

RANCANG BANGUN MESIN PENGIRIS KERIPIK TEMPE TAPIOKA DENGAN PISAU PUTAR LENGKUNG

Tasliman

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
E-mail: tasliman.ftp@unej.ac.id

ABSTRAK

Pada pembuatan keripik tempe tapioka, tahap pengirisan merupakan tahap yang menentukan mutu dan kapasitas produksi. Penggunaan mesin pengiris dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas pengirisan. Mesin yang ada sekarang kapasitasnya masih kurang tinggi sehingga diperlukan rancangan baru dengan kapasitas yang lebih tinggi namun sesuai untuk bahan tempe tapioka yang kurang teguh. Rancangan pengiris yang digunakan yaitu pisau putar lengkung. Beberapa kelebihan rancangan ini yaitu tidak perlu gerak bolak-balik, hentakan pemotongan halus serta dapat digunakan pada kecepatan tinggi. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk merancang, membuat, dan menguji kinerja mesin pengiris tempe tapioka menggunakan rancangan pisau putar lengkung. Dari pelaksanaan penelitian, dapat dilihat bahwa konsep rancangan pisau putar lengkung memang cukup efektif digunakan mengiris tempe. Hasil yang diperoleh sesuai dengan harapan. Telah berhasil dirancang mekanisme pengirisan dengan kecepatan variabel. Mesin telah dicoba untuk 2 kecepatan yang berbeda. Pada kedua kecepatan tersebut, mutu irisan terlihat sama bagusnya. Kecepatan tertinggi yang telah dicoba yaitu 310 rpm yang menghasilkan kecepatan pengirisan 15 iris per detik. Namun demikian kecepatan tersebut dirasa terlalu tinggi oleh pengguna sehingga digunakan kecepatan yang lebih rendah yaitu 110 rpm. Penggunaan mesin pada kecepatan tersebut hasilnya baik. Kapasitas kerja yang diperoleh yaitu 19,62 kg/jam. Hasil irisan layak goreng adalah 96,5%, dengan ketebalan 0,85 mm. Konsumsi daya mesin sangat rendah yaitu 29,71 watt, sedangkan efisiensi daya cukup tinggi yaitu 50,9%.
Kata kunci— tempe tapioka; keripik tempe; mesin pengiris

PENDAHULUAN

Keripik tempe tapioka adalah varian yang memiliki rasa khas yang agak berbeda dari keripik tempe murni. Keripik jenis ini memiliki tekstur yang lebih renyah dan lebih mudah dikunyah karena tidak seliat dan sekeras keripik tempe murni. Bagi sebagian pembeli, karakteristik keripik tempe tapioka ini lebih disukai dibanding keripik tempe murni.

Tahapan pembuatan keripik tempe tapioka secara mendasar adalah sama dengan pembuatan keripik tempe murni, yaitu tempe diiris tipis-tipis kemudian digoreng sampai menjadi renyah. Tebal irisan berkisar antara 1 mm sampai 2 mm. Sebelum digoreng, irisan tersebut dicelup sebentar ke dalam cairan bumbu berupa air yang diberi garam dan gilasawan bawang putih.

Pengirisan tempe batangan menjadi irisan tipis yang utuh dengan ketebalan yang sesuai merupakan salah satu tahapan pembuatan yang menentukan mutu keripik tempe tapioka. Irisan yang utuh dan tipis akan menghasilkan keripik yang renyah dan bagus bentuknya. Tahap pengirisan juga merupakan penentu kapasitas produksi karena memerlukan waktu yang lama untuk mengerjakannya. Industri rumah tangga mikro sering kali hanya mengandalkan tenaga kerja orang serumah. Dengan keterbatasan tenaga tersebut, tahap pengirisan yang lama akan menjadi penghambat untuk menaikkan produksi. Salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk meningkatkan kapasitas pengirisan yaitu dengan menggunakan mesin. Pada saat ini di pasaran telah tersedia beberapa pilihan mesin untuk keperluan tersebut. Namun demikian, mesin yang ada saat ini kinerjanya masih belum memuaskan.

Informasi mengenai mesin pengiris keripik tempe tersedia dari naskah akademik maupun dari internet, khususnya YouTube. Namun demikian, kebanyakan rancangan mesin tersebut ditujukan untuk pengirisan tempe non tepung. Ada juga pengirisan tempe yang menggunakan pengiris multiguna yang ditujukan untuk berbagai bahan berbeda. Pengiris multiguna memang bisa digunakan untuk menangani beragam bahan, namun hasilnya tidak akan sebagus rancangan yang dikhususkan untuk satu bahan tertentu. Hanya tersedia beberapa informasi rancangan pengiris untuk tempe tapioka, namun semuanya berasal dari sumber YouTube. Sedangkan dari sumber naskah akademik belum ditemui rancangan khusus pengiris tempe tapioka.

Bagian utama dari mesin pengiris adalah pisau pengirisnya. Ditinjau dari posisi peletakan pisau, terdapat 3 macam rancangan, yaitu horizontal, vertikal dan miring. Rofarsyam (2012) membuat mesin pengiris tempe dengan pisau horizontal. Ibrohim et al. (2019) juga membuat rancangan pengiris dengan pisau horizontal. Demikian juga, Utomo & Nurlaila (2021) membuat rancangan pengiris dengan pisau horizontal. Garside & Sudjatmiko (2016) membuat rancangan mesin pengiris dengan pisau vertikal yang langsung dipasangkan pada poros motor tanpa transmisi. Trianasari et al. (2017) juga membuat mesin pengiris dengan pisau vertikal. Selain itu, Handoko et al. (2018) juga membuat pengiris dengan pisau vertikal. Demikian juga Porawati & Kurniawan (2021) membuat pengiris dengan pisau vertikal. Sedikit berbeda dengan yang lainnya, Uslianti et al. (2015) membuat mesin pengiris dengan posisi pisau miring.

