

Analisa Kekuatan Rangka Mesin penghalus Arang Tempurung Kelapa Menggunakan *Software Autodesk Inventor Student 2024*

Rizki Maryono Putra *¹
Syahrizal ²

^{1,2} Politeknik Negeri Bengkalis

*e-mail: rizkyputmes12@gmail.com¹, syahrizal@polbeng.ac.id²

Abstrak

Mesin penghalus arang tempurung kelapa adalah perangkat mekanikal yang digunakan untuk mengubah arang tempurung kelapa menjadi serbuk halus. Salah satu komponen penting pada sebuah mesin adalah rangka. Penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisa kekuatan rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa untuk mengetahui jenis besi mana yang terkuat dengan harga yang terjangkau. Metode yang digunakan meliputi simulasi dengan software Autodesk Inventor untuk mengevaluasi kekuatan rangka dari berbagai jenis besi, yaitu besi UNP (U channel), besi siku (angle bar), dan besi hollow dengan jenis material yang sama yaitu mild steel. Analisa dilakukan dengan mempertimbangkan tegangan von Mises, perpindahan, dan faktor keamanan. Hasil penelitian menunjukkan telah dihasilkan desain rangka besi UNP yang direkomendasikan untuk dijadikan sebagai rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa. Setelah diberikan beban sebesar 811 N tegangan von mises pada rangka minimum 0 dan maksimal 93,0959 MPa, displacement minimum 0 dan maksimal 0,538202 mm, serta safety factor minimum 2,22 dan maksimal 15. Berdasarkan hasil penelitian desain rangka jenis besi UNP yang telah disimulasikan secara teknis dikategorikan aman dari beban statis maupun dinamis dengan harga yang ekonomis.

Kata Kunci: Desain, Kekuatan Rangka, Autodesk Inventor, Analisa Tegangan.

Abstract

The coconut shell charcoal grinder is a mechanical device used to turn coconut shell charcoal into fine powder. One of the key components of such a machine is the frame. This research aims to design and analyze the strength of the frame for the coconut shell charcoal grinder to determine which type of steel is the strongest while remaining cost-effective. The methodology includes simulations using Autodesk Inventor software to evaluate the frame strength of various types of steel, specifically UNP steel (U channel), angle bar steel, and hollow steel, all made from mild steel. The analysis considers Von Mises stress, displacement, and the safety factor. The research results indicate that a UNP steel frame design has been recommended as the frame for the coconut shell charcoal grinder machine. After applying a load of 811 N, the Von Mises stress on the frame ranged from a minimum of 0 to a maximum of 93.0959 MPa, displacement ranged from a minimum of 0 to a maximum of 0.538202 mm, and the safety factor ranged from a minimum of 2.22 to a maximum of 15. Based on the research findings, the simulated UNP steel frame design is technically categorized as safe under both static and dynamic loads, while also being economically feasible.

Keywords: Design, Frame Strength, Autodesk Inventor, Stress Analysis

PENDAHULUAN

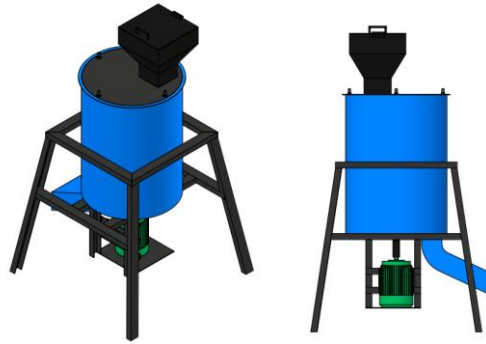
Provinsi Riau, khususnya Pulau Bengkalis di Kecamatan Bantan, merupakan salah satu daerah dengan perkebunan kelapa terbesar di Kabupaten Bengkalis, yang mencapai luas 2.653,8 hektar (Marlina, Bakce, & Novian, 2019). Kelapa yang dihasilkan terutama digunakan untuk daging kelapa, sementara tempurung kelapa sering kali menjadi limbah. Tempurung kelapa biasanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam kehidupan sehari-hari. Namun, limbah padat ini sebenarnya memiliki potensi untuk diolah menjadi produk bernilai tambah, salah satunya adalah arang tempurung kelapa yang dapat diolah lebih lanjut menjadi briket (Nustini, Y et al, 2019).

Salah satu pengusaha arang tempurung kelapa di Kecamatan Bantan, Bapak Misran, telah menjalankan usahanya selama 15 tahun. Dalam setiap proses pembakaran, ia mampu menghasilkan sekitar 1,7 ton arang tempurung kelapa. Namun, ia menghadapi kendala dalam proses penghalusan arang sebelum dapat diolah menjadi briket karena tidak memiliki mesin penghalus arang. Keterbatasan ini membuka peluang inovasi untuk menciptakan alat penghalus arang tempurung kelapa yang dapat mempercepat proses produksi briket dan menghasilkan briket berkualitas tinggi. Mesin penghalus arang tempurung kelapa merupakan perangkat mekanikal yang dirancang untuk mengubah arang tempurung kelapa menjadi serbuk halus atau partikel kecil melalui penggunaan pisau atau grinder. Proses ini penting karena arang tempurung kelapa yang halus dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam pembuatan briket atau arang aktif.

