

Design of a Tuber Chips Cutting Machine with a Single-Phase Electric Motor Drive 0,33 HP (0.24681 kW)

[Perancangan Desain Mesin Pemotong Keripik Ubi Dengan Penggerak Motor Listrik Single Phase 0,33 HP (0,24681 kW)]

Miftakh Ainul Yakin¹⁾, Mulyadi²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: mulyadi@umsida.ac.id

Abstract. *This research aims to design and improve a sweet potato chip cutting machine based on a single-phase 0.33 HP electric motor, focusing on four main aspects: machine design, mechanical calculations on the shaft components, force simulation on the machine frame, and modification of the knife tilt. The modification of the knife tilt aims to increase the slicing effect, thereby reducing broken pieces, which has been a common issue with existing machines. Mechanical calculations are conducted to determine the shaft's strength in withstanding rotational loads during machine operation, while force simulations on the machine frame aim to evaluate the safety factor and ensure that the frame design can withstand both dynamic and static loads without deformation. The results of this design indicate a more efficient and safer machine, considering operator safety and hygiene standards, although not including all the technical drawings required for manufacturing. The simulation results show that the maximum deformation value recorded is $8.5901e-6$ m (approximately 8.591 micrometers), the equivalent stress value is 56 MPa, the equivalent elastic strain reaches $9.9168e-6$ m/m, the safety factor simulation indicates that the machine frame has a maximum safety factor of 15, and the minimum shaft diameter calculation result is 22.5 mm.*

Keywords - Chip Cutting Machine; Machine Design; Safety Factor

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan memperbaiki mesin pemotong keripik ubi berbasis motor listrik single-phase 0,33 HP dengan fokus pada empat aspek utama: desain mesin, perhitungan mekanis pada komponen poros, simulasi gaya pada rangka mesin, dan modifikasi kemiringan pisau. Modifikasi kemiringan pisau bertujuan untuk memperbesar efek sayatan sehingga mengurangi potongan yang pecah, yang selama ini menjadi masalah pada mesin yang ada. Perhitungan mekanis dilakukan untuk menentukan kekuatan poros dalam menahan beban rotasi selama operasional mesin, sementara simulasi gaya pada rangka mesin bertujuan untuk mengevaluasi faktor keamanan (safety factor) dan memastikan bahwa desain rangka dapat menahan beban dinamis dan statis tanpa deformasi. Hasil dari perancangan ini menunjukkan desain mesin yang lebih efisien dan aman, dengan memperhatikan keselamatan operator dan standar higienitas, meskipun tanpa mencakup semua detail gambar teknik yang diperlukan untuk manufaktur. Hasil simulasi nilai deformasi maksimum tercatat sebesar $8,5901e-6$ m (sekitar 8,591 mikrometer), nilai equivalent stress sebesar 56 MPa, nilai equivalent elastic strain mencapai $9,9168e-6$ m/m, simulasi safety factor menunjukkan bahwa rangka mesin memiliki faktor keamanan maksimum sebesar 15 dan hasil perhitungan diameter minimum poros adalah 22,5 mm.

Kata Kunci - Mesin Pemotong Keripik; Desain Mesin; Safety Factor

I. PENDAHULUAN

Industri pengolahan pangan berbasis komoditas lokal, khususnya keripik ubi, memiliki peran yang signifikan dalam pertumbuhan ekonomi sektor usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) di Indonesia. Produk keripik ubi tidak hanya disukai oleh konsumen rumah tangga sebagai camilan sehari-hari, tetapi juga digunakan dalam industri kuliner untuk berbagai keperluan. Seiring dengan meningkatnya permintaan pasar, industri keripik ubi memiliki potensi besar untuk memberikan kontribusi terhadap perekonomian nasional [1], [2], [3].

Namun, meskipun potensi pasar yang besar, banyak pelaku UMKM yang masih mengandalkan teknik pemotongan manual menggunakan pisau sederhana. Proses pemotongan manual ini menghadirkan beberapa kendala, di antaranya ketidakkonsistenan ketebalan irisan, yang berpengaruh pada proses penggorengan yang tidak merata. Akibatnya, kualitas keripik yang dihasilkan menjadi bervariasi, baik dari segi warna, tekstur, maupun tingkat kerenyahan produk. Masalah lain yang sering dihadapi adalah ketergantungan pada tenaga manusia yang tinggi, meningkatkan risiko kelelahan pekerja serta potensi kecelakaan kerja [4][5]. Proses manual ini juga memakan waktu lama, yang menyebabkan kapasitas produksi terbatas, sehingga sulit untuk memenuhi permintaan pasar yang terus berkembang.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan mesin pemotong berbasis motor listrik untuk menggantikan pemotongan manual. Mesin pemotong tersebut terbukti dapat meningkatkan efisiensi dalam proses produksi dengan menghasilkan potongan yang lebih seragam dan konsisten. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan motor listrik memungkinkan mesin untuk bekerja lebih stabil dan meningkatkan efisiensi waktu serta tenaga kerja. Mesin pemotong juga dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia, yang berpotensi mengurangi kelelahan operator dan risiko kecelakaan kerja [6], [7]. Selain itu, mesin ini dapat meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan, yang memungkinkan pelaku UMKM untuk memenuhi permintaan pasar yang semakin tinggi [8].

Namun, meskipun mesin pemotong berbasis motor listrik ini memberikan solusi yang menjanjikan, banyak desain mesin yang ada masih memiliki keterbatasan. Beberapa mesin belum dapat mengoptimalkan kapasitas produksi secara maksimal karena sistem pengaturan ketebalan potongan yang kurang fleksibel, dan hasil potongan yang sering pecah akibat gaya tekan saat pemotongan [9]. Selain itu, masalah keselamatan operator sering kali belum diperhatikan dengan baik dalam desain mesin. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan memperbaiki mesin pemotong keripik ubi dengan mengoptimalkan desain, memperhitungkan kekuatan komponen poros, melakukan simulasi gaya pada rangka untuk memastikan faktor keamanan, dan memodifikasi kemiringan pisau untuk memperbesar efek sayatan dan mengurangi potongan yang pecah [10].

Sebagai bagian dari proses perancangan, penelitian ini juga dilengkapi dengan analisis kekuatan struktur rangka menggunakan perangkat lunak simulasi berbasis metode elemen hingga, yaitu Ansys [11]. Melalui simulasi ini, dilakukan pemodelan beban yang bekerja pada bagian rangka mesin, termasuk beban dari motor, komponen transmisi, material ubi, serta gaya tekan akibat proses pemotongan. Tujuan utama dari simulasi ini adalah untuk mengetahui kemampuan rangka dalam menahan beban statis maupun dinamis yang bekerja, serta mengidentifikasi titik-titik kritis yang berpotensi mengalami tegangan maksimum [12]. Hasil simulasi kemudian dianalisis untuk memastikan bahwa nilai tegangan yang terjadi masih berada di bawah batas luluh material, sehingga rangka mesin dinyatakan aman dan memiliki faktor keamanan yang memadai [13], [14]. Dengan pendekatan ini, desain rangka yang dihasilkan diharapkan tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga mampu mendukung kinerja mesin secara optimal dalam jangka waktu penggunaan yang panjang [15], [16]. Penelitian ini bertujuan membuat desain mesin pemotong keripik ubi dengan motor listrik single-phase 0,33 HP untuk menghasilkan irisan yang seragam serta mengurangi terjadinya potongan yang pecah selama proses pemotongan, dengan penekanan pada sistem pemotongan yang efisien dan aman bagi operator. Spesifikasi teknis dan kekuatan poros mesin ditentukan melalui perhitungan mekanis yang meliputi momen gaya, tegangan geser, dan diameter minimum, guna memastikan poros dapat menahan beban rotasi tanpa mengalami kegagalan atau deformasi selama operasional. Selain itu, simulasi gaya pada rangka mesin dilakukan untuk memastikan desain rangka mampu menahan beban dinamis dan statis yang terjadi selama operasional mesin, serta untuk menjaga stabilitas, keamanan, dan integritas operasional mesin tersebut. [17].