Selain posisinya, parameter rancangan pisau pengiris yang penting ialah bentuk pisau dan posisi mata tajamnya. Secara garis besar pada saat ini terdapat 3 model pengiris putar yaitu model cakram, model bilah putar lurus, dan model spiral. Bilah putar yaitu pengiris dengan arah mata tajam menghadap ke arah putaran, sedang cakram yaitu pengiris yang berupa lingkaran dengan penajaman pada keliling luarnya. Kebanyakan rancangan mesin pengiris tempe menggunakan model cakram. Model cakram ini dapat ditemukan pada Romli et al. (2011), Rofarsyam (2012), Uslianti et al. (2015), Garside & Sudjatmiko (2016), Pujiono & Hindryanto (2017), Risyandi et al. (2017), dan Porawati & Kurniawan (2021). Sedangkan model bilah putar dapat dijumpai pada Luthfi et al. (2016), Handoko et al. (2018), Utomo & Nurlaila (2021), dan Yahya et al. (2022). Model spiral terdapat pada Istiadi et al. (2022).

Bahan keripik tempe tapioka tergolong bahan yang kurang teguh sehingga cara pemotongan yang tidak menyebabkan kerusakan adalah menggunakan pisau cakram putar bertepi tajam. Pengirisan secara demikian mengharuskan penggerakan bolak-balik batang tempe. Mekanisme penggerakan tersebut tentu saja tidak bisa terlalu cepat. Dengan demikian, kapasitas kerja pengirisan juga menjadi terbatas. Selain itu, gerakan bolak-balik tersebut, yang biasanya dilakukan secara dorong tangan, juga menyebabkan pengirisan menjadi kurang nyaman. Pengirisan menggunakan bilah putar radial bisa menghasilkan kapasitas yang lebih tinggi karena tidak diperlukannya gerak bolak-balik bahan. Namun demikian, cara tersebut tidak cocok untuk digunakan pada tempe tapioka karena menyebabkan rusaknya potongan (Yahya et al., 2022). Rancangan mesin yang menggunakan model spiral memiliki kinerja yang lebih bagus dari kedua model yang lain. Namun demikian rancangan tersebut masih memiliki kekurangan yaitu pada piringannya hanya terdapat satu pisau sehingga kapasitasnya terbatas.

Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan rancangan mesin pengiris yang mampu menghasilkan kapasitas pengirisan tinggi, namun angka kerusakannya rendah, serta ketaknyamanannya minimal. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan mesin dengan kriteria tersebut. Dari penelusuran pustaka, sampai saat ini belum ditemukan peneliti yang membuat rancangan pisau putar lengkung. Oleh karena itu, pilihan rancangan yang digunakan yaitu rancangan pisau putar lengkung.

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk merancang, membuat, dan menguji kinerja mesin pengiris tempe tapioka menggunakan rancangan pisau putar lengkung. Mesin dan data yang diperoleh dari kegiatan penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh beberapa pihak. Rancangan mesin yang diperoleh dapat dijadikan contoh untuk pembuatan pengiris yang lebih baik dari sebelumnya. Mesin pengiris tersebut selanjutnya dapat digunakan oleh para pembuat keripik tempe tapioka untuk mempercepat pekerjaan. Selain itu, data kinerja yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan penentuan parameter penggunaan mesin pengiris dengan tipe tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

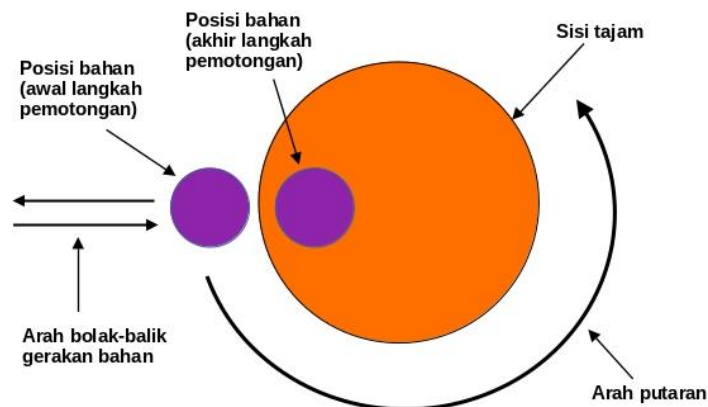
Tahapan pada pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan pemilihan rancangan pisau. Setelah itu, dilakukan pembuatan gambar sketsa rancangan secara garis besar. Tahap selanjutnya adalah persiapan bahan dan alat, pembuatan dan perakitan mesin pengiris, dilanjutkan dengan uji fungsional disertai perbaikan rancangan. Setelah mesin siap, tahap terakhir ialah dilakukannya uji kinerja.

B. Konsep Perancangan Pisau Putar Lengkung

Penggunaan pisau putar menghasilkan pelaksanaan pengirisan yang lebih sederhana dan lebih mudah. Hal tersebut karena pada penggunaan pisau putar, bahan hanya perlu didorong ke depan untuk pengirisan, sedang pada penggunaan cakram, bahan harus didorong ke depan kemudian ke samping

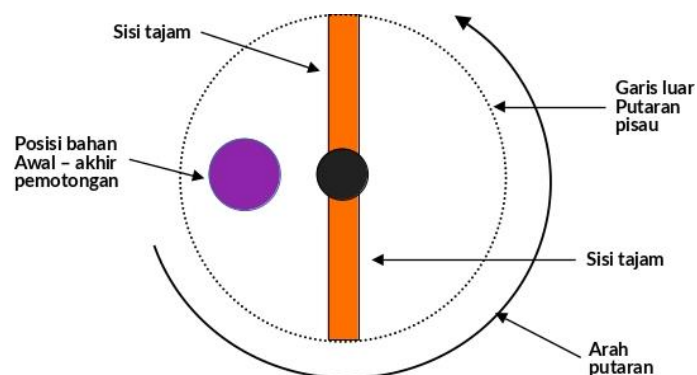
agar terjadi pengirisan (Gambar 1). Dengan demikian cara pengirisan menggunakan pisau putar lebih mudah dibanding cakram karena tidak perlu gerakan bolak-balik. Namun pada penggunaan cakram, proses pemotongannya lebih lembut karena tidak terjadi benturan mendadak antara bahan dengan sisi tajam. Dengan demikian potensi kerusakan bahan juga lebih rendah.