Rangka mesin adalah komponen krusial dalam desain mesin, berfungsi sebagai penopang komponen-komponen lain serta mampu menahan gaya aksial, normal, dan momen untuk menjaga kestabilan mesin. Kekuatan rangka sangat bergantung pada jenis dan konstruksinya, yang harus mampu menahan beban torsi dan kejutan selama operasi mesin. Karena itulah, desain rangka mesin harus dirancang dengan cermat menggunakan perangkat lunak yang tepat, seperti Autodesk Inventor Student 2024, untuk memastikan stabilitas dan keamanan mesin selama operasi. Dalam merancang rangka mesin, penting untuk menganalisis kekuatan material dengan memperhatikan kekuatan luluh (yield strength), yang merupakan batas tegangan di mana material mulai mengalami deformasi plastis. Material dengan tegangan di bawah kekuatan luluh dapat kembali ke bentuk semula setelah beban dilepaskan, menjadikannya aman untuk digunakan. Oleh karena itu, analisis yang tepat sangat diperlukan untuk menentukan bahan yang sesuai dalam konstruksi rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa. Penggunaan perangkat lunak Autodesk Inventor Student 2024 dalam penelitian ini menawarkan keuntungan dalam merancang dan menganalisis struktur mesin secara virtual, sehingga dapat meminimalkan potensi kesalahan desain dan meningkatkan efisiensi dalam pengembangan mesin penghalus arang. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan tempurung kelapa menjadi briket yang lebih efisien dan andal.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam artikel ini mencakup beberapa tahapan untuk mencapai tujuan analisis kekuatan rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa. Penelitian dimulai dengan proses pemodelan 3D menggunakan software Autodesk Inventor Student 2024, berdasarkan sketsa manual yang sebelumnya telah dibuat. Desain ini meliputi keseluruhan mesin dan rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa. Data material yang digunakan dalam simulasi juga dimasukkan ke dalam software, dengan material yang dipilih sesuai standar pabrikan. Selanjutnya, dilakukan penetapan titik tumpu atau constraints pada rangka untuk mencerminkan kondisi beban yang akan diterima. Beban eksternal atau External Loads kemudian diterapkan pada permukaan tertentu dari model untuk mensimulasikan kondisi kerja yang diinginkan. Proses ini dilanjutkan dengan tahap meshing, di mana geometri model dibagi menjadi elemen-elemen kecil yang akan digunakan dalam perhitungan simulasi. Setelah semua langkah tersebut selesai, simulasi dijalankan untuk mendapatkan data kekuatan rangka, termasuk tegangan (stress), regangan (strain), perpindahan (displacement), dan faktor keamanan (safety factor).



Gambar 1. Desain Mesin Penghalus Arang Tempurung Kelapa
Sumber: Autodesk Inventor Student 2024



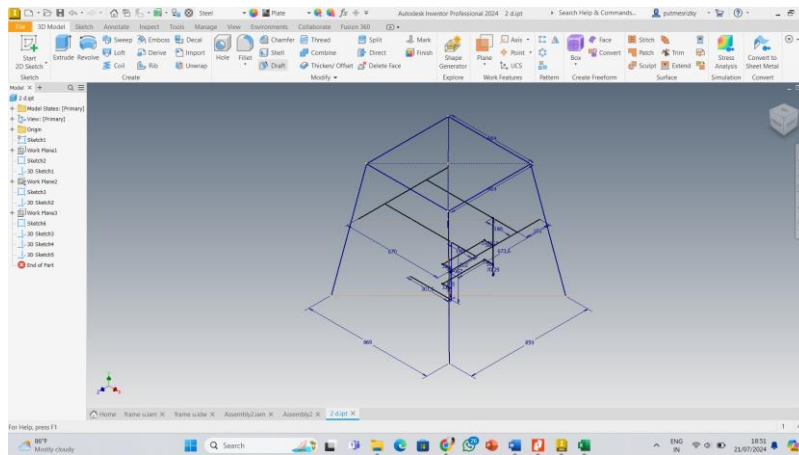
Gambar 2. Desain Rangka Mesin Penghalus Arang Tempurung Kelapa
Sumber: Autodesk Inventor Student 2024

Data dikumpulkan melalui observasi langsung, studi literatur, dan pengukuran dimensi langsung pada mesin. Observasi dilakukan baik secara langsung dengan mengamati objek penelitian, maupun secara tidak langsung dengan bantuan media visual. Studi literatur melibatkan pengumpulan referensi dari berbagai sumber terkait, seperti buku, jurnal, dan laporan penelitian sebelumnya, untuk mendukung analisis. Pengukuran langsung digunakan untuk memperoleh data dimensi yang akurat dari rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa, yang kemudian dimasukkan ke dalam model desain untuk simulasi lebih lanjut. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif, yang menggambarkan hasil simulasi dalam bentuk tabel dan grafik, serta menginterpretasikan nilai tegangan, regangan, perpindahan, dan faktor keamanan yang diperoleh dari simulasi menggunakan software Autodesk Inventor Student 2024. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Desain Politeknik Negeri Bengkalis dari November 2023 hingga Agustus 2024.