II. METODE

Metode penelitian ini mengadopsi pendekatan rekayasa desain (engineering design research), yang untuk merancang dan mengembangkan mesin pemotong keripik ubi yang lebih efisien dan aman. Pada awal penelitian, dilakukan identifikasi masalah yang terjadi pada mesin pemotong keripik ubi yang ada, terutama terkait dengan ketidakkonsistenan irisan, potongan yang pecah, serta masalah keselamatan operator. Berdasarkan identifikasi masalah ini, penelitian bertujuan untuk merancang mesin pemotong yang dapat mengatasi permasalahan tersebut, dengan fokus pada desain mesin, perhitungan mekanis, simulasi gaya pada rangka mesin, dan modifikasi kemiringan pisau. Sebagai gambaran umum dari seluruh proses penelitian ini, alur penelitian disajikan dalam Flowchart Penelitian berikut ini. Flowchart ini menggambarkan tahapan-tahapan yang dilalui dalam proses perancangan mesin pemotong keripik ubi, mulai dari identifikasi masalah, perancangan desain, perhitungan mekanis, simulasi gaya pada rangka mesin, hingga evaluasi desain akhir. Berikut gambar flowchart penelitiannya:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Setelah menggambarkan alur penelitian secara umum melalui Flowchart Penelitian di atas, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan lebih rinci pada setiap langkahnya. Setiap tahap memiliki peran yang sangat penting untuk mencapai tujuan utama penelitian, yaitu merancang dan memperbaiki mesin pemotong keripik ubi. Proses dimulai dengan identifikasi masalah yang dilakukan untuk mengkaji masalah utama yang dihadapi pada mesin pemotong yang ada, seperti ketidakkonsistenan irisan dan potongan yang pecah. Selanjutnya, dilakukan perancangan desain mesin yang mengintegrasikan berbagai komponen seperti motor, sistem transmisi, dan pisau pemotong. Kemudian, perhitungan mekanis dilakukan untuk memastikan kekuatan dan ketahanan komponen, khususnya pada poros mesin. Setelah itu, dilakukan simulasi gaya pada rangka mesin untuk mengevaluasi faktor keamanan, diikuti dengan evaluasi desain untuk memastikan bahwa desain yang diusulkan dapat memenuhi tujuan efisiensi dan keamanan. Semua tahapan ini dilakukan secara berurutan dan terstruktur untuk memastikan desain mesin yang optimal dan siap untuk pengujian lebih lanjut pada tahap manufaktur.

A. Identifikasi Masalah dan Tujuan Penelitian

Tahap pertama adalah identifikasi masalah, yang dilakukan dengan menganalisis proses pemotongan mesin yang ada. Permasalahan utama yang diidentifikasi meliputi ketidakkonsistenan irisan, potongan yang pecah, serta masalah keselamatan operator. Tujuan penelitian adalah merancang mesin pemotong dengan motor listrik single-phase 0,33 HP yang dapat menghasilkan irisan seragam dan meningkatkan efisiensi produksi dengan mempertimbangkan faktor keselamatan operator.

B. Perancangan Desain Mesin

Pada tahap ini, dilakukan perancangan desain mesin pemotong keripik ubi dengan fokus pada pengaturan posisi pisau, modifikasi kemiringan pisau untuk mengurangi potongan yang pecah, serta pemilihan material dan komponen yang tepat. Desain mesin juga melibatkan pemilihan motor listrik 0,33 HP, sistem transmisi menggunakan pulley dan v-belt, serta sistem pengamanan untuk operator. Desain mesin ini dibuat menggunakan perangkat lunak CAD (Computer-Aided Design) Autodesk Inventor.

C. Perhitungan Mekanis pada Komponen Poros

Perhitungan mekanis dilakukan untuk menentukan kekuatan poros dalam menahan beban rotasi yang diterima selama operasional mesin. Perhitungan ini meliputi analisis momen gaya, tegangan geser, dan diameter poros minimum yang diperlukan untuk memastikan poros dapat berfungsi dengan baik tanpa mengalami kegagalan. Berikut rumus perhitungan yang akan digunakan pada penelitian ini:

- Perhitungan kecepatan poros:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \text{ atau } N_2 = N_1 \times \frac{D_1}{D_2}$$

N_1 = Kecepatan putaran *pulley* penggerak (rpm)

N_2 = Kecepatan putaran *pulley* yang digerakkan (rpm)

D_1 = Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_2 = Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

- Perhitungan torsi poros:

$$T = \frac{9550 \times P}{N}$$

T = torsi pada poros (N.mm)

P = daya (kW)

N = Kecepatan putaran (rpm)

- Perhitungan gaya sabuk:

$$T_1 - T_2 = \frac{2T}{D_p} \text{ dan } F_r = K(T_1 - T_2)$$

T_1 = Gaya tegang pada sisi sabuk yang kencang (N)

T_2 = Gaya tegang pada sisi sabuk yang kendur (N)

T = Torsi (N.mm)

D_p = Diameter *pulley* (mm)

F_r = Gaya gesek (N)

K = Koefisien gesekan

- Keseimbangan gaya vertikal dan momen pada poros:

Keseimbangan gaya vertikal:

$$\sum F_y = R_A + R_B - W = 0$$

R_A = Gaya reaksi tumpuan di titik A (N)

R_B = Gaya reaksi tumpuan di titik B (N)

W = Total beban atau gaya eksternal yang bekerja pada poros (N)

Untuk 2 tumpuan A dan B:

Momen titik A

$$\sum M_A = (R_B \times L) - (W \times d_A) = 0$$

L = Jarak total antara tumpuan A dan B (m)

d_A = Jarak beban dari titik A (m)

Momen titik B

$$\sum M_B = (W \times d_B) - (R_A \times L) = 0$$

d_B = Jarak beban dari titik B (m)

- Momen lentur maksimum:

$$M_{max} = \frac{P \cdot L}{4}$$

M_{max} = Momen lentur maksimum (N.mm)

P = Beban terpusat (N)

L = Panjang total bentang (mm)

- Tegangan yang diizinkan:

$$\tau_{ijinkan} = \frac{0.5\sigma_u}{n}$$

$\tau_{ijinkan}$ = Tegangan yang diizinkan (MPa)

