- *V-belt*

3.7 Teknik Perancangan Mesin

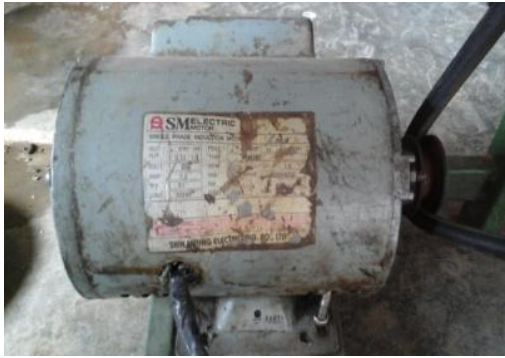
Teknik perancangan adalah langkah dasar yang sangat penting dilakukan dalam perancangan mesin pengiris tempe ini. Tujuan dari teknik perancangan ini adalah untuk mendapatkan data-data konstruksi yang dibutuhkan dalam membangun mesin pengiris tempe.

3.7.1 Motor

Dengan pertimbangan kinerja mesin agar berfungsi dengan maksimal dan ketersediaan motor listrik di pasaran, maka motor yang digunakan adalah motor dengan daya.

Spesifikasi motor listrik yang digunakan:

- $P = 250 \text{ Watt} = 0,25 \text{ kW}$
- $N = 1400 \text{ rpm}$
- Tegangan = 220 volt



Gambar 3.3. Motor listrik

3.7.2 Poros

Poros merupakan salah satu bagian dari sistem transmisi mesin pengiris tempe. Putaran dari motor listrik diteruskan *pulley* dan *v-belt* kemudian ke poros. Poros ini berfungsi sebagai pemutar pisau perajang. Poros ini memiliki panjang 400 mm dengan ditopang oleh dua buah *bearing* dengan jarak 30 mm dan 50 mm dari tiap ujung poros. Selanjutnya dihitung perencanaan poros mesin pengiris tempe.

1. Daya yang ditransmisikan

$$P = 250 \text{ Watt}$$

$$= 0,25 \text{ Kw}$$

Putaran poros = Putaran *pulley* yang digerakan (n_2)

$$\text{Diketahui : } n_1 = 1400 \text{ rpm}$$

$$d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$d_2 = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Ditanya : } n_2 = \dots\dots\dots ?$$

Jawab :

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{d_1}{d_2}$$

$$n_2 = 1400 \cdot \frac{50}{200}$$

$$n_2 = 350 \text{ rpm}$$

Maka torsi yang dihasilkan :

$$\begin{aligned} T &= \frac{P \cdot 72585,1}{n} \\ &= \frac{0,25 \cdot 72585,1}{350} \\ &= \frac{18146,28}{350} \\ &= 51,84 \text{ kg.cm} \\ &= 518,4 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

2. Faktor koreksi pertama sebagai angka keamanan awal diambil kecil $F_c = 1,2$

3. Daya rencana untuk perhitungan poros

$$P_d = F_c \cdot P$$

$$= 1,2 \times 0,25$$

$$= 0,30 \text{ kW}$$

4. Momen puntir rencana

$$T = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{P_d}{n_2}$$

$$\begin{aligned} &= 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{0,30}{350} \\ &= 9,74 \times 10^5 \cdot 0,000857 \\ &= 834,857 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

3.7.3 Transmisi *pulley* dan Sabuk V (V-Belt)

Mesin pengiris kripik tempe ini memiliki sistem transmisi yang terdiri dari beberapa komponen yaitu *pulley*, *V-Belt*, poros, dan motor listrik. Sistem transmisi yang ada akan memperlambat kecepatan motor listrik dari 1400 rpm menjadi 350 rpm. Jenis motor penggerak yang digunakan adalah motor listrik 1/3 Hp. Mekanisme yang bekerja pada system transmisi ini berawal dari motor listrik ditransmisikan ke *pulley* 1 yang kemudian dengan menggunakan *V-belt* akan ditransmisikan ke *pulley* 2, dan selanjutnya akan didistribusikan ke poros yang akan memutar piringan untuk mengiris tempe.

$$\text{Diketahui : } n_1 = 1400 \text{ rpm}$$

$$d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$d_2 = 200 \text{ mm}$$

Rumus :

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$$

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{d_1}{d_2}$$

$$n_2 = 1400 \cdot \frac{50}{200}$$

$$n_2 = 350 \text{ rpm}$$

Keterangan :

$$d_1 = \text{Putaran awal}$$

$$d_1 = \text{Diameter } \textit{pulley}$$

$$n_2 = \text{Putaran akhir}$$

$$d_2 = \text{Diameter } \textit{pulley} \text{ 2}$$

3.7.4 *Pulley* dan Sabuk V (V-belt)

Transmisi sabuk-V digunakan untuk mereduksi putaran dari $n_1 = 1400 \text{ rpm}$ menjadi $n_2 = 350 \text{ rpm}$. Mesin pengiris kripik tempe mempunyai variasi beban kecil dan diperkirakan mesin bekerja selama 3-5 jam setiap hari, sehingga waktu koreksinya yaitu 1,2 .