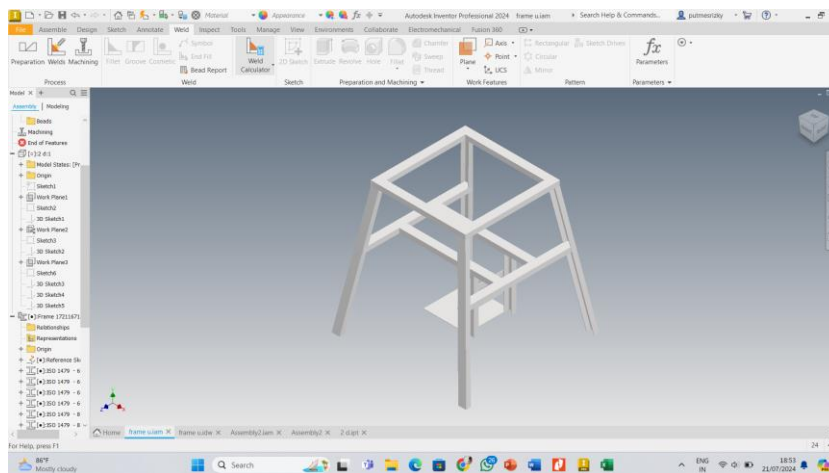
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Permodelan Rangka Mesin Penghalus Arang Tempurung Kelapa

Permodelan ulang rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa dilakukan menggunakan Software Autodesk Inventor Student 2024. Tahapan awal dalam proses ini adalah pengukuran dimensi rangka menggunakan meteran dengan cermat dan teliti untuk memastikan akurasi. Setelah pengukuran, sketsa dua dimensi dari rangka dibuat menggunakan tool Sketch dalam Autodesk Inventor. Sketsa ini kemudian dikembangkan menjadi model tiga dimensi dengan menggunakan tool Insert Frame, yang memungkinkan penggambaran rangka dalam bentuk yang lebih detail dan realistis.



Gambar 3. Desain Sketsa 2 Dimensi



Gambar 4. Tools Insert Frame 3 Dimensi

Kedua gambar di atas menunjukkan sketsa dua dimensi yang digunakan sebagai dasar permodelan, sementara gambar 4. menggambarkan proses input frame tiga dimensi.

Proses Analisa Tegangan

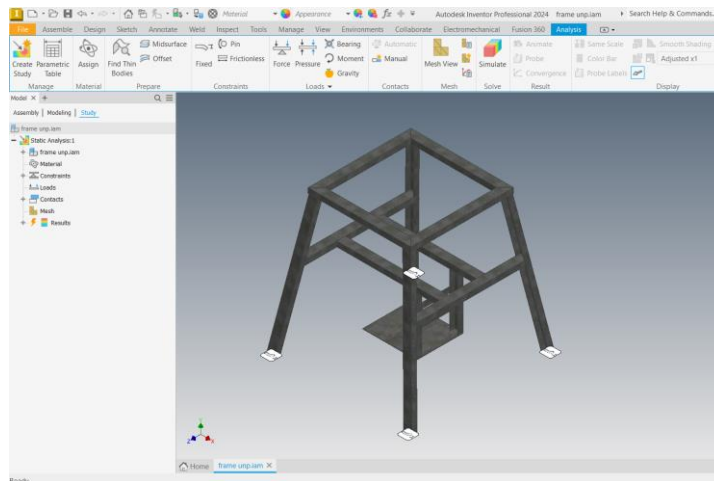
Analisis tegangan dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan rangka mesin menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)* pada *Autodesk Inventor 2024*. Tahapan analisis dimulai dengan menginput data material rangka, yang dalam penelitian ini menggunakan material mild steel. Material ini dipilih karena memiliki sifat mekanik yang baik, seperti modulus elastisitas sebesar 210014 N/mm^2 dan tensile strength sebesar 345 N/mm^2 , yang diharapkan mampu menahan beban yang diterima oleh rangka.

Tabel 1. Spesifikasi Material Mild Steel

No	Property	Value	Units
1	Modulus Elastisitas E	210014	N/mm^2
2	Poission's Ratio	0.3	
3	Shear Modulus	79979	N/mm^2
4	Density	$7.9\text{E-}6$	N/mm^2
5	Yield Strenght	207	N/mm^2
6	Tensile Strenght	345	N/mm^2

Constraints/Titik Tumpu

Pada tahap berikutnya, titik tumpu atau *constraints* diaplikasikan pada model untuk memastikan bahwa rangka memiliki tumpuan yang tetap selama simulasi. Dalam stress analysis pada Autodesk Inventor, digunakan fixed geometry sebagai tumpuan untuk memastikan rangka tidak mengalami pergerakan selama diberi beban.



Gambar 5. Constraints

Eksternal Loads/Input Data Beban

Eksternal loads diterapkan untuk mensimulasikan beban yang akan diterima oleh rangka. Beban ini diinputkan berdasarkan berat komponen-komponen utama mesin, seperti motor listrik, tabung, poros, dan lainnya, dengan total beban mencapai 811 N. Beban ini kemudian dibagi rata pada dua penampang utama rangka, masing-masing menahan beban sebesar 405,5 N.