σ_u = Tegangan tarik ultimate material (MPa)

n = faktor keamanan

- Diameter poros yang dipengaruhi oleh momen lentur:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi\tau} (M^2 + T^2)^{1/2}}$$

d = Diameter poros

τ = Tegangan

M = Momen lentur

T = Torsi

D. Simulasi Gaya pada Rangka Mesin

Simulasi gaya pada rangka mesin dilakukan untuk mengevaluasi faktor keamanan (safety factor) dan memastikan bahwa desain rangka dapat menahan beban dinamis dan statis tanpa mengalami deformasi atau kerusakan. Proses simulasi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Ansys untuk analisis elemen hingga (Finite Element Analysis, FEA), yang membantu mengevaluasi distribusi tegangan dan deformasi pada rangka mesin. Rumus safety factor:

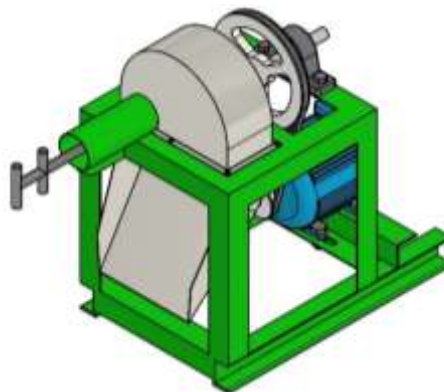
$$\text{Faktor Keamanan (SF)} = \frac{\text{Kekuatan Material (Strength)}}{\text{Beban Kerja (Stress)}}$$

E. Evaluasi Desain

Setelah perancangan dan simulasi selesai, evaluasi desain dilakukan dengan menganalisis hasil perhitungan dan simulasi untuk memastikan bahwa desain mesin memenuhi tujuan penelitian, yaitu menghasilkan irisan yang seragam dan mengurangi potongan yang pecah. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain mesin yang dihasilkan aman, efisien, dan siap untuk pengujian lebih lanjut pada tahap manufaktur.

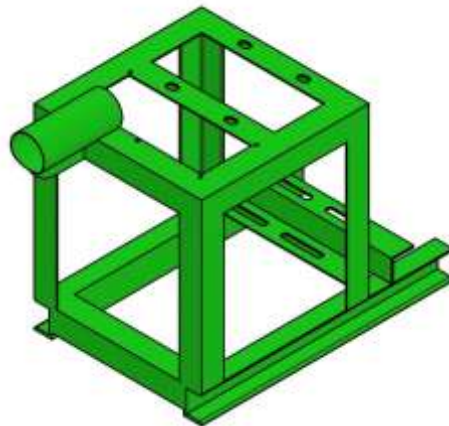
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Mesin



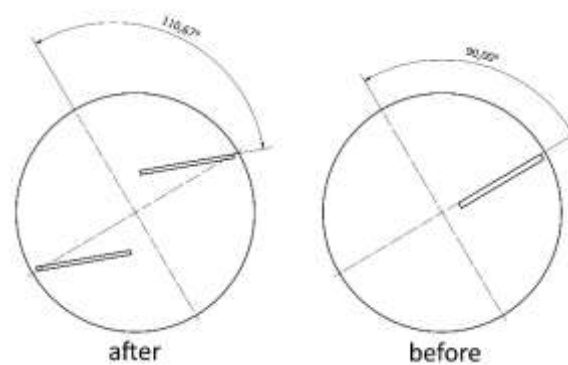
Gambar 2. Gambar Desain 3D Mesin

Hasil perancangan mesin pemotong keripik ubi ini bertujuan untuk menghasilkan irisan seragam, mengurangi potongan yang pecah, dan memastikan keselamatan operator. Desain mesin mencakup komponen utama yang saling terintegrasi untuk mencapai kinerja optimal dan keamanan, termasuk motor listrik single-phase 0,33 HP, pulley, v-belt, pisau pemotong, pillow block, dan sistem pengaman. Pemilihan komponen didasarkan pada kekuatan, efisiensi, keamanan, kemudahan operasional, serta biaya dan pemeliharaan. Pada sub-bab ini, setiap komponen akan dijelaskan secara rinci untuk memberikan pemahaman mengenai peran dan fungsinya, dimulai dari motor listrik, sistem transmisi, pisau pemotong, pillow block, hingga sistem pengaman yang melindungi operator dari potensi bahaya selama proses pemotongan. Dengan demikian, perancangan ini tidak hanya fokus pada efisiensi dan keandalan mesin, tetapi juga pada keselamatan operator.



Gambar 3. Rangka Mesin

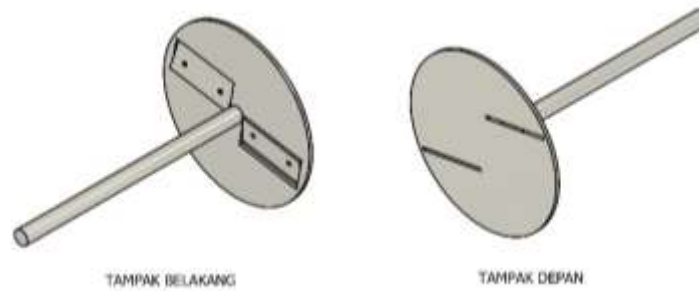
Rangka mesin pemotong keripik ubi berfungsi sebagai struktur utama yang mendukung komponen mesin lainnya, seperti motor listrik, sistem transmisi, dan poros pemotong. Desain rangka ini penting untuk memastikan stabilitas, kekuatan, dan keamanan selama operasional mesin. Terbuat dari stainless steel AISI 304 yang tahan korosi dan memiliki kekuatan mekanis tinggi, rangka terdiri dari balok stainless steel yang disusun vertikal dan horizontal untuk membentuk struktur kokoh dan stabil. Desain rangka terbuka memudahkan perakitan, pemeliharaan, pembersihan, serta memastikan ventilasi yang baik selama operasi. Motor listrik dipasang pada sisi rangka dan terhubung dengan pulley dan v-belt untuk mentransmisikan daya ke poros pemotong, sementara pillow block dipasang di bagian tengah rangka untuk menopang poros. Pemilihan material stainless steel memastikan ketahanan terhadap korosi dan keausan, serta menjamin rangka dapat menahan beban dinamis dan statis tanpa deformasi atau kerusakan struktural, bahkan dalam penggunaan yang intensif.



