

Perancangan Mesin Pengiris Singkong dan Tray Dryer Terintegrasi dengan Sistem Monitoring Temperatur Berbasis Sensor Inframerah Untuk Pengolahan Singkong

Megara Munandar^{1*}, Adhitya Rachman², I Gede Eka Lesmana³, Arif Riyadi T⁴, Bambang Sulaksono⁵

^{1,2,3,4,5}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila

¹Jl. Lenteng Agung Raya No. 56, RT. 1/RW.3, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Indonesia

Corresponding author: megara@univpancasila.ac.id

Abstract

This study involves designing a versatile machine that integrates two processes cassava slicing and drying into a single system. This device was developed to help home-based industries improve efficiency and production capacity, particularly in processing cassava into chips. The design process employed the Pahl & Beitz method, encompassing conceptual design, concept analysis, and the selection of the final concept. Integrating the slicing and drying functions into a single unit is expected to provide a practical solution for enhancing operational efficiency and product quality. Design results indicate that the slicing unit, equipped with a 220 mm blade, achieves a production capacity of 14 kg/hour. The collection container has a volume of 6,666 cm³ (capable of holding 7 kg), while the drying unit is designed to process a 7 kg batch of cassava at a temperature of 60°C. The dryer reduces the moisture content of 7 kg of cassava from 70% to 14% over a period of 5.11 hours, powered by two 0.25 HP electric motors.

Keywords: Slicer, dryer, cassava, Pahl & Beitz method, production.

Abstrak

Penelitian ini mencakup perancangan mesin serbaguna yang mengintegrasikan dua proses pengirisan dan pengeringan singkong ke dalam satu sistem. Alat ini dikembangkan untuk membantu industri rumahan meningkatkan efisiensi dan kapasitas produksi, khususnya dalam pengolahan singkong menjadi keripik. Proses perancangan menggunakan metode Pahl & Beitz, yang meliputi desain konseptual, analisis konsep, dan pemilihan konsep akhir. Integrasi fungsi pengirisan dan pengeringan ke dalam satu unit diharapkan dapat memberikan solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas produk. Hasil rancangan menunjukkan bahwa unit pengiris, yang dilengkapi dengan pisau berukuran 220 mm, mampu mencapai kapasitas produksi sebesar 14 kg/jam. Wadah penampung memiliki volume 6.666 cm³ (dengan kapasitas tampung 7 kg), sedangkan unit pengering dirancang untuk memproses singkong sebanyak 7 kg dalam satu kali proses pada suhu 60°C. Alat pengering ini menurunkan kadar air singkong seberat 7 kg dari 70% menjadi 14% dalam waktu 5,11 jam, dengan tenaga penggerak berupa dua motor listrik berdaya 0,25 HP.

Kata kunci: Alat pengiris, pengering, singkong, metode Pahl & Beitz, produksi.

1. Pendahuluan

Singkong merupakan makanan yang banyak di manfaatkan sebagai bahan baku produk olahan, seperti keripik, tepung, gablek, dan produk lain. Ketika proses pengolahan, ada beberapa tahap yaitu pengirisan, pengeringan merupakan bagian penting. Karena akan berpengaruh terhadap kualitas produk akhir. Ketebalan singkong dapat menyebabkan proses pengeringan berjalan lama (tidak merata) [1]. Hal ini, akan berpengaruh terhadap kadar air yang terkandung [2]. Irisan tebal mungkin tampak

kering pada bagian luar namun masih menyimpan kelembapan di bagian dalam [3], perbedaan warna serta penurunan mutu.

Proses pengolahan singkong skala kecil dan menengah akan berpengaruh terhadap pengirisan [4], pengeringan yang umumnya masih dilakukan secara terpisah. Biasanya singkong yang telah di iris dipindahkan secara manual menuju pengering. Kondisi ini dapat meningkatkan waktu proses, kebutuhan tenaga kerja, dan resiko terkontaminasi selama perpindahan bahan. Selain itu, perpindahan juga

membutuhkan ruang kerja yang lebih besar dan menyebabkan proses produksi kurang efisien.