Tabel 2. Berat Komponen yang Ditopang Rangka

No	Nama	Jumlah	Berat (Kg)	Massa (N)
1	Motor Listrik 1 HP	1	17,9	175,54
2	Tabung dan corong keluar	1	23	225,55
3	Poros	1	2,9	28,43
4	<i>Bearing Housing</i>	2 set	4,6	45,11
5	Mata Pisau	1 set	6	58,83
6	Corong Masuk dan Tutup	1	6	58,83
7	Coupling	1	0,3	2,94
8	Dudukan Bearing	1	2	19,61
9	Kapasitas produksi	1	20	196,13
Jumlah			82,7 Kg	811 N

Meshing

Meshing dilakukan untuk membagi geometri rangka menjadi elemen-elemen kecil yang disebut mesh, yang penting untuk analisis tegangan. Dalam penelitian ini, struktur rangka dibagi menjadi 1.728.449 nodes dan 1.091.342 elemen menggunakan mesh berbentuk segitiga. Proses ini memungkinkan analisis yang lebih akurat pada setiap bagian rangka.

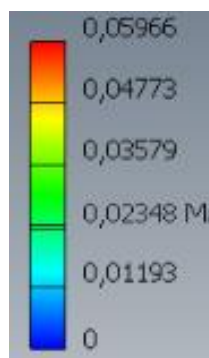
Running Simulation

Setelah semua data dan parameter diinput, simulasi dilakukan untuk menghitung distribusi tegangan pada rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa. Proses ini

menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) yang telah terintegrasi dalam Autodesk Inventor 2024, dan menghasilkan data yang digunakan untuk menilai kekuatan dan kehandalan rangka.

B. Data Analisa Simulasi pada Autodesk Inventor

Simulasi yang dilakukan menggunakan *Autodesk Inventor* menampilkan hasil dengan representasi varian warna. Warna biru menunjukkan nilai tegangan minimum, sedangkan perubahan warna dari hijau, kuning, hingga oranye menunjukkan peningkatan nilai tegangan menuju nilai maksimum, yang ditandai dengan warna merah. Dalam simulasi ini, rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa dianalisis dengan menggunakan tiga jenis profil besi yang berbeda, yaitu kanal *U* (*UNP*), hollow, dan siku (*angle bar*), semuanya menggunakan material mild steel.

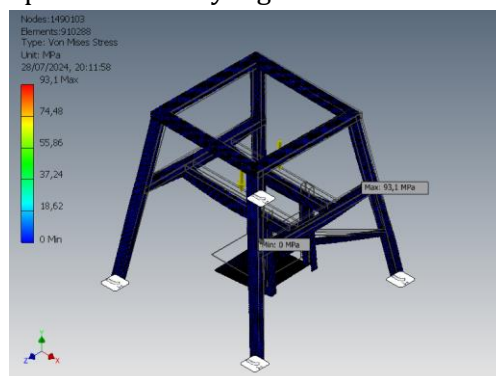


Gambar 6. Ilustrasi Parameter

Data Analisis Von Mises Stress

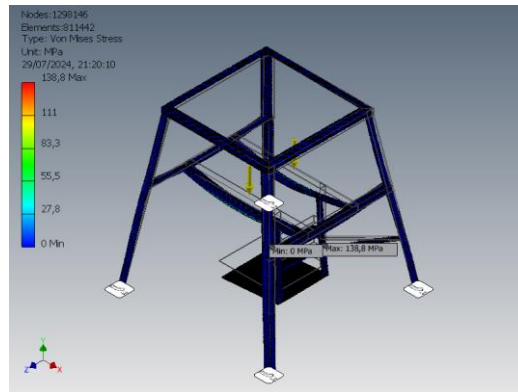
Von Mises stress digunakan untuk menentukan titik di mana material akan mengalami plastisitas atau deformasi permanen, penting dalam mengevaluasi kekuatan dan daya tahan rangka mesin di bawah beban tertentu [Rizawan, F. P., & Istiqlaliyah, H., 2023]. Dalam simulasi ini, distribusi tegangan pada setiap profil besi diukur sebagai berikut:

- **Profil Kanal U** Hasil simulasi menunjukkan distribusi tegangan yang lebih merata, dengan warna merah muncul pada titik-titik yang menerima beban tertinggi.



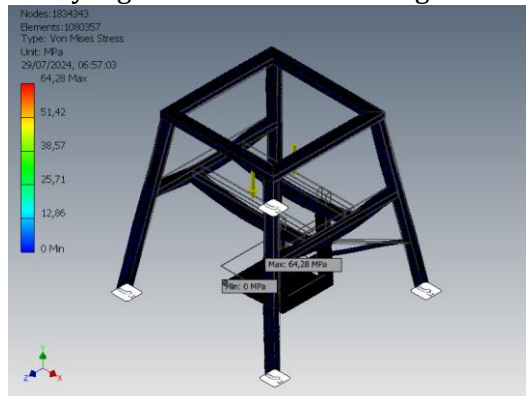
Gambar 7. Stress Profil U

- **Profil Siku (*Angle Bar*):** Profil siku menunjukkan area tegangan maksimum yang lebih tersebar, terutama pada sudut-sudut rangka



Gambar 8. Stress Profil Siku

- **Profil Hollow:** Bentuk hollow memberikan distribusi tegangan yang paling seragam, dengan nilai maksimum yang lebih rendah dibandingkan dengan profil lainnya.