Gambar 4. Perubahan Sudut Pisau

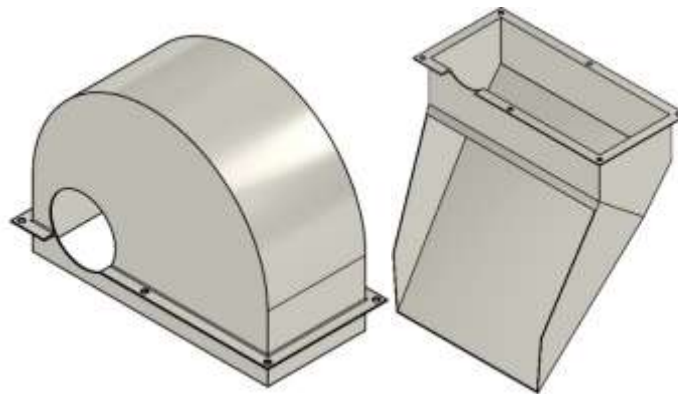
Pada desain awal, pisau pemotong dirancang dengan sudut 90° terhadap poros, yang menyebabkan gaya tekan tinggi pada umbi, menghasilkan potongan yang pecah dan tidak seragam. Gaya tekan yang besar juga meningkatkan gesekan, mengurangi kualitas irisan, dan mempercepat keausan pisau. Untuk mengatasi hal ini, sudut pisau diubah menjadi $110,67^\circ$ untuk mengurangi gaya tekan dan meningkatkan efisiensi pemotongan. Dengan kemiringan ini, pisau menghasilkan irisan yang lebih halus dan seragam, serta mengurangi kemungkinan potongan yang pecah. Keuntungan dari perubahan ini adalah pengurangan gaya tekan dan efek sayatan yang lebih besar, memungkinkan pemotongan yang lebih efisien. Kemiringan pisau yang lebih besar ($110,67^\circ$) menghasilkan dua keuntungan utama, yang pertama pengurangan gaya tekan, dengan sudut kemiringan yang lebih besar, gaya tekan pada umbi yang dipotong menjadi lebih terkontrol, sehingga gaya gesekan dapat dikurangi. Hal ini menghasilkan irisan yang lebih halus dan seragam.

Keuntungan kedua efek sayatan yang lebih besar, kemiringan ini memberikan efek sayatan pisau yang lebih luas, yang memungkinkan pisau memotong lebih efisien dan mengurangi kemungkinan potongan menjadi pecah.



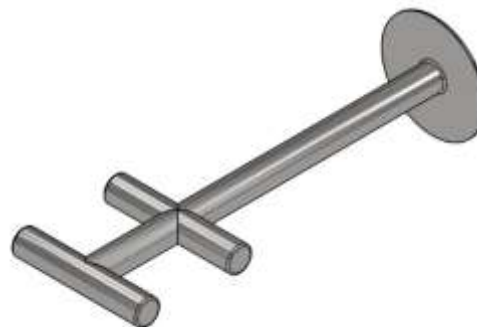
Gambar 5. Piringan Poros Pisau

Dengan desain baru ini, mesin pemotong keripik ubi dapat menghasilkan irisan yang lebih konsisten, mengurangi potongan yang pecah, serta meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional. Desain baru ini memastikan bahwa mesin dapat digunakan dalam jangka panjang dengan kerusakan minimal pada bahan yang dipotong serta keausan yang lebih rendah pada pisau.



Gambar 6. Cover Mesin

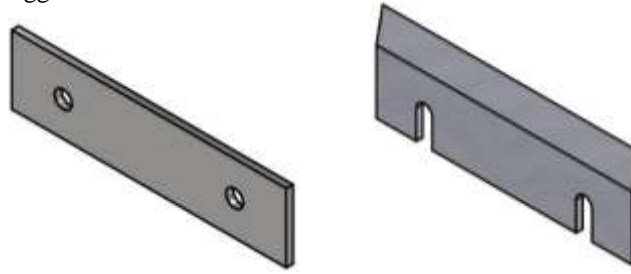
Cover atas berfungsi untuk menutup bagian atas mesin dan memudahkan operator memasukkan umbi ke dalam mesin. Desainnya dilengkapi lubang atau saluran yang cukup besar agar aliran umbi ke pisau pemotong tidak terhambat, serta memberikan perlindungan dari komponen mesin yang bergerak cepat. Material yang digunakan adalah stainless steel untuk ketahanan terhadap korosi. Sementara itu, cover bawah melindungi bagian bawah mesin dan berfungsi sebagai saluran keluar untuk hasil pemotongan. Dengan desain miring, cover bawah memastikan keripik keluar dengan lancar dan terhindar dari kontaminasi. Seperti cover atas, material stainless steel juga digunakan pada cover bawah untuk memastikan ketahanan terhadap korosi dan kekuatan struktural yang memadai.



Gambar 7. Pendorong

Alat pendorong pada mesin pemotong keripik ubi dirancang untuk mendorong umbi yang telah masuk ke dalam mesin agar dapat dipotong secara otomatis oleh pisau pemotong. Alat ini terdiri dari batang penggerak silinder dengan dua lengan pendorong yang terhubung di bagian tengah. Fitur utama alat pendorong ini adalah stopper yang berfungsi untuk membatasi pergerakan pendorong, sehingga umbi tidak terdorong terlalu jauh hingga melewati pisau pemotong. Fungsi keamanan stopper ini sangat penting untuk mencegah kecelakaan kerja, seperti tangan operator yang terlalu dekat dengan pisau. Desain alat pendorong juga memastikan kecepatan dan tekanan yang terkontrol saat mendorong umbi, memungkinkan pemotongan yang presisi tanpa merusak komponen mesin. Secara keseluruhan, desain ini

mengutamakan efisiensi, keamanan, dan kemudahan operasional, menjaga mesin tetap beroperasi dengan aman meskipun pada kecepatan tinggi.



Gambar 8. Klem Pisau dan Pisau

Pisau pemotong pada mesin pemotong keripik ubi dirancang dengan ketajaman tinggi dan menggunakan material stainless steel AISI 304/420 untuk memastikan ketahanan terhadap korosi dan keawetan selama pemotongan. Material ini juga mengurangi gesekan selama proses pemotongan, sehingga menghasilkan irisan yang seragam tanpa merusak bahan. Desain sistem penjepit pisau memastikan pemasangan pisau yang kokoh dan presisi, mencegah kerusakan pada pisau akibat tekanan dari baut pengunci. Penjepit ini dirancang untuk meminimalkan pergerakan pisau yang tidak diinginkan, sehingga mengurangi cacat pada hasil pemotongan dan meningkatkan kualitas produk. Ketajaman pisau yang terjaga memungkinkan pemotongan yang halus dan seragam, serta mengurangi kebutuhan penggantian pisau yang sering, sehingga menurunkan biaya operasional. Desain pisau dan penjepit yang tepat meningkatkan kinerja mesin, memastikan pemotongan yang presisi dan efisien dalam jangka panjang.

B. Perhitungan Mekanis Pada Komponen Poros

Pada tahap perancangan mesin pemotong keripik ubi, perhitungan mekanis pada komponen poros dilakukan untuk memastikan bahwa poros yang digunakan dapat menahan beban rotasi yang diterima selama operasional mesin tanpa mengalami kegagalan atau deformasi. Salah satu aspek penting dalam perhitungan ini adalah menentukan diameter poros minimum yang diperlukan agar poros dapat berfungsi dengan baik di bawah kondisi beban yang diberikan. Perhitungan diameter poros dilakukan dengan mempertimbangkan gaya putar (momen gaya) yang dihasilkan oleh motor dan diteruskan melalui sistem transmisi. Berikut perhitungan untuk mencari diameter poros minimum:

Kecepatan poros dan torsi:

$$N_2 = N_1 \times \frac{D_1}{D_2} = 2800 \times \frac{50.8}{177.8} = 800 \text{ rpm}$$

$$T = \frac{9550 \times P}{N_2} = \frac{9550 \times 0.246}{800} = 2.94 \text{ N} \cdot \text{m} = 2940 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