Meskipun menghasilkan pengirisan yang halus, namun bentuk cakram kurang cocok digunakan untuk bahan yang kecil. Hal tersebut dikarenakan jika bahannya berpenampang kecil, maka frekuensi penggeseran bolak-balik bahan akan menjadi tinggi. Penggeseran bolak-balik yang cepat akan cukup melelahkan pengguna. Jika pun dilakukan otomatisasi, maka mekanisme gerak bolak-balik akan menimbulkan getaran dan kegaduhan yang menghasilkan ketidaknyamanan pengguna. Selain itu juga diperlukan tambahan komponen untuk mekanisme penggerak bolak-balik tersebut. Salah satu cara lain agar frekuensi penggeseran menjadi rendah ialah dengan cara menggabungkan beberapa bahan yang kecil tersebut menjadi satu, kemudian diiris secara bersamaan. Namun demikian hal tersebut memerlukan pekerjaan tambahan berupa penataan bahan. Selain itu, pemotongan bersama tersebut tetap tidak bisa menandingi kecepatan pengirisan menggunakan pisau putar.



Gambar 1. Pisau Cakram dan Gerak Bolak-Balik Bahan pada Saat Pemotongan

Karena tidak terdapat gerak bolak-balik (Gambar 2), pisau putar bisa digunakan untuk kecepatan pemotongan lebih tinggi. Variabel pembatasnya ialah terjadinya kerusakan bahan pada ambang kecepatan tertentu. Selain disebabkan kontak mendadak, terjadinya deformasi bahan secara sesaat pada pengirisan cepat juga akan menyebabkan terpecahnya bahan dari bentuk padatnya. Bahan tempe tapioka adalah bahan yang kurang teguh, sehingga pemotongan menggunakan pisau putar lurus berpotensi merusakkan bahan.



Gambar 2. Pisau Putar Lurus dan Posisi Penempatan Bahan pada Saat Pemotongan

Pisau putar lengkung adalah rancangan pengiris yang bisa menggabungkan kelebihan dari pisau putar lurus dan cakram. Pisau putar lengkung dapat digunakan pada putaran lebih tinggi namun tanpa keharusan penggerakan bolak-balik. Bentuk lengkung pada rancangan ini memungkinkan terjadinya kontak secara lebih lembut dan bertahap antara mata pisau dengan bahan sehingga nilai gaya puncaknya bisa dikurangi. Sebagai hasilnya, hentakan yang terjadi bisa dibuat lebih rendah dan kerusakan bahan bisa ditekan.

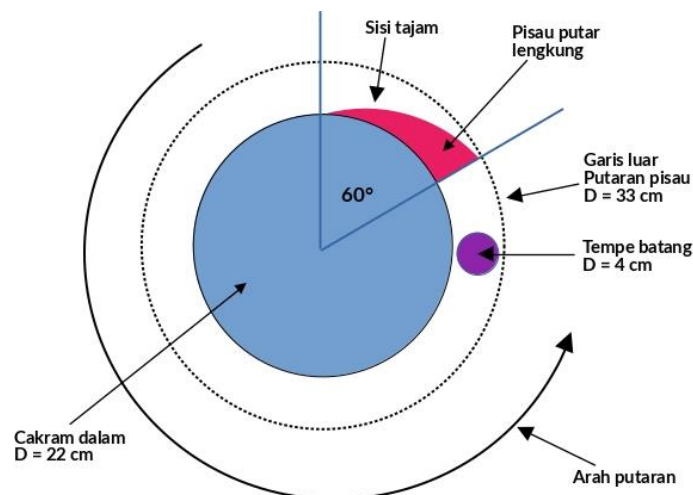
C. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 kategori yaitu bahan rekayasa mesin dan bahan pengujian. Cakram putar dibuat dari cakram rem motor. Pisau lengkung dibuat dari bahan bekas gergaji *circular*. Bagian pengarah hasil potongan dibuat dari pelat *stainless steel*. Bagian pendukung lainnya menggunakan besi. Bahan pengujian berupa keripik tempe tapioka diperoleh dari industri rumah tangga yang berlokasi di Perumahan Pondok Bedadung Indah Kabupaten Jember.

Alat yang digunakan dalam rekayasa mesin meliputi komputer dengan aplikasi FreeCAD (<https://www.freecad.org/>), las listrik, gerinda, bor, jangka, gunting pelat, dan berbagai alat perbengkelan lain. Sedangkan alat yang digunakan pada pengujian mesin meliputi tachometer, timbangan, *stopwatch*, watt meter, jangka sorong / penggaris, dan komputer yang dilengkapi dengan aplikasi LibreOffice Calc (<https://www.libreoffice.org/>).

D. Pembuatan Mesin

Tahapan pembuatan mesin dimulai dengan membuat gambar sketsa rancangan secara garis besar. Pembuatan gambar menggunakan kertas, pensil serta alat tulis lainnya. Pada tahap pembuatan sketsa tersebut ditentukan beberapa hal utama rancangan. Hal yang ditentukan pertama adalah rancangan pisau. Berdasarkan penelusuran pustaka, telah dipilih rancangan mata pisau untuk mesin pengiris yang akan dibuat. Mata pengiris menggunakan rancangan pisau putar dengan bentuk permukaan lengkung sabit. Dengan model tersebut, pisau dipasangkan bersudut terhadap jari-jari putaran. Pisau tersebut dipasangkan pada sebuah cakram dalam berdiameter 22 cm. Skema penempatan pisau pada cakram dalam diperlihatkan pada Gambar 3, yang digambar menggunakan aplikasi LibreOffice Draw.