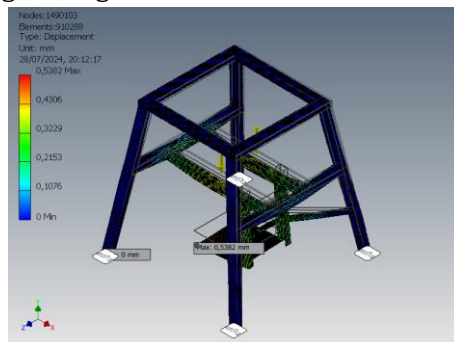


Gambar 9. Stress Profil Hollow

Data Analisis Displacement

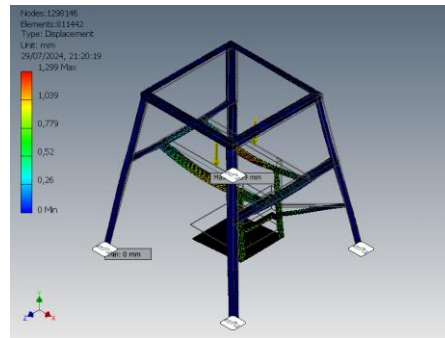
Displacement menunjukkan pergeseran atau perpindahan yang terjadi pada material akibat beban yang diterapkan. Ini merupakan parameter penting untuk menilai umur dan keamanan material dalam konstruksi [Rizawan, F. P., & Istiqlaliyah, H., 2023]. Hasil simulasi displacement untuk ketiga profil besi adalah sebagai berikut:

- **Profil Kanal U** Profil ini menunjukkan pergeseran yang moderat, dengan pergeseran terbesar terjadi di tengah rangka.



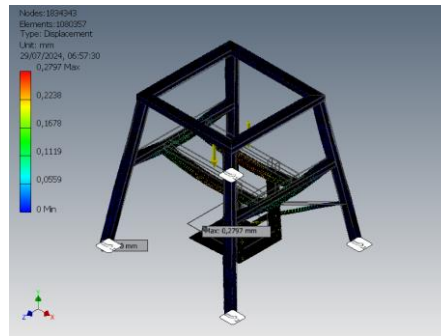
Gambar 10. Displacement Profil Kanal U

- **Profil Siku (Angle Bar):** Pergeseran pada profil siku lebih terlokalisasi di area tertentu, terutama pada titik sambungan.



Gambar 11. *Displacement* Profil Siku

- **Profil Hollow:** Profil hollow memiliki *displacement* terendah, menandakan stabilitas yang lebih baik dibandingkan profil lainnya.

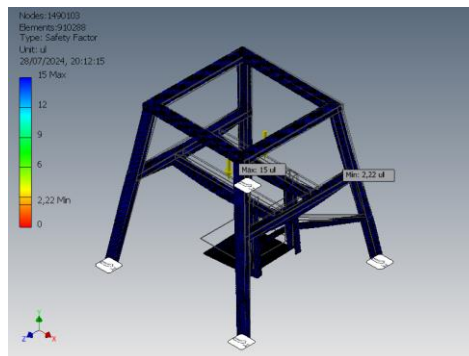


Gambar 12. *Displacement* Profil Hollow

Data Analisis Safety Factor

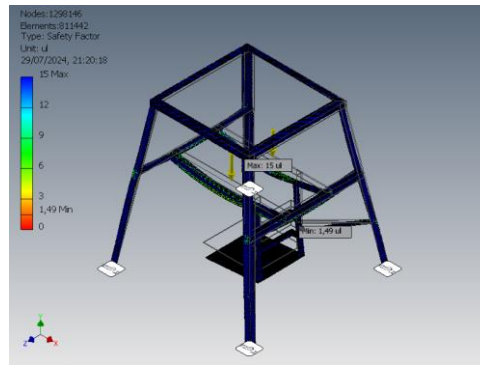
Safety factor merupakan indikator penting untuk memastikan bahwa desain tetap aman bahkan ketika menerima beban yang lebih besar dari yang diperkirakan [Rizawan, F. P., & Istiqlaliyah, H., 2023]. Analisis faktor keamanan untuk setiap profil besi memberikan hasil sebagai berikut:

- Bentuk besi kanal U



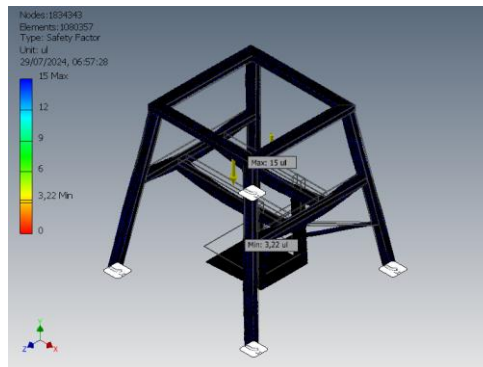
Gambar 13. *Safety Factor* Profil Kanal U

- Bentuk besi siku (*angel bar*)



Gambar 14. *Safety Factor* Profil Siku

c. Bentuk besi *hollow*



Gambar 15. *Safety Faktor* Profil Hollow

C. Data Hasil Simulasi pada Autodesk Inventor

Simulasi Rangka Profil U

Material yang digunakan untuk simulasi rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa dengan profil U adalah mild steel, yang memiliki dimensi panjang 50 mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm, dengan *yield strength* sebesar 207 N/mm² atau 207 MPa. Tabel 4.3 menyajikan hasil simulasi dengan nilai tertinggi yang dicapai.

Tabel 3. Hasil Simulasi Rangka Profil U

No	Item	Value
1	Von Mises Stress	93,0959 MPa
2	Displacement	0,538202 mm
3	Safety Factor	2,22

Simulasi Rangka Profil L

Simulasi rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa dengan profil L juga menggunakan material mild steel, dengan dimensi panjang 30 mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm, serta *yield strength* sebesar 207 N/mm² atau 207 MPa. Tabel 4.4 menampilkan nilai tertinggi yang diperoleh dari simulasi.