N_2 : kecepatan poros

T : torsi pada poros

P : daya transmisi

Gaya sabuk pada pulley:

$$T_1 - T_2 = \frac{2T}{D_2} = \frac{2(2.94)}{0.1778} = 33.1 \text{ N}$$

$$F_r = 3(T_1 - T_2) = 3(33.1) = 99.3 \text{ N}$$

F_r : gaya total sabuk pada pulley (N)

D_2 : diameter pulley (m)

Berat rumah pisau (cakram stainless):

$$V = \pi r^2 t = \pi (0.1)^2 (0.005) = 1.57 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_p = \rho g V = 8000 \times 9.81 \times 1.57 \times 10^{-4} = 12.3 \text{ N}$$

W_p : berat rumah pisau (N)

ρ : densitas stainless (kg/m^3)

Distribusi gaya dan momen lentur beban yang bekerja:

$W_p = 12.3 \text{ N}$ (beban vertikal di ujung kiri)

$F_r = 99 \text{ N}$ (gaya sabuk vertikal ke bawah di tengah)

Reaksi R_A dan R_B di bearing

Perhitungan reaksi, gunakan keseimbangan gaya & momen ($\sum M = 0$). Ambil titik acuan di ujung kiri (pisau):

$$R_A(20) + R_B(170) = F_r(95) + W_p(0)$$

$$R_A + R_B = F_r + W_p = 111.3$$

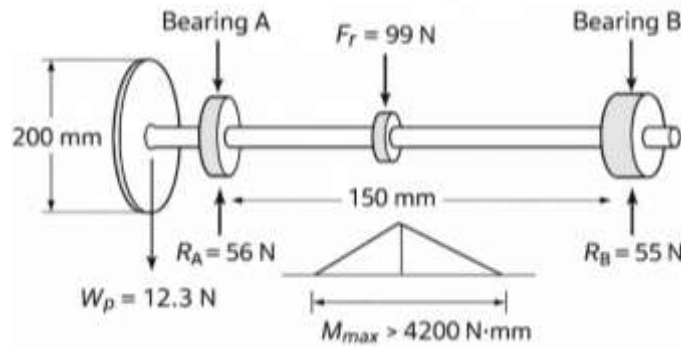
Dari dua persamaan:

$$R_B = \frac{F_r(95) + W_p(0)}{170} = \frac{99(95)}{170} = 55.3 \text{ N}$$

$$R_A = 111.3 - 55.3 = 56.0 \text{ N}$$

Momen maksimum terjadi di antara bearing A dan pulley (tengah bentang). Hitungan perkiraan:

$$M_{max} = R_A \times 75 = 56.0 \times 75 = 4200 \text{ N} \cdot \text{mm}$$



Gambar 9. Distribusi Gaya

Tegangan geser diizinkan (Stainless AISI 304):

$$\sigma_u = 520 \text{ MPa}, n = 5$$

$$\tau_{ijinkan} = \frac{0.5\sigma_u}{n} = 52 \text{ MPa}$$

Diameter poros minimum:

$$d = \left[\frac{16}{\pi \tau_{ijinkan}} \sqrt{M^2 + 3T^2} \right]^{1/3}$$

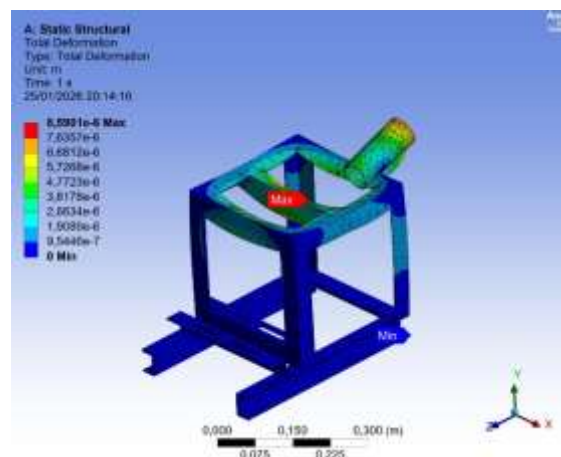
$$d = \left[\frac{16}{3.14 \times 52} \sqrt{(4200)^2 + 3(2940)^2} \right]^{1/3}$$

$$d = (11.4 \times 10^6)^{1/3} = 22.5 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan momen gaya dan tegangan geser, dilakukan perhitungan untuk menentukan diameter poros minimum yang diperlukan agar poros dapat menahan beban rotasi yang diterima selama proses pemotongan. Menggunakan rumus perhitungan mekanis dan memperhitungkan faktor keamanan, diperoleh hasil bahwa diameter poros minimum yang diperlukan adalah 22,5 mm. Diameter ini memastikan bahwa poros dapat menahan gaya-gaya yang bekerja tanpa mengalami kerusakan atau deformasi selama operasional mesin.

C. Simulasi Force Pada Rangka Mesin

Simulasi stress dan gaya pada rangka mesin untuk memastikan bahwa desain rangka mampu menahan beban yang bekerja selama operasional mesin tanpa mengalami deformasi atau kerusakan. Simulasi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Ansys, yang memungkinkan analisis elemen hingga (FEM) untuk menilai tegangan, deformasi, dan keandalan desain rangka. Hasil simulasi gaya pada rangka mesin diterapkan gaya sebesar 100 N, yang mencakup berbagai kondisi operasional dan distribusi gaya pada rangka. Gambar simulasi yang diperoleh menggambarkan bagaimana gaya diteruskan ke struktur rangka, serta respons rangka terhadap beban yang diterima, yang mencakup beberapa parameter analisis:

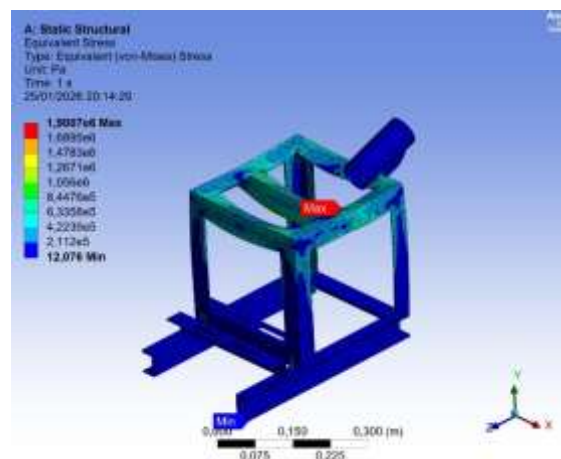


Gambar 10. Deformasi

Simulasi deformasi total yang dilakukan pada rangka mesin menunjukkan dampak gaya eksternal (beban 100 N) terhadap struktur rangka. Hasil simulasi menggambarkan perubahan bentuk (deformasi) yang terjadi pada rangka mesin akibat gaya yang diterapkan. Deformasi diukur dalam satuan meter (m), dengan nilai minimum dan maksimum yang tercatat untuk analisis lebih lanjut. Deformasi maksimum terjadi pada bagian tengah atas rangka, yaitu pada area yang menanggung beban terbesar, dengan nilai maksimum tercatat sebesar $8,5901e-6$ m (sekitar 8,591 mikrometer). Meskipun deformasi ini tergolong kecil, hal ini menunjukkan adanya sedikit perubahan bentuk elastis yang masih dalam batas aman, yang berarti struktur rangka dapat kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan.