Selama proses pengeringan temperatur menjadi salah satu faktor utama dan dalam proses pengeringan. Suhu yang lebih rendah dapat menyebabkan waktu pengeringan menjadi lebih lama. Sedangkan, temperatur terlalu tinggi dapat menyebabkan perubahan warna, penurunan kualitas, terjadi pengerasan permukaan dan kerusakan bahan. Maka, dibutuhkan monitoring temperatur yang mampu memberikan informasi kondisi permukaan bahan secara tepat [5].

Penggunaan sensor merupakan salah satu alternatif untuk melakukan pengukuran temperatur secara nonkontak. Sensor inframerah dapat mendeteksi temperatur [6] permukaan bahan tanpa harus bersentuhan langsung dengan singkong. Sensor dapat membantu operator memantau kondisi proses pengeringan secara lebih efektif dan menjadi dasar dalam mengendalikan temperatur ruang.

Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan suatu rancangan mesin yang mampu mengitergrasikan antara proses pengirisan, dan pengeringan dalam satu sistem. Pengembangan integrasi mesin pengiris dengan pengering (tray dryer) diharapkan dapat memperpendek alur proses produksi. Pengurangan proses perpindahan bahan secara manual, meningkatkan keseragaman (potongan) hasil irisan, dan meningkatkan efisiensi proses pengeringan [7]. Sistem monitoring temperatur berbasis sensor inframerah diharapkan mampu memberikan informasi temperatur. Sehingga, bahan secara real

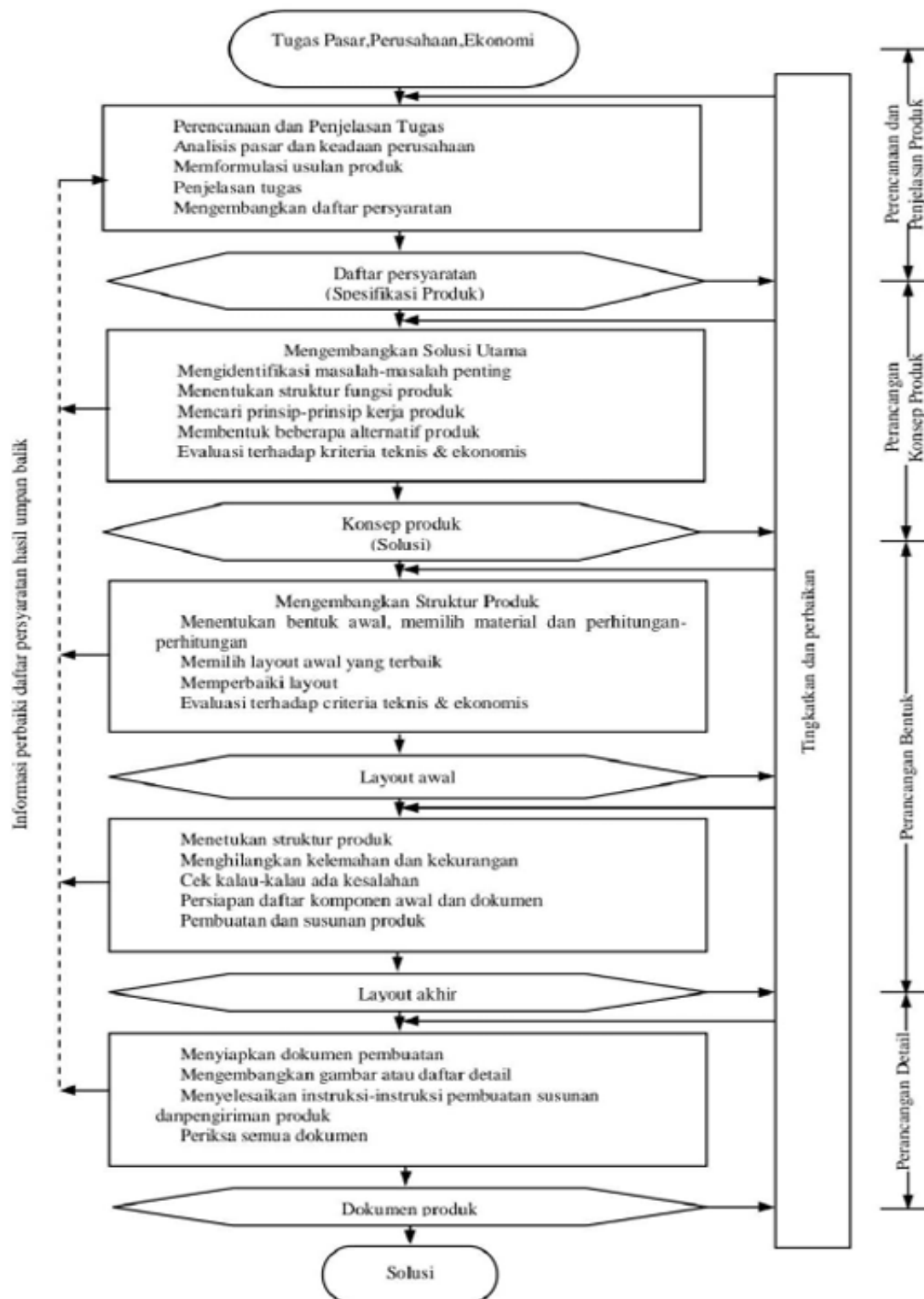
time dengan kondisi pengeringan dapat dikendalikan dengan baik [6,8].