Gambar 3. Pemasangan Pisau Lengkung dengan Sudut 60°

Untuk pembuatan mata pisau digunakan pelat baja bilah gergaji *circular* mesin pemotong kayu. Bahan tersebut dipilih karena mutu bajanya sangat sesuai untuk pembuatan mata pisau. Selain kekakuannya yang sangat bagus sehingga tidak mudah terdeformasi, setelah diasah bagian matanya bisa menjadi sangat tajam. Selain itu bahan tersebut, asal dijaga kebersihannya, termasuk bahan yang cukup tahan karat. Karena tidak mudah berkarat, meskipun bukan tergolong *stainless steel*, bahan tersebut banyak digunakan untuk pisau pemotong bahan makanan. Selain itu ketajamannya bisa bertahan lama sehingga tidak perlu sering diasah ulang. Untuk bagian cakram dalam (Gambar 3), digunakan cakram rem sepeda motor karena bentuk bulatnya cukup sempurna, bahannya terbuat dari baja tegar yang tidak mudah terdeformasi, serta ukurannya sesuai. Dengan konstruksi dan bahan yang bagus tersebut, maka kestabilan putarnya akan terjamin.

Tahap selanjutnya yaitu menentukan konstruksi alat secara keseluruhan. Ditentukan bahwa bentuk jadi dari mesin pengiris ini berukuran tapak 30x50 cm. Bahan rangka utama dipilih berupa besi siku 4x4 cm. Poros pisau dipasang dengan arah mendatar. Dengan demikian cakram putar dan puli transmisi semua berarah tegak. Pada pemasangan seperti ini akan diperoleh transmisi sabuk-puli yang tidak mudah lepas dan toleran terhadap pemasangan sabuk yang kendur. Untuk penggerak digunakan motor servo mesin jahit industri. Motor ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan sebagai

penggerak. Pertama, motor servo mudah diubah-ubah kecepatannya. Dengan demikian pada penelitian ini dapat dicari kecepatan yang sesuai. Selain itu tingkat keberisikan serta getarannya amat minimal sehingga nyaman digunakan. Selain itu motor servo memiliki daya *idle* yang sangat rendah sehingga dapat menghemat kebutuhan daya.

Tahap berikutnya adalah penyiapan komponen pembuatan. Sebagian bahan dibeli dari toko di sekitar Jember dan sebagian lagi dibeli dari toko *online*. Setelah bahan tersedia kemudian dilakukan pengukuran, pemotongan serta perakitan.

Untuk proses pembuatan alat, mula-mula dibuat rangka utamanya terlebih dahulu. Setelah itu dilakukan pemasangan bantalan, poros dan puli. Selanjutnya dilakukan pembuatan bagian pemotong. Setelah rancangan pemotong selesai, selanjutnya dilakukan uji fungsional pemotongan. Uji fungsional pemotongan tempe dilakukan dengan pemutaran manual maupun dengan menggunakan motor listrik.

Berdasar uji pemotongan, kemudian telah dilakukan beberapa kali perbaikan atau perubahan desain. Perubahan terutama adalah pada mekanisme *stopper* untuk menentukan ketebalan iris. Mula-mula dicoba menggunakan *stopper* tetap, namun ternyata pemotongan kurang bagus. Oleh karena itu kemudian *stopper* diganti dengan pelat yang berputar bersama pisaunya. Ternyata perubahan ini menghasilkan pemotongan yang sangat baik.

E. Uji kinerja

Setelah rancangan berfungsi dengan baik kemudian dilakukan pengujian kinerja. Pada uji kinerja ini dilakukan pengukuran rpm pada poros pemotong maupun pada poros motor, pengukuran daya listrik, pengukuran kapasitas kerja mesin, serta pengukuran mutu pengirisan. Parameter mutu yang digunakan ialah ketebalan irisan, berat per iris dan keutuhan hasil iris. Pada penelitian ini juga dihitung besarnya daya aktual pemotongan dan efisiensi penggunaan daya listrik untuk pemotongan. Sebagai data pembanding, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian elementer pada mesin rancangan namun menggunakan penggerak motor induksi 1/2 hp. Pada saat uji kinerja ini juga dilakukan konsultasi dengan pemilik industri rumah tangga (IRT) pembuat keripik tempe yang berlokasi dekat dengan lokasi penelitian. Tujuan konsultasi tersebut ialah untuk mengetahui tingkat penerimaan dan kesesuaian mesin dengan kebutuhan nyata pembuat keripik.

Pengukuran daya dilakukan dengan menggunakan wattmeter-logger yang langsung melakukan pencatatan dalam bentuk berkas *csv*. Demikian juga rpm diukur menggunakan tachometer-logger yang langsung melakukan pencatatan dalam berkas *csv*. Berkas tersebut direkam ke dalam mikro-SD. Setelah selesai pengambilan data, kemudian data disalin ke komputer dan diolah lanjut menggunakan LibreOffice Calc.