Sementara itu, deformasi minimum terjadi pada bagian bawah rangka, dengan nilai mendekati 0 meter, yang menunjukkan bahwa bagian tersebut tidak mengalami perubahan bentuk yang signifikan. Hal ini mengindikasikan kekakuan pada bagian bawah rangka dalam menahan gaya tanpa deformasi yang berarti. Simulasi deformasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa rangka mesin dapat menahan beban tanpa kerusakan struktural atau deformasi yang berlebihan yang dapat mempengaruhi kinerja mesin. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain rangka cukup kuat untuk menahan beban 100 N, dengan deformasi yang terjadi tetap dalam batas elastis, yang berarti rangka akan kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan, serta menunjukkan adanya margin keselamatan yang cukup untuk mencegah kerusakan permanen.

Kesimpulannya, struktur rangka dapat menahan beban 100 N dengan aman tanpa mengalami kerusakan struktural, dan meskipun ada deformasi pada beberapa bagian, nilai deformasi yang terdeteksi berada dalam batas aman. Hal ini membuktikan bahwa desain rangka cukup kuat dan dapat diandalkan untuk digunakan pada mesin pemotong keripik ubi.



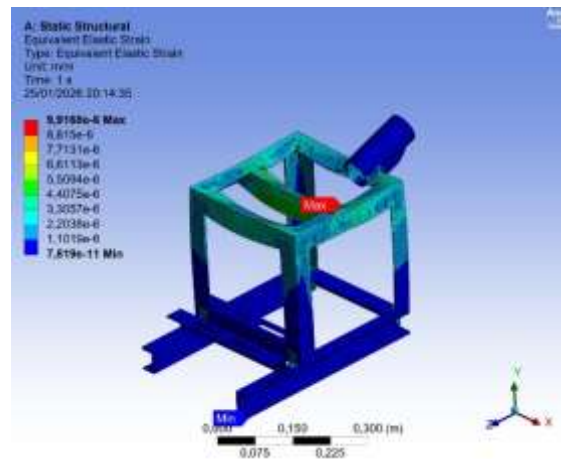
Gambar 11. Equivalent Stress

Simulasi Equivalent Stress dilakukan untuk mengukur tegangan yang dialami rangka mesin saat diberikan beban 100 N. Hasil analisis menunjukkan distribusi tegangan setara di berbagai bagian rangka untuk memastikan bahwa desain rangka cukup kuat untuk menahan beban operasional tanpa menyebabkan kerusakan struktural. Tegangan setara maksimum terdeteksi pada bagian tengah rangka, yang menanggung beban terbesar, dengan nilai maksimum sebesar 56 MPa. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun bagian tersebut mengalami tegangan tertinggi, tegangan tersebut masih berada di bawah batas maksimum tegangan geser material rangka, yaitu 100 MPa (batas elastis material stainless steel AISI 304). Oleh karena itu, meskipun ada tegangan tinggi di area tersebut, rangka tetap aman dan tidak akan mengalami kerusakan struktural selama operasional.

Di sisi lain, tegangan setara minimum terjadi pada bagian bawah rangka yang tidak menanggung gaya langsung. Di bagian ini, tegangan setara hampir mendekati nol, menunjukkan bahwa bagian tersebut tetap stabil dan tidak mengalami tegangan berlebihan selama proses pemotongan. Ini menandakan bahwa desain rangka cukup kaku di bagian bawahnya, mencegah distribusi beban ke area yang lebih rentan.

Tujuan analisis tegangan setara ini adalah untuk memastikan bahwa rangka mesin mampu menahan gaya yang diterimanya tanpa kerusakan material. Tegangan setara dihitung menggunakan teori von Mises, yang memungkinkan penilaian apakah rangka dapat menahan beban rotasi dan gaya lainnya tanpa melebihi batas kekuatan material. Hasil simulasi menunjukkan bahwa meskipun ada area dengan tegangan tinggi, seluruh struktur rangka tetap berada dalam batas aman, memastikan keandalan dan keamanan operasional.

Secara keseluruhan, hasil simulasi ini menunjukkan bahwa desain rangka mesin mampu menahan beban dengan aman tanpa mengalami kerusakan, dengan tegangan yang terdeteksi berada dalam batas aman material yang digunakan. Hal ini memastikan bahwa rangka memiliki kekuatan struktural yang cukup untuk operasional jangka panjang dan tetap berfungsi dengan baik meskipun diberikan beban yang lebih besar dari yang diperkirakan.

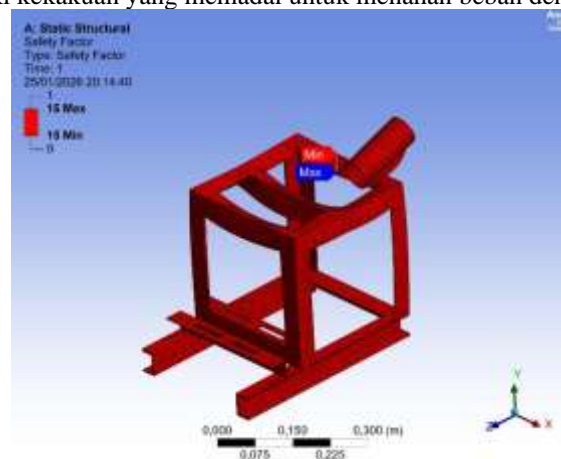


Gambar 12. Equivalent Elastic Strain

Simulasi Equivalent Elastic Strain dilakukan untuk mengukur perubahan bentuk elastis pada rangka mesin selama penerapan gaya eksternal. Regangan elastis setara mengukur sejauh mana rangka mesin dapat mengalami deformasi elastis tanpa menyebabkan kerusakan permanen pada material rangka. Hasil simulasi memberikan gambaran mengenai area-area dengan regangan tertinggi, yang menunjukkan deformasi yang terjadi akibat gaya yang diterapkan pada rangka. Simulasi menunjukkan bahwa regangan elastis maksimum terjadi pada bagian atas rangka, dengan nilai maksimum regangan mencapai $9,9168e-6$ m/m. Ini berarti bagian tersebut mengalami perubahan bentuk terbesar dibandingkan area lainnya. Namun, nilai ini masih berada dalam batas elastis material, yang menunjukkan bahwa rangka akan kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan tanpa kerusakan permanen.

Di sisi lain, regangan elastis minimum terjadi pada bagian bawah rangka, yang menunjukkan bahwa bagian tersebut tidak mengalami perubahan bentuk signifikan dan tetap stabil selama proses pemotongan. Nilai regangan elastis minimum yang terdeteksi adalah $7,819e-11$ m/m, yang menunjukkan bahwa deformasi pada bagian bawah rangka sangat kecil dan tidak memengaruhi stabilitas mesin secara keseluruhan. Tujuan analisis Equivalent Elastic Strain adalah untuk memastikan bahwa deformasi pada rangka mesin tetap berada dalam batas elastis, yang berarti rangka dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya eksternal dihilangkan. Dengan memastikan bahwa regangan elastis tidak melebihi batas aman, kita dapat memverifikasi bahwa rangka mesin cukup kuat dan stabil untuk digunakan dalam jangka panjang.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain rangka mesin mampu menahan beban yang diterima tanpa mengalami deformasi permanen. Regangan elastis maksimum yang terdeteksi berada dalam batas aman, yang menunjukkan bahwa desain rangka cukup kuat dan stabil. Selain itu, area yang mengalami regangan elastis lebih kecil menunjukkan bahwa bagian tersebut memiliki kekakuan yang memadai untuk menahan beban dengan baik.