Perancangan mesin tidak hanya mempertimbangkan fungsi pengirisan dan pengeringan. Tetapi juga mencakup aspek teknik mesin seperti pemilihan mekanisme pemotong, kebutuhan daya motor, desain poros dan pisau, sistem transmisi, kontruksi rangka, kapasitas tray, distribusi energi panas selama proses, kebutuhan energi panas, dan sistem monitoring temperatur. Perancangan mesin diharapkan mampu menghasilkan irisan singkong yang seragam [4,9], dan proses pengeringan yang terkendali.

Berdasarkan latar belakang peneliti membuat suatu sistem pengolahan singkong yang efektif, efisien, dan teritegrasi. Hasil perancangan diharapkan dapat menjadi alternatif teknologi tepat guna yang dapat diterapkan pada industri kecil, dan menengah [10]. Pengembangan lebih lanjut melalui pengujian performa, analisa perpindahan panas, konsumsi energi, dan kualitas produk hasil pengeringan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Perancangan konsep di lakukan untuk menetapkan konsep perancangan awal yang akan digunakan, termasuk metode perancangan dan pengembangan produknya. Metode perancangan Pahl & Beitz ini terdiri dari empat fase diantaranya: perencanaan proyek dan penjelasan tugas, perancangan konsep produk, perancangan bentuk, dan perancangan detail dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 diagram alir perancangan Pahl & Beitz

Setelah desain produk dibuat dengan menggunakan metode perancangan proses berikutnya membuat produk jadi. Desain keseluruhan pada pembuatan komponen Mesin Pengiris dan Pengereng Singkong menjadi satu rangkaian. Berikut adalah

gambar rancangan alat dan komponen dari Mesin Pengiris dan Pengereng Singkong yang menjadi satu rangkaian.