Tabel 4. Hasil Simulasi Rangka Profil L

No	Item	Value
1	Von Mises Stress	138,794 MPa
2	Displacement	1,29896 mm
3	Safety Factor	1,49

Simulasi Rangka Profil Hollow

Untuk profil hollow, material yang digunakan tetap mild steel, dengan dimensi panjang 50 mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm, serta yield strength sebesar 207 N/mm² atau 207 MPa. Hasil simulasi dengan nilai tertinggi disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 5. Hasil Simulasi Rangka Profil Hollow

No	Item	Value
1	Von Mises Stress	64,2782 MPa
2	Displacement	0,279745 mm
3	Safety Factor	3,22

Perbandingan Harga Rangka

Dalam pemilihan material rangka untuk konstruksi dan aplikasi industri, perbandingan harga merupakan faktor penting. Pada subbab ini, dibahas perbandingan harga antara rangka profil U, profil L, dan profil hollow. Tabel berikut menunjukkan panjang total rangka yang digunakan dalam mesin penghalus arang tempurung kelapa ini.

Tabel 6. Panjang Rangka

No	Panjang Batang (mm)	Banyak	Jumlah (mm)
1	604	4	2416
2	860	4	3440
3	700	2	1400
4	615	2	1230
5	364	2	728
	Jumlah		9.214

Berdasarkan total panjang rangka sebesar 9.214 mm, dan dengan mempertimbangkan panjang besi yang tersedia di pasaran (6 m/batang), maka diperlukan 1,54 batang atau sekitar 1,5 batang besi untuk membuat rangka ini. Perbandingan harga untuk masing-masing jenis rangka disajikan berikut ini:

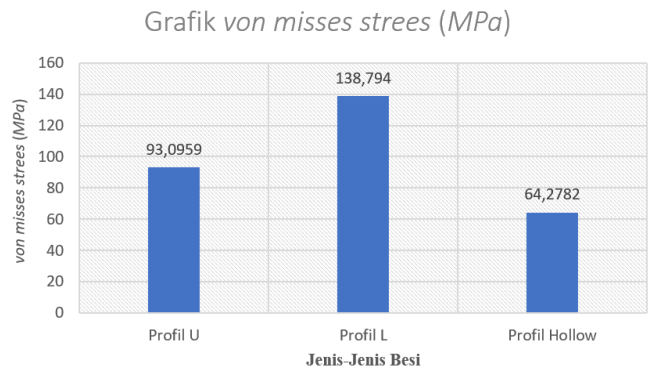
- **Profil U:** Jumlah batang: 1,5 | Harga per batang: Rp.240.000 | Total biaya: Rp.360.000
- **Profil L:** Jumlah batang: 1,5 | Harga per batang: Rp.190.000 | Total biaya: Rp.285.000
- **Profil Hollow:** Jumlah batang: 1,5 | Harga per batang: Rp.380.000 | Total biaya: Rp.570.000

Perbandingan Kekuatan dan Harga Rangka

Perbandingan kekuatan dan harga dari tiga jenis profil rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa ini—profil U, profil L, dan profil Hollow—dilakukan untuk menentukan pilihan material yang optimal berdasarkan kebutuhan struktural dan anggaran proyek.

Perbandingan Tegangan Von Mises

Tegangan Von Mises digunakan untuk mengevaluasi deformasi material di bawah beban. Gambar berikut menunjukkan grafik perbandingan tegangan Von Mises untuk ketiga jenis profil rangka.

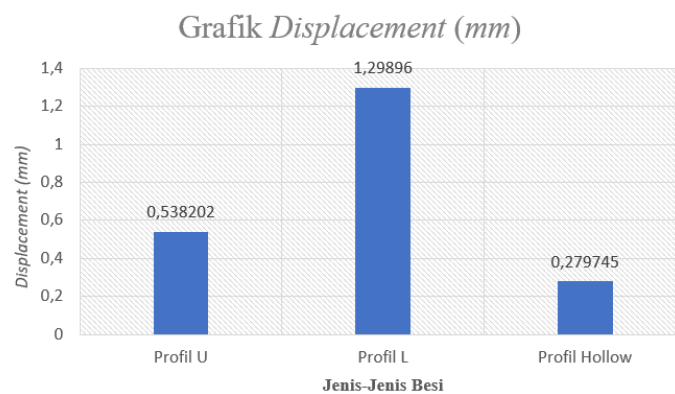


Gambar 16. Grafik Von Mises Stress

Profil U dengan material mild steel menunjukkan tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 93,0959 MPa, profil L sebesar 138,794 MPa, dan profil hollow sebesar 64,2782 MPa.

Perbandingan Displacement

Displacement menunjukkan pergeseran atau perpindahan material akibat beban. Nilai displacement yang lebih rendah menunjukkan material yang lebih kaku. Gambar 17 berikut menunjukkan grafik perbandingan *displacement* untuk ketiga jenis profil rangka.