Pengukuran kapasitas kerja dilakukan dengan menimbang bahan sebelum diiris, kemudian melakukan pengirisan dengan mencatat waktunya, serta menimbang bahan yang tersisa. Kapasitas kerja dihitung dengan rumus berikut.

$$K = \frac{W_1 - W_2}{t} \times 3,6 \quad (1)$$

dengan

- K : Kapasitas kerja mesin (kg / jam)
- W_1 : Berat tempe sebelum diiris (gram)
- W_2 : Berat tempe sisa pengirisan (gram)
- t : Waktu yang diperlukan untuk mengiris tempe (detik)

Pengukuran mutu hasil irisan dilakukan dengan mencacah hasil irisan dan menggolongkan hasil tersebut menjadi 3 yaitu irisan utuh, irisan tidak utuh, dan irisan rusak. Irisan utuh adalah irisan yang bentuknya masih terlihat bulat. Irisan tidak utuh adalah irisan yang bentuknya terpotong sehingga tidak lagi bulat namun masih digoreng menjadi keripik. Sedangkan irisan rusak ialah irisan yang bentuknya berupa serpihan yang terlalu kecil atau hancuran, sehingga kemudian dibuang karena tidak layak untuk dijadikan keripik. Persentase irisan utuh dihitung menggunakan rumus berikut.

$$I_U = \frac{W_U}{W} \times 100\% \quad (2)$$

dengan

- I_U : Persentase irisan utuh (%)
- W_U : Berat irisan utuh (gram)
- W : Berat bahan tempe yang diiris (gram)

Penghitungan persentase irisan tidak utuh dan irisan rusak menggunakan rumus yang sama dengan rumus di atas. Hanya saja untuk masing-masing penghitungan tersebut tidak digunakan berat irisan utuh melainkan berat irisan tidak utuh dan berat irisan rusak.

Pengukuran ketebalan irisan dilakukan dengan mengukur panjang tempe sebelum diiris dan panjang sisa setelah diiris, serta mencacah jumlah irisannya. Pengukuran panjang dilakukan menggunakan penggaris dengan skala 1 mm. Ketebalan irisan dihitung menggunakan rumus berikut.

$$B = \frac{L_1 - L_2}{n} \quad (3)$$

dengan

- B : Tebal per iris tempe (mm)
- L₁ : Panjang tempe sebelum dipotong (mm)
- L₂ : Panjang sisa tempe setelah dipotong (mm)
- n : Jumlah irisan tempe dari bahan yang dipotong tersebut

Besarnya penggunaan daya aktual pemotongan dihitung dari pengukuran daya listrik pada saat tidak melakukan pemotongan dan pada saat melakukan pemotongan. Daya aktual pemotongan dihitung menggunakan rumus berikut.

$$P_A = P_W - P_i \quad (4)$$

Sedangkan efisiensi daya dihitung menggunakan rumus berikut.

$$E_P = \frac{P_A}{P_W} \times 100\% \quad (5)$$

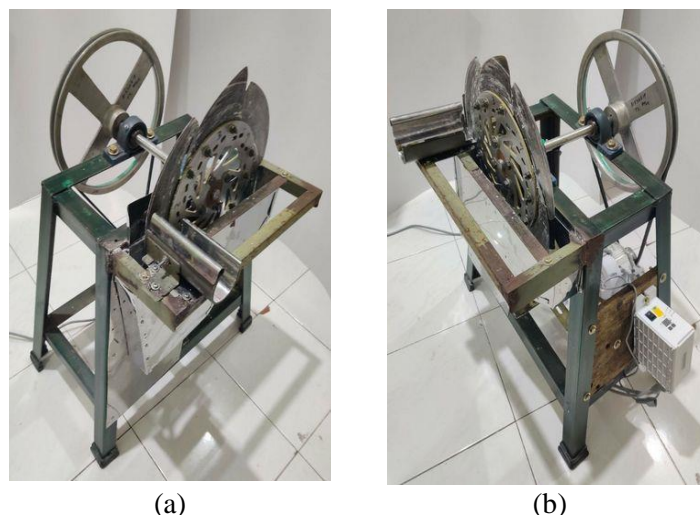
dengan

- P_A : Daya aktual yang diperlukan untuk pemotongan tempe (watt)
- P_W : Daya motor listrik pada saat pemotongan tempe (watt)
- P_i : Daya motor listrik pada saat tidak melakukan pemotongan tempe (watt)
- E_P : Efisiensi penggunaan daya (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Mesin

Dari penelitian ini sudah berhasil dirancang dan dirakit sebuah mesin pengiris tempe tapioka. Mesin tersebut sudah dicoba dan dapat berfungsi mengiris tempe tapioka dengan hasil yang sangat baik. Bentuk fisik mesin pengiris tempe tapioka yang dihasilkan dari penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 4. Pada mesin ini dipasang 3 buah pisau lengkung yang diselengi dengan 3 buah pelat *stopper* putar yang dipasangkan pada cakram rem sepeda motor menggunakan baut. Penggerak mesin ini yaitu motor servo mesin jahit. Pada Gambar 4(b) diperlihatkan kotak kendali motor servo yang terpasang pada bagian samping mesin. Dengan menggunakan motor servo, maka mesin pengiris ini memiliki kecepatan variabel. Motor tersebut memiliki kecepatan maksimal 4500 rpm dengan penambahan setelan per 100 rpm. Dengan demikian kapasitas mesin ini bisa diubah-ubah disesuaikan dengan kebutuhan produksi pemilik industri.



Gambar 4. Foto Mesin yang Dibuat (difoto di Atas Lantai Ubin 30x30 cm)

B. Uji Fungsional

Dari uji fungsional terhadap mesin tersebut terlihat bahwa rancangan pisau putar lengkung memang cukup efektif digunakan mengiris tempe. Rancangan mekanisme pengiris tersebut dapat digunakan dengan mudah untuk memotong tempe tapioka batangan menjadi irisan bahan keripik dengan ketebalan lebih kurang 1 mm.

C. Pengukuran Kapasitas Kerja

Pengukuran kapasitas kerja dilakukan pada kecepatan poros 310 rpm dan 110 rpm. Hasil pengukuran dan penghitungan kapasitas kerja pada kecepatan 310 rpm ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas pada Kecepatan 310 rpm

No.	Berat tempe (gram)	Waktu (detik)	Kapasitas (kg/jam)
1	182	13,44	48,75
2	209	9,59	78,46
3	267	15,97	60,19
4	233	13,62	61,59
5	301	16,53	65,55
6	263	27,25	34,74
Rerata			58,21

Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk memperoleh mesin dengan kapasitas tinggi, maka mula-mula mesin dicoba dengan setelan kecepatan yang cukup tinggi yaitu sekitar 300 rpm. Pada kecepatan ini dihasilkan kapasitas pengirisan sebesar 15 irisan per detik yang setara dengan kapasitas 58,21 kg/jam (Tabel 1). Namun demikian, ternyata kapasitas yang terlalu tinggi tersebut justru kurang dikehendaki oleh pengguna, karena menjadi tidak sebanding dengan kecepatan tahapan pembuatan keripik yang lain. Selain itu dengan kecepatan yang terlalu tinggi, penjalan justru merasa tegang karena tempe “terlalu cepat” habis sehingga terasa kurang nyaman.