2.1 Rumus dan Perhitungan Rancangan

Perhitungan rancangan dilakukan untuk menentukan kebutuhan teknis mesin, terutama kapasitas

pengirisan, dimensi penampung, kapasitas tabung pengering.

a. Kapasitas pengirisan

Kemampuan pisau yang dirancang untuk mengiris batang singkong dengan masa 240-gram dalam 1 menit, dapat digunakan rumus:

$$KP = \frac{\text{berat sampel}}{\text{waktu}} \quad (1)$$

Keterangan:

KP = kapasitas pengirisan (kg/Jam)

W = berat sampel (kg)

t = waktu (s)

b. Dimensi penampung

Rumus hubungan masa jenis, volume, dan masa adalah:

$$\rho = m/v \quad (2.a)$$

Keterangan:

ρ = masa jenis (kg/m³)

m = masa (kg)

V = Volume (m³)

A = Luas permukaan (cm²)

Sehingga volume penampung di desain dapat di hitung dengan:

$$V = m/\rho \quad (2.b)$$

$$V = A.t \quad (3.a)$$

$$A = \frac{V}{t} \quad (3.b)$$

c. Dimensi tabung pengering

Kapasitas tabung pengering maka dicari volume tabung dengan persamaan berikut:

$$V = \pi . r^2 . t \quad (4)$$

Keterangan:

V = volume tabung (cm³)

π = 3,14

r = jari-jari tabung (mm)

t = tinggi tabung (mm)

3. Hasil dan Pembahasan

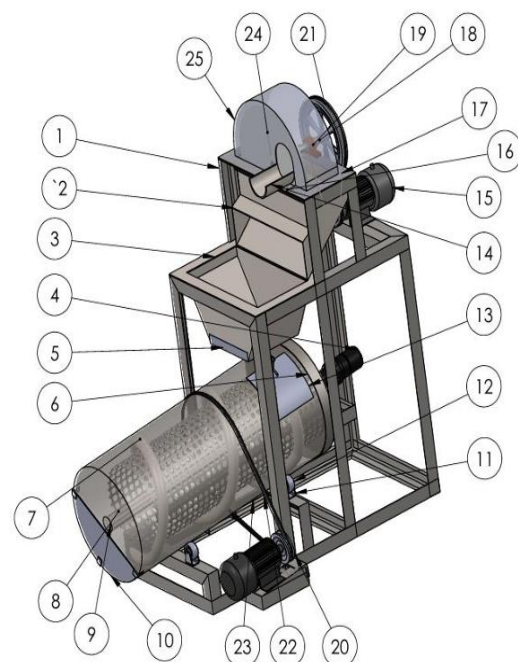
3.1 Desain Produk

Gambar 2. Merupakan identifikasi perancangan mesin pengiris singkong dan tray dryer. Proses perancangan meliputi metode perancangan konsep dengan mencari efisiensi waktu, kemudahan pengoperasional, mekanisme kerja dan pembuatan komponen. Berikutnya, struktur

fungsi dan sub fungsi merupakan gambaran dari fungsi sistem secara keseluruhan mulai dari input sampai dengan output. Setelah menentukan subfungsi dan struktur fungsi berikutnya menentukan prinsip solusi dengan mendapatkan rancangan yang optimal, proses pengoperasional, biaya yang murah dan sistem kerja yang efektif dapat dilihat pada Gambar 2.

Kelebihan yang terdapat dari varian ini, ketersediaan komponen di pasaran. Biaya pembuatan varian pun cukup terjangkau. Sistem kerja memiliki dua fungsi dengan menggunakan panel listrik sehingga menciptakan efisiensi waktu.

Pengering moderen yang banyak digunakan dalam industri pengering berputar (rotary drum drying). Pengering drum berputar terdiri dari tabung silinder yang berputar, tempat material basah dikeringkan melalui injeksi aliran udara panas dapat dilihat pada Gambar 2. Oleh karena itu, pengembangan desain pengering berputar inovatif yang bertujuan menghasilkan produk kering berkualitas tinggi – sekaligus mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan laju kinerja pengeringan menjadi fokus perhatian utama [11].