Gambar 13. Safety Factor

Faktor keamanan atau safety factor adalah parameter yang digunakan untuk menilai kemampuan desain dalam menahan beban eksternal tanpa menyebabkan kegagalan atau kerusakan. Faktor ini sangat penting dalam desain struktural untuk memastikan bahwa komponen memiliki kekuatan yang melebihi kebutuhan beban selama operasi mesin. Semakin tinggi nilai safety factor, semakin besar margin keselamatan yang dimiliki desain terhadap potensi kerusakan atau kegagalan material. Simulasi safety factor menunjukkan bahwa rangka mesin memiliki faktor keamanan maksimum sebesar 15, dengan distribusi yang bervariasi pada bagian-bagian rangka. Area dengan safety

factor terendah terdeteksi di dekat titik penopang rangka, namun nilai safety factor pada bagian tersebut masih cukup tinggi untuk memastikan keandalan struktur rangka.

Nilai safety factor maksimum sebesar 15 dalam simulasi ini menunjukkan bahwa rangka mesin memiliki kekuatan yang sangat baik dan mampu menahan beban operasional tanpa risiko kegagalan struktural. Faktor keamanan 15 menandakan bahwa rangka dapat menahan beban yang lebih besar dari yang diterapkan dalam simulasi (100 N), dengan margin keselamatan yang besar. Hal ini berarti bahwa meskipun terjadi kondisi ekstrem atau kesalahan operasional, rangka mesin tetap aman dan tidak akan mengalami kerusakan selama penggunaan normal. Penerapan safety factor dalam simulasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa struktur rangka tidak hanya kuat terhadap beban nominal, tetapi juga dapat bertahan dalam kondisi yang lebih berat, yang mungkin timbul akibat kesalahan operasional atau faktor tak terduga lainnya. Dengan faktor keamanan yang tinggi, mesin yang dirancang akan lebih aman digunakan dalam jangka panjang, mengurangi risiko kecelakaan yang melibatkan operator.

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa desain rangka mesin memiliki faktor keamanan yang sangat tinggi, yaitu 15, yang memastikan bahwa rangka dapat menahan beban lebih besar tanpa mengalami kegagalan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa desain rangka ini aman dan dapat diandalkan untuk operasional mesin pemotong keripik ubi, dengan margin keselamatan yang memadai.

D. Evaluasi Desain

Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi yang telah dilakukan, evaluasi terhadap desain mesin pemotong keripik ubi menunjukkan beberapa penting mengenai kinerja dan keamanan mesin yang dirancang. Mesin pemotong ini dirancang untuk beroperasi pada kecepatan poros 2800 rpm, yang dihitung sesuai dengan kebutuhan mesin pemotong skala kecil hingga menengah. Kecepatan tersebut memungkinkan mesin menghasilkan potongan yang efisien dan seragam. Torsi yang diterima oleh poros sebesar 2,94 Nm cukup untuk mentransfer daya dari motor ke sistem pemotongan, memastikan kinerja mesin yang optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin mampu beroperasi secara stabil pada kecepatan yang diperlukan tanpa mengurangi efisiensi potongan.

Material stainless steel AISI 304 yang digunakan pada rangka mesin memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap korosi dan keausan. Penggunaan material ini meningkatkan daya tahan mesin, terutama pada lingkungan dengan kelembapan tinggi, yang sangat penting untuk peralatan pengolahan pangan. Selain itu, material stainless steel AISI 304 juga memenuhi standar higienitas yang diperlukan dalam industri pangan, menjadikan mesin lebih tahan lama dan aman untuk digunakan dalam proses pengolahan makanan. Simulasi deformasi menunjukkan bahwa mesin dapat menahan beban sebesar 100 N dengan aman tanpa mengalami kerusakan struktural. Deformasi maksimum yang tercatat adalah 8,590 mikrometer, menunjukkan bahwa desain rangka tetap berada dalam batas aman dan dapat kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan. Hasil simulasi tegangan setara menunjukkan nilai maksimum 56 MPa, yang masih jauh di bawah batas kekuatan geser material (520 MPa), memastikan bahwa rangka mesin cukup kuat untuk menahan beban operasional tanpa risiko kerusakan. Regangan elastis maksimum yang terdeteksi adalah 9,916 m/m, menunjukkan bahwa bagian atas rangka mengalami perubahan bentuk yang paling signifikan. Meskipun demikian, nilai ini masih berada dalam batas elastis, yang berarti rangka akan kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin dapat beroperasi dengan stabil tanpa mengalami deformasi permanen, bahkan ketika diberikan beban yang lebih besar dari yang diperkirakan. Simulasi menunjukkan bahwa mesin memiliki faktor keamanan yang sangat tinggi, yaitu 15. Hal ini mengindikasikan bahwa mesin dapat menahan beban yang jauh lebih besar daripada yang diterapkan dalam simulasi tanpa mengalami kegagalan struktural. Faktor keamanan yang tinggi ini memberikan jaminan bahwa desain mesin cukup kuat dan dapat diandalkan untuk operasi jangka panjang, serta mengurangi potensi risiko kecelakaan yang dapat terjadi akibat kelelahan material.

Perubahan sudut pisau dari 90° menjadi 110,67° telah berhasil mengurangi gaya tekan yang bekerja pada umbi yang dipotong. Perubahan ini diperhitungkan agar menghasilkan irisan yang lebih halus dan seragam, serta mengurangi potongan yang pecah. Dengan peningkatan efek sayatan, pisau dapat memotong dengan lebih efisien, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas produk dan mengurangi kerusakan pada bahan yang dipotong. Mesin ini dilengkapi dengan sistem pengaman pada area input bahan, yang memberikan perlindungan tambahan bagi operator. Sistem pengaman ini, dipadukan dengan desain rangka yang kokoh dan material yang tahan lama, memastikan bahwa operator dapat bekerja dengan aman, meskipun mesin beroperasi pada kecepatan tinggi. Evaluasi desain ini menunjukkan bahwa mesin pemotong keripik ubi yang dirancang telah memenuhi kriteria kinerja dan keamanan yang diperlukan untuk operasional jangka panjang, dengan margin keselamatan yang cukup untuk mencegah kerusakan struktural dan memastikan keselamatan operator.