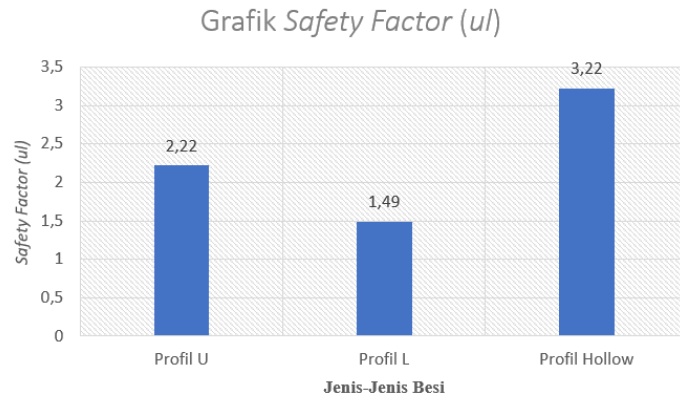


Gambar 17. Grafik Displacement

Profil U memiliki *displacement* maksimum sebesar 0,538202 mm, profil L sebesar 1,29896 mm, dan profil hollow sebesar 0,279745 mm.

Perbandingan Safety Factor

Safety factor merupakan indikator keamanan desain konstruksi. Gambar dibawah ini menunjukkan grafik perbandingan *safety factor* untuk ketiga jenis profil rangka.

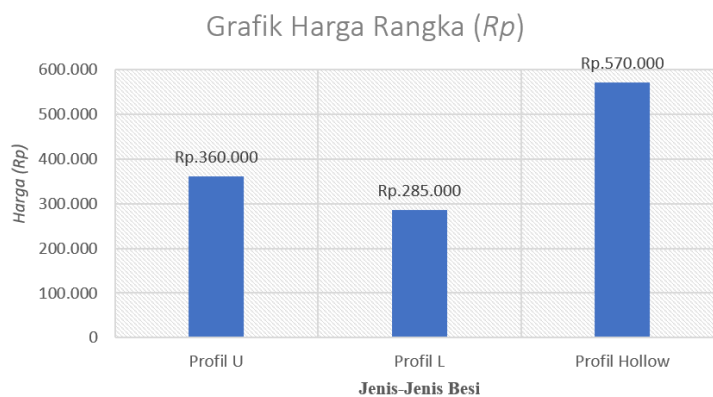


Gambar 18. Grafik Safety Factor

Profil U dan profil hollow menunjukkan safety factor yang aman dengan nilai masing-masing 2,22 dan 3,22, yang melebihi batas minimum 2. Sebaliknya, profil L dengan nilai 1,49 dianggap tidak aman karena berada di bawah batas minimum.

Perbandingan Harga Rangka

Gambar berikut ini menunjukkan perbandingan harga untuk ketiga jenis profil rangka. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa profil hollow memiliki harga tertinggi dibandingkan dengan profil U dan L.



Gambar 19. Grafik Harga Rangka

D. Pembahasan Hasil Simulasi pada Autodesk Inventor

Jenis Besi Profil U

Simulasi menunjukkan bahwa rangka jenis besi profil U dari material mild steel dengan yield strength sebesar 207 N/mm² dan beban 811 N aman digunakan. Nilai tegangan von Mises yang dihasilkan adalah 93,0959 MPa, yang berada di bawah titik elastisitas material, sehingga rangka ini tetap dalam kondisi aman. Selain itu, nilai faktor keamanan (safety factor) adalah 2,22, dan displacement maksimum yang terjadi sebesar 0,538202 mm, menegaskan bahwa profil U merupakan pilihan yang aman untuk digunakan.

Jenis Besi Profil L

Hasil simulasi untuk rangka jenis besi profil L dari material mild steel menunjukkan bahwa pada beban statis, rangka ini aman dengan tegangan von Mises sebesar 138,794 MPa dan

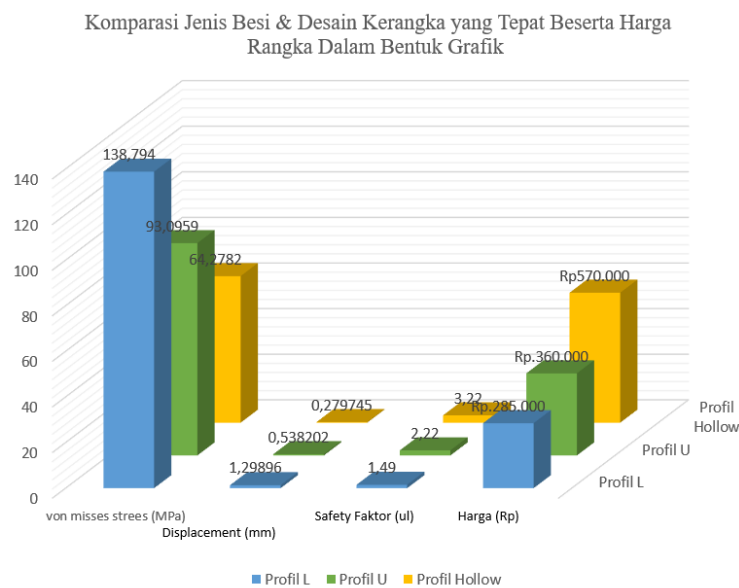
faktor keamanan 1,49. Namun, pada kondisi beban dinamis, profil L tidak dapat dianggap aman karena faktor keamanannya di bawah batas minimum (2), dan displacement maksimum sebesar 1,29896 mm menunjukkan perpindahan yang signifikan. Oleh karena itu, profil L kurang cocok untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap beban dinamis.