Gambar 2. Bill of material (BOM) perancangan mesin pengiris singkong dan tray dryer
Keterangan gambar:

- 1) Rangka
- 2) Corong keluar
- 3) Penampung
- 4) Blower Heater
- 5) Pintu penampung
- 6) Tutup tabung
- 7) Pipa spiral
- 8) Pipa penyangga
- 9) Pipa saluran panas
- 10) Tutup keluar tabung
- 11) Braket roda
- 12) Roda
- 13) Pintu masuk tabung
- 14) Corong masuk
- 15) Motor listrik
- 16) Lingkar pisau
- 17) Pulley besar
- 18) Poros pisau
- 19) Bearing
- 20) Pulley kecil
- 21) V-belt type A
- 22) V-belt type B
- 23) Tabung pengering
- 24) Pisau
- 25) Rumah pisau

Pengering drum umum digunakan untuk mengeringkan produk tipis dan berserat, seperti daun dan batang. Sebagai gantinya, untuk mencapai kadar air akhir produk yang diinginkan, berbagai data dan praktik empiris digunakan dalam pengendalian pengeringan; data dan praktik ini sering kali dijaga kerahasiaannya oleh produsen maupun pengguna. Selain itu, persamaan tersebut juga mencakup dua besaran karakteristik produk/proses, yaitu energi termal dan koefisien perpindahan panas konvektif, yang dikombinasikan dengan dimensi melintang produk [12] dapat dilihat pada Gambar 2.

3.1.1 Perhitungan kapasitas pengirisan

Berdasarkan persamaan 1 untuk menghitung kapasitas pengiris dapat dihitung sebagai berikut:

$$= \frac{240 \text{ gram}}{60 (\text{detik})} \times 3600 \frac{\text{detik}}{\text{jam}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{240 \times 3600}{60} \\ &= \frac{864000}{60} \\ &= 14 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

3.1.2 Perhitungan dimensi penampung

Persamaan 2a dan disederhanakan ke persamaan 2b mendapatkan data yang ada, masa jenis singkong 1050 kg/m³ dan desain penampung mendapatkan 7 kg singkong sehingga di dapatkan volume dari penampung yaitu: mencari volume prisma trapezium dengan berat 7 kg dengan masa jenis 1050 kg/cm³ yaitu:

$$\begin{aligned} V &= \frac{7}{1050} \\ &= 0,00666 \text{ m}^3 = 6.666 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

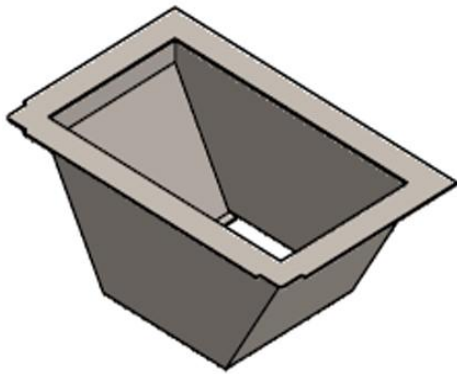
Volume keseluruhan mendapatkan ukuran 6.66 cm³ dan desain berbentuk trapezium dengan tinggi 24 cm sehingga di dapatkan luas alas penampung dengan menggunakan persamaan 3.b yaitu:

$$\begin{aligned} &= \frac{6.666}{24} \\ &= 277,75 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan luas permukaan penampung yaitu 277,5 cm² kebutuhan yang dirancang permukaan berbentuk trapezium dengan a = 40 cm, b = 17,5 cm, dan t = 10 cm. sehingga hasil penampung berdasarkan hasil desain yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Luas alas} &= \frac{1}{2} \cdot (17,5 + 40) \cdot 10 \\ &= 287,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Wadah penampung di dapatkan dari hasil perhitungan, selanjutnya di lakukan desain di dapatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. wadah penampung

- 3.1.3 Perhitungan dimensi tabung pengering
 Persamaan 4 menghitung kapasitas tabung pengering:

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot (162,5^2) \cdot 485 \\ &= 40234475,28 \text{ mm}^3 \\ &= 40234,475 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Waktu pengeringan singkong dalam tabung dengan blower heater, diperlukan pertimbangan beberapa faktor. Masa air yang harus diuapkan, energi yang dibutuhkan, dan energi yang di suplai oleh pemanas (blower heater).