Oleh karena itu kemudian dilakukan percobaan dengan menggunakan kecepatan yang rendah (kecepatan poros pemotong kurang lebih 110 rpm). Kecepatan ini adalah kecepatan terendah yang bisa diperoleh dari motor servo beserta pemasangan puli yang digunakan pada rancangan ini, karena kecepatan tersebut adalah kecepatan minimal yang menghasilkan putaran stabil. Rpm 110 yang digunakan pada uji kinerja ini adalah hasil penyetelan rpm motor sekitar 700 rpm. Percobaan menggunakan kecepatan motor yang lebih rendah lagi menghasilkan putaran yang kurang stabil. Batas kecepatan minimal motor servo sebenarnya adalah 500 rpm. Namun pada kecepatan tersebut, dihasilkan putaran yang kurang stabil. Hasil pengukuran dan penghitungan kapasitas kerja pada kecepatan 110 rpm ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas pada Kecepatan 110 rpm

No.	Berat tempe (gram)	Waktu (detik)	Kapasitas (kg/jam)
1	397	60	23,82
2	423	85,54	17,80
3	402	68,97	20,98
4	373	65,03	20,65
5	398	80,06	17,90
6	348	70,5	17,77
A	393	58,56	24,16
B	409	69,25	21,26
C	396	73,12	19,50
D	394	84,15	16,86
E	380	76,65	17,85
F	402	85,5	16,93
Rerata			19,62

Dengan kecepatan poros pemotong kurang lebih 110 rpm, kapasitas kerja pengirisannya adalah setara dengan 19,62 kg/jam (Tabel 2). Kapasitas ini dirasa amat sesuai oleh pemilik industri rumah tangga pembuatan keripik. Dengan kecepatan tersebut, penjalan bisa lebih santai sedangkan kecepatannya dianggap sudah memadai.

D. Mutu Hasil irisan

Parameter pengukuran mutu hasil irisan terdiri dari persentase irisan utuh, persentase irisan layak goreng, persentase irisan rusak, tebal irisan, dan berat irisan.

1. Persentase hasil irisan utuh, tidak utuh dan rusak (Tabel 3).

Tabel 3. Persentase Hasil Irisan Utuh, Tidak Utuh dan Rusak

No.	Berat tempe (gram)	Irisan utuh		Irisan tidak utuh		Rusak	
		gram	%	gram	%	gram	%
1	397	348	87,66%	27	6,80%	14	3,53%
2	423	373	88,18%	29	6,86%	6	1,42%
3	402	375	93,28%	12	2,99%	8	1,99%
4	373	345	92,49%	12	3,22%	7	1,88%
5	398	363	91,21%	20	5,03%	7	1,76%
6	348	323	92,82%	12	3,45%	5	1,44%
A	393	380	96,69%	6	1,53%	3	0,76%
B	409	379	92,67%	17	4,16%	8	1,96%
C	396	375	94,70%	12	3,03%	4	1,01%
D	394	369	93,65%	18	4,57%	5	1,27%
E	380	362	95,26%	6	1,58%	4	1,05%
F	402	377	93,78%	10	2,49%	7	1,74%
Rerata			92,70%		3,81%		1,65%

Dari hasil uji tersebut diketahui bahwa tingkat efektivitas pengirisan cukup bagus. Hasil irisan yang utuh sebesar 92,7%. Irisan yang tidak utuh namun masih layak goreng adalah sebesar 3,81% dan rusak sebesar 1,65%. Irisan yang rusak tersebut akan dibuang, sedangkan irisan yang tidak utuh akan digoreng dan dicampur dengan irisan yang utuh untuk dikemas dan dijual. Persentase irisan layak goreng diperoleh dari penjumlahan irisan utuh dan irisan tidak utuh yaitu sebesar 96,51%. Hasil ini cukup sesuai dengan perkiraan karena secara teori pengirisan menggunakan sisi tajam yang dibuat melengkung akan menghasilkan mekanisme pemotongan yang halus dan tidak merusak bahan. Hasil ini menunjukkan bahwa rancangan bentuk pisau tersebut cocok digunakan untuk pemotongan bahan yang kurang teguh serta tidak homogen seperti tempe tapioka.

2. Tebal irisan

Pengukuran tebal irisan digunakan untuk menilai apakah hasil pengirisan menggunakan mesin hasil rancangan telah sesuai dengan kebutuhan pengguna. Hasil pengukuran tebal irisan ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Tebal Irisan

Panjang tempe (mm)	Banyak irisan	Tebal irisan (mm)
305	375	0,81
295	333	0,89
Rerata		0,85

Dari Tabel 4 terlihat bahwa ketebalan irisan yang dihasilkan memiliki rerata 0,85 mm. Dari konsultasi dengan pemilik IRT pembuat keripik tempe, hasil tersebut telah sesuai dengan yang diinginkan pengguna. Ukuran tersebut setelah digoreng akan menghasilkan keripik tempe yang bagus dan renyah.