1. Perhitungan perancangan *V-belt*

$$\text{a. } P = 250 \text{ Watt} = 0,25 \text{ kW}$$

$$\text{b. } P_d = f_c \times P$$

$$P_d = 1,2 \times 0,25 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,30 \text{ kW}$$

$$\text{c. } T = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{P_d}{n_2}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{0,30}{350}$$

$$= 834,857 \text{ kg.mm}$$

2. Penampang v-belt yang digunakan : Tipe A

3. Diameter pulley
 $d_1 = 50 \text{ mm}$
 $d_2 = 200 \text{ mm}$

4. Kecepatan V-belt

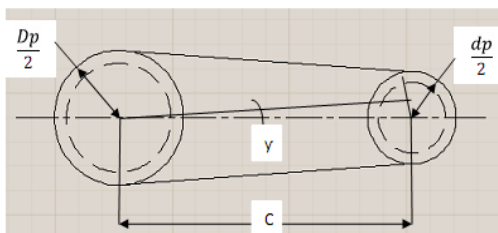
$$V = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot n_1}{60 \times 1000}$$

$$V = \frac{3,14 \times 200 \times 1400}{60 \times 1000}$$

$$V = \frac{879200}{60000}$$

$$V = 14,65 \text{ m/s}$$

5. Panjang keliling (L)



Gambar 3.5. Panjang Keliling V-Belt

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

$$L = 2 \times 360 + \frac{3,14}{2} (50 + 200) + \frac{1}{4 \times 360} (200 - 50)^2$$

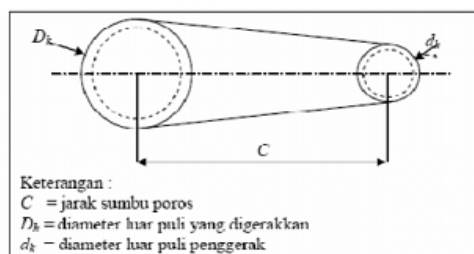
$$L = 720 + \frac{3,14}{2} \cdot 250 + \frac{1}{1440} \cdot (150)^2$$

$$L = 720 + 392,5 + \frac{1}{1440} \cdot 22500$$

$$L = 720 + 392,5 + 15,625$$

$$L = 1128,125 \text{ mm}$$

6. Nomor nominal sabuk V, yaitu no.44 = 1128,125 mm.
7. Jarak sumbu poros (C) dapat dinyatakan sebagai berikut :



Gambar 3.6. Jarak sumbu poros

- a. Rumus
 $b = 2L - \pi (D_p + d_p)$
 $b = 2 \cdot 1128,125 - 3,14 (200 + 50)$
 $b = 2256,25 - (3,14 \times 250)$
 $b = 2256,25 - 785$

b. Rumus

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8}$$

$$C = \frac{1471,25 + \sqrt{(1471,25)^2 - 8(200 - 50)^2}}{8}$$

$$C = \frac{1471,25 + \sqrt{2164577 - 180000}}{8}$$

$$C = \frac{1471,25 + \sqrt{1984577}}{8}$$

$$C = \frac{1471,25 + 1408,75}{8}$$

$$C = \frac{2880}{8}$$

$$C = 360 \text{ mm}$$

8. Jadi V-belt untuk sistem transmisi mesin pengiris kripik tempe adalah V-belt tipe A, no.44 dengan jarak poros 360 mm.

3.8 Uji Kinerja

Uji kinerja mesin merupakan sebuah langkah pengujian terhadap sebuah mesin. Uji kinerja ini bertujuan untuk mengetahui kualitas akan mesin yang dibuat. Selain untuk mengetahui kualitas uji kinerja mesin ini juga diharapkan dapat mengetahui kekurangan-kekurangan yang ada pada mesin, sehingga dapat dilakukan perbaikan-perbaikan pada mesin kedepannya.

Pengujian ini dilakukan dengan 2 motor listrik yang berbeda putarannya, masing-masing putaran adalah 2850 rpm dan 1400 rpm, yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas mesin dan kelayakan hasil pengirisan dengan kriteria hasil pengirisan yang layak adalah tebal yang seragam yang dapat dipilih antara 1 s/d 3 mm, teriris dengan bentuk sempurna (untuk satu irisan tebalnya sama disetiap titik). Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel.