1. Masa air yang diuapkan

$$\begin{aligned} \text{Masa air yang diuapkan} &= m_s \cdot \frac{KA_\alpha - KA_e}{1 - KA_e} \\ &= 7 \cdot \frac{0,70 - 0,14}{1 - 0,14} = 7 \cdot \frac{0,56}{0,86} \\ &= 7,06512 \\ &= 4,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air

$$\begin{aligned} L &= 2260 \text{ kJ/Kg} = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/Kg} \\ E &= m_{\text{air}} \cdot L = 4,56 \cdot 2,26 \cdot 10^6 \\ &= 10,31 \cdot 10^6 \text{ J} \end{aligned}$$

3. Energi yang disuplai oleh blower
 $P = 800 \text{ W} = 800 \text{ J/s}$

Jika efisiensi sekitar 70%

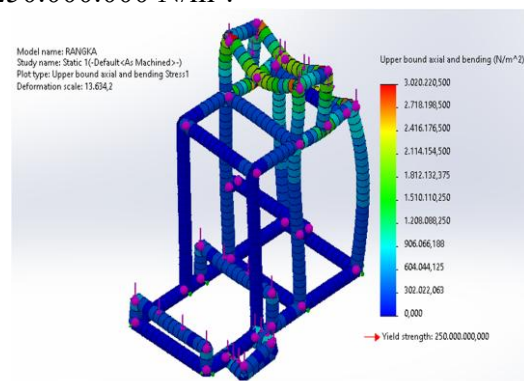
$$P_{\text{efektif}} = 800 \cdot 0,7 = 560 \text{ J/s}$$

4. Waktu pengeringan

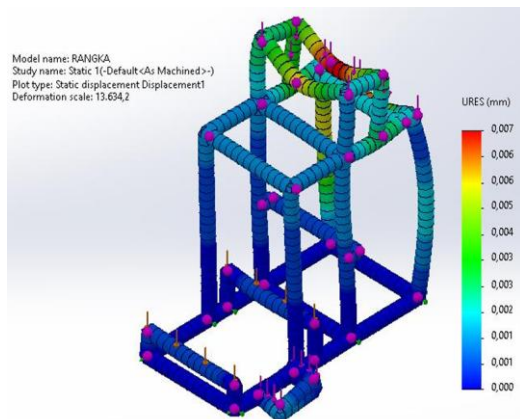
$$\begin{aligned} t &= \frac{E}{P_{\text{efektif}}} = \frac{10,31 \cdot 10^6}{560} \\ &= 18411 \text{ detik} \\ t &= \frac{18411}{3600} = 5,11 \text{ jam} \end{aligned}$$

3.2 Analisa pembebanan keseluruhan kekuatan rangka

Hasil simulasi CAE pembebanan secara keseluruhan. Hasil pembebanan menunjukkan penekan pada bagian atas rangka, sehingga material rangka mengalami sifat elastis dari material dapat dilihat pada gambar 4. Material yang tidak memiliki sifat elastis bersifat getas dan rentang hancur berkeping-keping, jenis kegagalan mendadak dan fatal yang dapat dihindari dalam sebuah struktur. Lebih baik jika struktur mampu menyerap sebagian gaya, yang menyebabkan balok mengalami deformasi atau melengkung. Deformasi adalah hal yang wajar selama proses pembebanan masih dalam batas wajar dan balok kembali lurus setelah pembebanan dihilangkan [13]. Pembebanan keseluruhan dengan masing-masing beban sebesar 58,8 N atau 6 kg, 39,2 N atau 4 kg, 9,81 atau 10 kg. Hasil pengujian tegangan yang terjadi pada bagian berwarna merah dapat dilihat pada gambar 4. Dengan nilai tegangan sebesar $3.020.220 \text{ N/m}^2$ dan tidak melebihi batas yield strength dari material sebesar $250.000.000 \text{ N/m}^2$.