3. Berat irisan

Data pengukuran berat per irisan digunakan untuk mengetahui keseragaman hasil pengirisan menggunakan mesin hasil rancangan. Penggunaan data berat dianggap lebih sesuai untuk mengetahui tingkat keseragaman dibanding pengukuran ketebalan per iris karena pengukuran berat memberikan hasil yang lebih presisi dibanding pengukuran ketebalan irisan individu. Data hasil pengukuran berat irisan ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Berat Irisan

No.	Banyak irisan	Berat irisan (gram)	Berat per iris (gram)
1	15	11	0,73
2	15	13	0,87
3	15	14	0,93
4	15	14	0,93
5	15	15	1,00
6	15	16	1,07
Rerata		13,83	0,92
SD		1,72	0,11

Dari Tabel 5 diketahui bahwa berat rata-rata per irisan ialah 0,92 gram, dengan standar deviasi (SD) 0,11 gram. Untuk ukuran keseragaman ketebalan bahan keripik, nilai tersebut menunjukkan keseragaman yang sudah sangat baik. Secara visual, ketebalan dari hasil irisan tersebut tidak terlihat adanya perbedaan sama sekali. Dengan demikian hasil irisan tersebut dianggap sudah memiliki ketebalan yang seragam. Menurut pemilik IRT pembuat keripik tempe, keseragaman hasil irisan tersebut telah sesuai dengan yang diinginkan.

E. Pengukuran Daya dan RPM

Pengukuran daya, RPM motor penggerak, dan RPM poros pemotong dilakukan pada saat mesin tidak melakukan pemotongan dan pada saat mesin sedang melakukan pemotongan. Kedua pengukuran tersebut dilakukan pada kecepatan poros pemotong lebih kurang 110 putaran per menit. Pengukuran pada saat tidak melakukan pemotongan disajikan pada Tabel 6 dan pengukuran pada saat sedang melakukan pemotongan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Daya dan RPM saat tidak mengiris

No.	Daya (watt)	RPM motor	RPM pengiris	Rasio
A	14,69	703,49	112,88	6,23
B	14,58	701,59	112,77	6,22
C	14,56	700,70	112,72	6,22
D	14,58	701,69	112,67	6,23
E	14,38	702,27	112,58	6,24
F	14,65	700,44	112,69	6,22
Rerata	14,58	701,70	112,72	6,23

Tabel 7. Daya dan RPM saat mengiris

No.	Daya (watt)	RPM motor	RPM pengiris	Rasio
A	31,42	706,92	111,11	6,36
B	29,96	703,67	111,20	6,33
C	29,63	700,05	111,23	6,29
D	28,28	705,23	111,37	6,33
E	28,84	704,67	111,27	6,33
F	30,15	700,56	111,12	6,30
Rerata	29,71	703,52	111,21	6,33

Dari data pengukuran daya pada Tabel 6 dan 7, dapat dihitung besarnya daya aktual pemotongan tempe dan efisiensi penggunaan daya. Dari Tabel 6 diperoleh besarnya daya motor pada saat tidak mengiris yaitu rata-rata sebesar 14,58 watt. Sedangkan dari Tabel 7 diperoleh besarnya daya motor pada saat pengirisan yaitu rata-rata sebesar 29,71 watt. Dengan demikian daya aktual yang digunakan untuk pengirisan tempe adalah sebesar $29,71 - 14,58 \text{ watt} = 15,13 \text{ watt}$.

Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh motor servo yaitu konsumsi dayanya yang sangat rendah. Pada saat tidak mengiris, daya yang diperlukan hanyalah 14,58 watt (Tabel 6). Angka tersebut jauh lebih rendah dibanding jika menggunakan motor induksi 1/2 hp yang kebutuhan daya saat tidak mengiris sudah sebesar 214,35 (Tabel 8). Sedangkan pada saat mengiris, daya yang dibutuhkan 29,71 watt (Tabel 7), jauh lebih kecil dibanding penggunaan motor induksi sebesar 248,65 watt. Demikian juga jika dilakukan perbandingan daya aktual pengirisan, pada penggunaan motor servo hanya dibutuhkan 15,13 watt, sedang dengan motor induksi sebesar 32,24 watt.

Dengan konsumsi daya aktual sekitar 15 watt dan konsumsi daya total sekitar 30 watt, tentu saja hal tersebut sangat menggembirakan bagi pemilik usaha. Dengan kebutuhan daya tersebut, berarti mesin pengiris ini bisa digunakan pada perumahan yang catu daya listriknya hanya 450 VA. Selain itu, dengan konsumsi daya yang sangat rendah, tentu saja akan menimbulkan penghematan yang cukup banyak pada jumlah pengeluaran biaya listrik.

Dari nilai daya aktual dan daya terukur saat pengirisan dapat dihitung besarnya efisiensi penggunaan daya yaitu sebesar $15,13 / 29,71 \times 100 \% = 50,9 \%$. Efisiensi tersebut relatif besar jika dibandingkan nilai efisiensi menggunakan penggerak motor induksi 1/2 hp, yaitu sebesar 14,15%. Besarnya efisiensi tersebut dikarenakan daya *idle* pada motor servo yang kecil dibanding pada motor induksi. Penggunaan daya aktual yang hanya sekitar 30 watt menyebabkan nilai hitungan efisiensi pada motor induksi menjadi kecil. Hal tersebut artinya motor berdaya 1/2 hp tersebut terlalu besar untuk digunakan memutar mesin pengiris.

Tabel 8. Pengukuran Daya Menggunakan Motor Induksi 1/2 hp (Sebagai Perbandingan)

No.	Daya tanpa beban (watt)	Daya pemotongan (watt)	Daya aktual (watt)	Efisiensi (%)
1	212,10	242,60	32,37	13,34
2	216,60	254,70	38,10	14,96
Rerata	214,35	248,65	32,24	14,15

Pada Tabel 6 dan 7 terlihat bahwa rerata putaran motor pada saat tidak memotong adalah 701,7 rpm dan pada saat memotong adalah 703,52 rpm. Kenaikan ini disebabkan karena sistem kontrol pada motor servo secara otomatis menyesuaikan daya dengan setelan putaran yang ditentukan. Nilai putaran motor tersebut disetel pada 700 rpm, namun putaran nyatanya sedikit agak lebih tinggi dari nilai setelannya. Namun demikian hal tersebut masih dalam kisaran kerja yang normal. Pengukuran putaran mesin menghasilkan rasio putaran sebesar 1:6,23 pada saat tidak memotong dan sebesar 1:6,33 pada saat memotong. Hal tersebut menunjukkan terjadinya peningkatan slip pada transmisi dikarenakan bertambahnya beban. Namun demikian kenaikan slip ini cukup kecil karena daya yang disalurkan juga cukup kecil yaitu kurang dari 30 watt.