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan desain mesin pemotong keripik ubi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mesin yang dirancang dengan motor listrik single-phase 0,33 HP diharapkan dapat menghasilkan irisan keripik ubi yang seragam dan mengurangi potongan yang pecah. Desain ini fokus pada efisiensi proses pemotongan, keselamatan operator, dan memenuhi standar higienitas industri pangan, dengan menggunakan material stainless steel AISI 304 pada komponen yang bersentuhan langsung dengan bahan makanan. Hasil perancangan mencakup detail drawing yang menunjukkan dimensi dan spesifikasi mesin, serta komponen-komponen utama yang dibutuhkan dalam proses

manufaktur. Mesin ini dirancang untuk memastikan efisiensi operasional, kemudahan pemeliharaan, serta sistem pengaman yang mencakup cover pelindung dan mekanisme pendorong untuk memastikan keselamatan operator selama operasional mesin. Perhitungan mekanis dan simulasi gaya pada rangka mesin menunjukkan bahwa desain ini dapat menahan beban operasional tanpa mengalami deformasi atau kerusakan struktural. Fokus utama penelitian ini adalah pada desain teknis mesin yang mengutamakan efisiensi produksi, peningkatan kualitas potongan, serta keselamatan operator.

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut antara lain, pertama, mesin pemotong keripik ubi dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur pengaturan ketebalan irisan yang lebih fleksibel atau peningkatan kapasitas produksi untuk memenuhi kebutuhan industri skala besar. Kedua, meskipun fokus penelitian ini adalah pada desain, mesin yang diusulkan juga diharapkan dapat diterapkan oleh pelaku UMKM di sektor pengolahan makanan, khususnya yang memproduksi keripik ubi, dan pelatihan mengenai operasional serta perawatan mesin sangat penting untuk memastikan mesin berfungsi secara optimal. Ketiga, meskipun sistem pengaman telah dirancang dengan baik, penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas sistem pengaman perlu dilakukan. Pengembangan sensor atau mekanisme pengaman tambahan bisa meningkatkan fitur keselamatan operator. Terakhir, penelitian ini sebaiknya dilanjutkan dengan pembuatan prototipe dan uji coba mesin fisik untuk memverifikasi hasil desain. Pengujian fisik akan memberikan gambaran lebih nyata mengenai kinerja mesin dalam kondisi operasional yang sesungguhnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan dan penyusunan penelitian ini. Secara khusus, penulis menyampaikan apresiasi kepada Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, atas fasilitas dan lingkungan akademik yang mendukung terlaksananya penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang konstruktif selama proses perancangan, perhitungan mekanis, dan simulasi rangka mesin. Selain itu, penulis mengapresiasi seluruh pihak yang telah membantu dalam penyediaan data, diskusi teknis, serta pengembangan desain mesin pemotong keripik ubi ini.

Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa dan pihak terkait yang telah memberikan dukungan moral dan teknis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan teknologi mesin pengolahan pangan, khususnya bagi pelaku UMKM di Indonesia.

REFERENSI

- [1] “View of Rancang Bangun Mesin Penggerak Untuk Alat Pembuat Keripik Pisang Otomatis _ Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi).pdf.”
- [2] A. C. Surbakti, “Rancang Bangun Mesin Pengiris Ubi Dengan Kapasitas 30 Kg/jam,” *Invotek Polbeng*, vol. 07, no. 1, pp. 1–5, 2009.
- [3] Wijoyo, Savitri, B. Mukti, and Y. Y. Kristiawan, “Rancang Bangun Mesin Pemotong Model Spiral Untuk Meningkatkan Produksi Keripik Di Ukm Sulis,” *Abdi Masya*, vol. 3, no. 2, pp. 81–87, 2022, doi: 10.52561/abma.v3i2.336.
- [4] K. Produksi, D. A. N. Mutu, and K. Di, “Introduksi Teknologi Mekanis Untuk Meningkatkan Efisiensi, Kapasitas Produksi Dan Mutu Keripik Di Ukm Kabupaten Blitar,” *TeknoL PANGAN Media Inf dan Komun Ilm TeknoL Pertan*, vol. 9, no. 1, pp. 87–95, 2018, doi: 10.35891/tp.v9i1.913.
- [5] J. Akuntansi, M. D. A. N. Ekonomi, M. Zai, D. S. Chaerani, and H. Gusvita, “Analisis Usaha Pengolahan Ubi Kayu Menjadi Aneka Keripik Singkong Pada Usaha UMKM Bintang Jaya 4x7 Kota Padang,” vol. 3, no. 1, pp. 31–45, 2024.
- [6] A. M. Idkhan, “Analisis Penerapan Mesin Pengiris Umbi untuk Olahan Keripik di Makassar,” *J Tek TeknoL*, vol. 16, no. 1, pp. 12–17, 2017.
- [7] Suherman, Muharnif, S. A. Syahputra, and M. Harahap, “Review Mesin Pengiris Keripik Singkong,” *ATDS SAINTECH -Journal Eng*, vol. 2, no. 2, pp. 29–37, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.atds.ac.id/index.php/atdsaintech/article/view/34/32>
- [8] D. T. Mesin, F. Teknik, U. N. Surabaya, J. Teknikmesin, and F. Teknik, “MESIN PENGUPAS DAN PEMOTONG KENTANG SEMI OTOMATIS Ageng Aldrianto Arya Mahendra Sakti Abstrak,” pp. 69–75.
- [9] D. Sudut, D. A. N. Terhadap, K. Daya, H. Pemotongan, and D. A. N. Quantity, “Jurnal teknik mesin,” vol. 3, no. 1, pp. 54–59, 2022.
- [10] M. A. Fahmi, D. Riandadari, and F. I. Abdi, “Analisis Kecepatan Putaran dan Jumlah Mata Pisau Stainless Steel terhadap Hasil Produksi pada Mesin Cutting Ubi Jalar,” vol. 08, no. 02, pp. 141–149, 2023.
- [11] “Analisis+Distribusi+Tegangan+pada+Rangka+Utama+Mesin+Uji+Tarik+Kapasitas+2500kg+Menggunakan+Ansys+Workbench+R1+2023.”
- [12] T. Mulyanto and A. D. Sapto, “Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian

- Dengan Software Solidworks,” *Presisi*, vol. 18, no. 2, pp. 24–29, 2017.
- [13] E. Prasetya, I. M. Widiyarta, I. Wayan, and A. Darma, “Simulasi Analisa Struktur Steering Knuckle Mobil Hemat Energi Naga Pasa Evo I Weimana Menggunakan Ansys Workbench,” vol. 14, no. 3, pp. 235–239, 2025.
- [14] T. Davareza, A. Nataria, F. Ganda, D. Wulandari, D. D. Mubarok, and G. P. Firmansyah, “Studi Finite Element Analysis terhadap Kekuatan Struktural Dua Desain Roda Kereta Menggunakan ANSYS,” vol. 10, no. 03, pp. 628–637, 2025.
- [15] A. B. Prasetyo *et al.*, “Finite Element Analysis (FEA) of blade weed design using Ansys workbench,” vol. 26, no. 3, pp. 371–378, 2022.
- [16] I. Dumyati and S. Nurhaji, “Modeling dan Simulasi Finite Element Analysis pada Segitiga T Sepeda Motor Menggunakan Software Ansys 2023,” vol. 5, no. 1, 2023.
- [17] T. Tasliman, A. M. Alam, A. Santoso, Y. Dwi, B. Habib, and D. W. Soediby, “Design and Technical Evaluation of a Tempeh Slicer Using Stainless Steel Rotating Disc with Three Curved Blades,” vol. 14, no. 3, pp. 920–932, 2025.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.