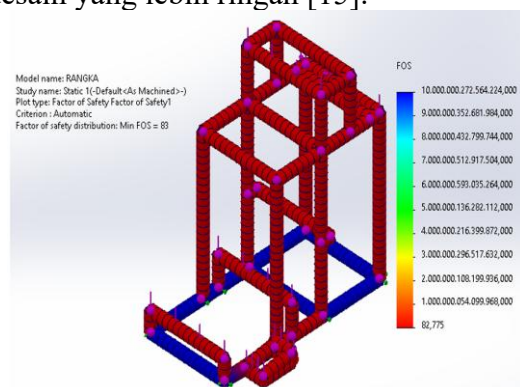
Gambar 4 hasil Analisa stress pada rangka pembebanan keseluruhan



Gambar 5 analisa displacement rangka pembebanan keseluruhan

Pengujian displacement menunjukkan perubahan posisi suatu titik struktur akibat beban luar. Hal ini, terlihat dari nilai sebesar 0.007 mm yang ditunjukkan pada warna merah. Pembebanan terjadi pada bagian atas rangka. Secara tidak langsung mekanika kekuatan material dan tegangan tarik terjadi perubahan deformasi dapat dilihat pada gambar 5. Selain itu, kinerja rangka penyangga menunjukkan efisiensi respons dinamis yang baik, yang membuktikan bahwa struktur mekanisme tersebut memiliki stabilitas tinggi [14].

Pengujian faktor keamanan (FoS) dengan bantuan CAE. Hasil pengujian menunjukkan perbandingan kekuatan batas material (batas leleh dan tarik) dapat dilihat pada gambar 6. Sehingga, metode analisis elemen hingga (*finite element analysis*) digunakan untuk menganalisis kekuatan, kekakuan, dan karakteristik modal rangka. Pemilihan material rangka optimal berdasarkan hasil analisis guna mencapai desain yang lebih ringan [15].



Gambar 6 analisa factory of safety pada pembebanan keseluruhan

Distribusi minimum pada rangka sebesar 272.564.224. berdasarkan Analisa faktor keamanan. Semakin tinggi nilai faktor keamanan maka semakin aman suatu kontruksi rangka dapat dilihat pada gambar 6. Selanjutnya, tegangan yang di ijin pada rangka dapat diketahui sebagai berikut.

$$SF = \frac{\text{yield strength}}{\text{tegangan normal}} = \frac{250.000.000 \text{ N/m}^2}{3020220 \text{ N/m}^2} = 82,77$$

Semakin tinggi nilai faktor keamanan maka semakin aman kontruksi rangka. Sehingga, tegangan yang diijinkan pada rangka dapat diketahui sebagai berikut: Tegangan yang diijinkan = 2. Yield stress

$$= 2 \times 3\,020\,220 \text{ N/m}^2 = 6\,040\,444 \text{ N/m}^2$$

Maka dapat ditarik Kesimpulan bahwa rangka mesin dengan material ASTM A36 aman digunakan. Karena tegangan maksimal sebesar 6.040.444 N/m². Tidak melebihi batas *yield strength* dari material tersebut sebesar 250.000.000 N/m².

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan di dapatkan kapasitas pengirisan dengan mata pisau 220 mm, dan mampu memproduksi 14 kg/jam. Wadah penampung dengan volume 6.666 cm³ yang dapat menampung 7 Kg. Kapasitas pengering di rencanakan mampu mengeringkan sebanyak 7 Kg dengan blower heater 800 watt, suhu 230°C. Dapat mengurangi kadar air 70% menjadi 14% sebanyak 7 Kg. Waktu pengeringan selama 5,11 jam dengan sumber tenaga 2 motor listrik berdaya 0,25 HP.