F. Tinjauan ergonomi

Ditinjau dari segi ergonomi, mesin cukup mudah dan nyaman digunakan. Kecepatan pengirisan bisa diatur sesuai dengan yang dirasa paling nyaman bagi penjalan. Motor yang digunakan pada rancangan ini adalah tergolong cukup senyap, bahkan suara yang dikeluarkan tidak sekeras suara kipas angin 40 watt. Dengan demikian mesin ini bebas dari polusi suara. Selain itu juga mesin ini getarannya sangat halus, yang jika dirasakan dengan tangan, setara dengan getaran kipas angin 40 watt.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini telah dihasilkan rancangan mesin pengiris tempe tapioka dengan kecepatan yang dapat diatur sehingga bisa disesuaikan dengan kebutuhan kapasitas produksi. Data kinerja mesin tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitas rata-rata sebesar 19,62 kg/jam pada putaran mesin 111,21 rpm.
- b. Rerata ketebalan iris 0,85 mm, rerata berat irisan 0,92 gram.
- c. Persentase irisan utuh 92,70% dan tingkat kerusakan irisan 1,65%.
- d. Kebutuhan daya untuk menggerakkan mesin pada saat pemotongan 29,71 watt, daya aktual pemotongan 15,13 watt, dan efisiensi penggunaan daya 50,9%.
- e. Secara ergonomi mesin ini sangat bagus karena tingkat kebisingan yang rendah, cara pengoperasian mudah, serta kecepatannya bisa diatur sesuai kenyamanan pengguna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan dengan pembiayaan yang berasal dari Hibah Keris Dimas tahun 2022 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak pemberi dana dan para pembantu peneliti yang telah bekerja keras menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Garside, A. K., & Sudjatmiko. (2016). Rancang Bangun Mesin Pengiris Tempe Multi Fungsi pada UKM Sanan – Malang. *Prosiding Seminar Nasional dan Gelar Produk SENASPRO 2016*, 513–519.
- Handoko, M. B., Daulay, S. B., & Munir, A. P. (2018). Rancang Bangun Alat Pengiris Tempe Mekanis Tenaga Penggerak 0,5 HP. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 6(4), 818–824.
- Ibrohim, Pramono, M., Budijono, A. P., & Kurniawan, W. D. (2019). Implementasi Mesin Pengiris Keripik Tempe untuk Meningkatkan Produktivitas UKM Tempe. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.26740/inajet.v2n1.p1-10>
- Istiadi, Wardhani, A. R., Fadhillah, A. R., Putri, R. S., Wisnu, A. D. R., & Sari, Y. W. (2022). Peningkatan Kapasitas Proses Produksi UKM Keripik Tempe Melalui Implementasi Mesin Pemotongan Tempe. *Jurnal Aplikasi Dan Inovasi Ipteks Soliditas*, 5(1), 175–180. <https://doi.org/10.31328/js.v5i1.3468>
- Luthfi, F., Munir, A. P., & Panggabean, S. (2016). Rancang Bangun Alat Pengiris Tempe. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 4(4), 545–552.
- Porawati, H., & Kurniawan, A. (2021). Mesin Pengiris Tempe Semi Otomatis Jenis Disc Cutter Vertical. *Jurnal Inovator*, 4(2), 28–31. <https://doi.org/10.37338/ji.v4i2.205>
- Pujiono, A., & Hindryanto, E. (2017). Perancangan Pembuatan Mesin Pengiris Tempe dengan Sistem Pisau Berputar. *Surya Teknika*, 1(1), 14–25.
- Risyandi, D., Triwiyatno, A., & Sumardi. (2017). Perancangan Sistem Perajang Tempe Otomatis dengan Pengaturan Ketebalan Tempe Menggunakan Motor Stepper Berbasis P Controller. *Transient*, 6(1), 133–139.
- Rofarsyam. (2012). Rancangbangun Mesin Pengiris Tempe Sistem Pisau Berputar Horizontal. *Jurnal Penelitian Teknik Mesin*, 7(3), 57–63.
- Romli, Rizal, S., & Widagdo, T. (2011). Mekanisasi Pemotongan Tempe untuk Keripik Menggunakan Pisau Rotasi. *Jurnal Austenit*, 3(2), 35–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4544237>
- Trianasari, E., Pamuji, D. R., Prayogo, G. S., & Rahayu, N. S. (2017). Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna Mesin Pengiris Tempe untuk Meningkatkan Produktifitas UMKM Keripik Tempe Di Desa Siliragung Kecamatan Siliragung. *Jurnal ROTOR*, 10(2), 64–66. <https://doi.org/10.19184/rotor.v10i2.6420>
- Uslianti, S., Listiana, E., & Sedianingsih, P. (2015). Rancang Bangun Mesin Pengiris Tempe untuk Kelompok Usaha Dusun Karya I. *Jurnal ELKHA*, 7(2), 36–39.
- Utomo, A. P., & Nurlaila, Q. (2021). Perancangan Mesin Pengiris Tempe Semiotomatis dengan Arah Pengirisan Horizontal. *Profisiensi*, 9(2), 252–261. <https://doi.org/10.33373/profis.v9i2.3690>
- Yahya, M. K., Priambodo, P., & Supardi. (2022). Rancang Bangun Mesin Pengiris Tempe Menggunakan Pisau Rotari dengan Variasi Putaran Motor dan Jumlah Mata Pisau. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya*, 5(1).