A. Pengujian dengan putaran 2850 Rpm



Gambar 3.7. Pengujian Mesin



Gambar 3.8. Hasil Pengujian

Pengujian	Jumlah irisan	Waktu	Rusak	% Rusak	Laya k	% Laya k
1	29	60 detik	7	24,1	22	75,8
2	31	60 detik	9	29,03	22	70,9
3	28	60 detik	8	28,5	20	71,4
Rata-rata	29,3	60 detik	8	27,2	21,3	72,7

Tabel 3.1. Pengujian jumlah irisan

B. Pengujian dengan putaran 1400 Rpm



Gambar 3.9. Pengujian mesin



Gambar 3.10. Hasil pengujian

Pengujian	Jumlah irisan	Waktu	Rusak	% Rusak	Laya k	% Laya k
1	29	60 detik	7	24,1	22	75,8
2	31	60 detik	9	29,03	22	70,9
3	28	60 detik	8	28,5	20	71,4
Rata-rata	29,3	60 detik	8	27,2	21,3	72,7

Tabel 3.2. pengujian jumlah irisan

C. Analisa Pengujian

No	Pertimbangan perencanaan penggerak	Putaran 2850 Rpm	Putaran 1400 Rpm
1	Hasil irisan tempe	Hasil irisan kurang rapi	Hasil irisan bagus
2	Keselamatan operator	Kurang terjamin keselamatan operator	Mengurangi resiko kecelakaan kerja
3	Kekuatan tenaga penggerak	Tidak memiliki tenaga yang cukup kuat	Memiliki tenaga yang kuat

Tabel 3.3. Analisa Pengujian

Dari pengujian tersebut maka kapasitas pengirisan tempe tiap satu menit berdasarkan hasil pengujian dapat ditentukan. Kapasitas pengirisan tempe tiap satu menit (q_p) :

$$q_p = \frac{(\text{Jumlah irisan } 1+2+3)}{\text{Waktu pengujian}}$$

$$q_p = \frac{(31+29+30)}{3 \text{ menit}}$$

$$q_p = \frac{90}{3}$$

$$q_p = 30 \text{ irisan/ menit}$$

$$= 1800 \text{ irisan/jam.}$$

3.9 Kelebihan dan Kelemahan

Setelah dilakukan pengujian terhadap kinerja dari mesin pengiris tempe ini ternyata masih memiliki beberapa kelemahan-kelemahan diantaranya:

1. Pengoperasian masih semi otomatis
2. Bahan yang digunakan adalah besi tempa perlu diganti dengan bahan *stainless steel* agar lebih higienis.
3. Ragi tempe masih menempel dipisau perlu diganti menggunakan bahan *stainless*.

Selain memiliki kelemahan-kelemahan seperti diatas, mesin pengiris kripik tempe ini juga mempunyai beberapa keunggulan atau kelebihan diantaranya adalah:

1. Mesin pengiris kripik tempe ini dapat mengiris tempe dengan cepat dan rapi.
2. Mesin pengiris kripik tempe ini dapat diatur ketebalannya anatar 1 – 3 mm.
3. Mesin pengiris kripik tempe ini tidak menimbulkan pencemaran udara.
4. Komponen-komponen yang berbaya seperti sabuk-V, pisau tertutup oleh *cassing*.
5. Pemeliharaan dan perawatan mesin pengiris tempe ini cukup mudah. Pada saat akan mengoperasikan dan setelah selesai dioperasikan, bersihkan hopper, pisau, dan output dari sisa-sisa debu yang ada dan kotoran lainnya. Hal tersebut bertujuan untuk menjaga kebersihan dari produk.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Hasil perancangan mesin pengiris tempe dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Proses pengirisan mesin pengiris tempe menggunakan pisau berputar, yaitu dengan menggunakan pisau berbentuk piringan.
2. Sistem transmisi mesin pengiris tempe ini mengubah putaran motor listrik dari 2850 rpm menjadi 855 rpm, dengan komponen berupa 2 *pulley* Ø200 mm dan Ø60 mm, dihubungkan oleh *v-belt*, Poros yang digunakan berdiameter 20 mm.
3. Mesin pengiris tempe ini menggunakan daya motor 125 Watt.
4. Setelah dilakukan uji kinerja, mesin pengiris tempe mampu menghasilkan irisan sebanyak 30 irisan/menit dengan hasil dan ketebalan seragam.

4.2 Saran

Perancangan mesin pengiris tempe ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi kualitas bahan, penampilan, dan sistem kerja/fungsi. Oleh karena itu, untuk dapat menyempurnakan rancangan mesin ini perlu adanya pemikiran yang lebih jauh lagi dengan segala pertimbangan. Proses penyempurnaan produk masih diperlukan untuk meningkatkan efisiensi, usulan perbaikan rancangan mesin antara lain:

1. Dilihat dari segi sistem transmisi, putaran output mesin masih sangat besar sehingga menjadikan keselamatan operator kurang terjamin. Perbandinngan diameter *pulley* sebaiknya diperbesar untuk mengatasi masalah tersebut/motoran diganti dengan rpm yang lebih kecil.

2. Getaran pada kontruksi mesin masih terlalu besar sehingga harus diperlukan karet peredam.
3. Dalam memindahkan mesin masih kesulitan, sehingga perlu adanya roda pada kaki rangka.

DaftarPustaka

- Budiyanto, 2012, *Perancangan Mesin Perajang Singkong*. Proyek Akhir, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Darmawan, H, 2004, *Pengantar Perancangan Teknik*. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Jakarta.
- Mott, Robert L, 2009, *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis (Perancangan Elemen Mesin Terpadu) 1*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2002, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradnya Paramita, Jakarta.