Berdasarkan hasil simulasi rangka faktor keamanan pada pembebanan sebesar 3.020.220 N/m² dan tidak melebihi batas *yield strength* dari material sebesar 250.000.000 N/m². Hasil pengujian menunjukkan perbandingan kekuatan batas material (batas leleh dan tarik). Sehingga, hasil pengujian menunjukkan desain aman, tidak mudah rusak, dan mampu menahan dan bekerja tanpa mengalami kegagalan.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada program Diploma Tiga Teknik Mesin.

Referensi

- [1] K.A. Budu, J.O. Akowuah, E.Y.H. Bobabee, K.A. Aikins, A.K. Arkoh, E.A. Asante, Determination of drying performance of different slice thicknesses from different cassava varieties using hybrid dryer, *Sol. Compass* 12 (2024) 100097. <https://doi.org/10.1016/j.solcom.2024.100097>.
- [2] A.C. Subrata, D.C. Hakika, Implementation of Rotary Dryer for Cassava Drying as a Raw Material for Mocaf Flour Production, 27 (2023) 185–191.
- [3] C. Chikezie, T. Offordi, T. Okechukwu, Drying Process Factors Effect on Cassava Chips, 27 (2025) 92–109.
- [4] L. Universitas, N. Medan, BERTENAGA KOMPOR GAS PADA INDUSTRI TEPUNG SINGKONG, (2021) 418–421.
- [5] M. Khoirun, D.R. Utami, S. Ningrum, S.A. Prayitno, PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MESIN PENGERING CHIP SINGKONG TIPE RAK (TRAY DRYER), 4 (2023) 490–497.
- [6] N. Afifah, A. Rahayuningtyas, A. Haryanto, S.I. Kuala, Pengeringan Lapisan-Tipis Irisan Singkong Menggunakan Pengering Infrared, (2015) 217–224.
- [7] K. Usaha, B. Kube, J. Makmur, Penerapan mesin pengiris singkong untuk mendukung, 6717 (2024). <https://doi.org/10.28989/kacaneegara.v7i3.2071>.
- [8] O. Ayetigbo, S. Latif, A. Abass, J. Müller, Food and Bioproducts Processing Drying kinetics and effect of drying conditions on selected physicochemical properties of foam from yellow-fleshed and white-fleshed cassava (*Manihot esculenta*) varieties, *Food Bioprod. Process.* 127 (2021) 454–464. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.04.005>.
- [9] A. Yandi, F. Azharul, V. Hadi, P. Singkong, Perancangan mesin pengiris singkong design of the single sliver machine, 1 (2020) 41–53.
- [10] P. Teknologi, M. Pemotong, U. Meningkatkan, P. Umkm, D.I. Dusun, T. To, I. Umkm, P. In, (APPLICATION OF CASSAVA CUTTING MACHINE, 6 (2024) 90–98.
- [11] A. Ibrahim, A. Amer, G. Aboelasaad, M.F. Hassan, I. Elsebaee, A. Gamal, Design and fabricate a smart , energy-efficient , and quality-centric drum drying system, (2025).
- [12] D.P. Control, Mathematical Modelling of Rotary Drum Dryers for Alfalfa Drying Process Control, (2023) 1–16.
- [13] B. Stress, Training the Trades, (2022).
- [14] F. Lin, Modal and dynamic stress analysis of crane support frame based on CAE technology, (2024) 99–105. <https://doi.org/10.21595/vp.2024.24565>.
- [15] Y. Liu, C. Liu, X. Gao, J. Tan, Multiphysics Finite Element Analysis and Optimization of Load-Bearing Frame for Pure Electric SUVs, (2025) 1–32.