Jenis Besi Profil Hollow

Profil hollow dari material mild steel juga diuji, dan hasil simulasi menunjukkan bahwa profil ini aman digunakan, dengan tegangan *von Mises* sebesar 64,2782 MPa dan faktor keamanan yang cukup tinggi, yaitu 3,22. Displacement maksimum yang terjadi adalah 0,279745 mm, yang tergolong kecil, menjadikan profil hollow sebagai pilihan yang sangat aman untuk penggunaan rangka.

Perbandingan Jenis Besi Profil U, Profil L, Profil Hollow dan Biaya

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa profil hollow memiliki keunggulan dari segi tegangan *von Mises*, displacement, dan faktor keamanan. Namun, biaya yang lebih tinggi untuk profil hollow dapat menjadi kendala dalam penerapannya. Sebaliknya, profil U, meskipun memiliki faktor keamanan lebih rendah dari profil hollow, tetap memenuhi syarat keamanan dengan nilai 2,22 dan tegangan *von Mises* sebesar 93,0959 MPa. Ditambah dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan profil hollow, profil U dianggap sebagai pilihan terbaik dari segi kekuatan, keamanan, dan ekonomi untuk digunakan sebagai rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa.



Profil L, dengan faktor keamanan 1,49, tidak memenuhi syarat untuk menahan beban dinamis, menjadikannya kurang aman untuk aplikasi ini. Sedangkan profil U, dengan perpindahan dan biaya yang lebih rendah serta keamanan yang memadai, lebih unggul dibandingkan profil hollow dalam konteks ini. Dengan mempertimbangkan semua faktor tersebut, profil U merupakan pilihan yang lebih efisien dan ekonomis untuk digunakan dalam pembuatan rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa.

E. Perbandingan Nilai Kekuatan Rangka (*Safety Factor*) Simulasi dengan Manual

Perbandingan kekuatan rangka yang dihitung menggunakan metode simulasi komputer dan metode manual merupakan langkah penting dalam mengevaluasi akurasi dan kehandalan hasil yang diperoleh dari simulasi. Hal ini diperlukan untuk memastikan bahwa metode simulasi dapat diandalkan dan relevan ketika diterapkan dalam kondisi nyata. Perbandingan ini disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 7. Perbandingan Nilai *Safety Factor* Simulasi dengan Manual

Data	Hasil		Persentase
	Komputasi	Manual	
<i>Safety Factor</i>	2,22	2,23	1%

Mengacu pada sajian tabel di atas menunjukkan hasil bahwa perbandingan nilai faktor keselamatan (*safety factor*) yang dihitung menggunakan metode simulasi dan perhitungan manual. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa nilai *safety factor* dari metode simulasi adalah 2,22, sedangkan hasil perhitungan manual menunjukkan nilai 2,23. Selisih antara kedua nilai ini hanya sebesar 1%, yang menunjukkan bahwa hasil simulasi sangat mendekati hasil perhitungan manual.

Perbedaan yang sangat kecil antara hasil simulasi dan perhitungan manual ini mengindikasikan bahwa metode simulasi memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan dapat diandalkan untuk evaluasi kekuatan rangka dalam kondisi nyata. Perbedaan 1% ini dapat dianggap tidak signifikan dan tidak berdampak besar terhadap keputusan teknis yang diambil berdasarkan hasil simulasi. Ini menegaskan bahwa simulasi komputer dapat digunakan sebagai alat yang efektif untuk memprediksi performa struktur tanpa perlu bergantung sepenuhnya pada perhitungan manual, terutama ketika mempertimbangkan waktu dan sumber daya yang lebih efisien dalam proses desain dan analisis.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan hasil simulasi yang dilakukan terhadap kekuatan rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa menggunakan software Autodesk Inventor Student 2024, beberapa kesimpulan dapat diambil. Pertama, simulasi dan analisis telah berhasil mengevaluasi kekuatan tegangan (*von Mises stress*), perpindahan (*displacement*), faktor keamanan (*safety factor*), serta biaya (*cost*) dengan menggunakan material yang sama, yaitu *mild steel*. Dari hasil ini, besi hollow terbukti sebagai variasi yang paling kuat dengan *safety factor* sebesar 3,22, lebih tinggi dibandingkan dengan profil U yang memiliki nilai 2,22, dan profil L dengan nilai 1,49. Namun, perlu diperhatikan bahwa besi hollow memiliki biaya yang lebih tinggi, sehingga pemilihan profil harus mempertimbangkan kebutuhan spesifik proyek serta anggaran yang tersedia.

Selanjutnya, besi profil L tidak dapat dianggap aman dari segi keamanan, karena faktor keamanannya hanya mencapai 1,49, sedangkan syarat minimum untuk menahan beban dinamis pada rangka adalah 2. Oleh karena itu, besi profil L tidak layak digunakan sebagai rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa. Di sisi lain, profil U, dengan tegangan Von Mises sebesar 93,0959 MPa, faktor keamanan 2,22, dan *displacement* 0,53 mm, mampu menahan beban statis maupun dinamis dari mesin ini. Dengan kombinasi kekuatan, keamanan, dan biaya yang lebih baik, profil U dinilai sebagai pilihan optimal untuk rangka mesin penghalus arang tempurung kelapa yang kuat, aman, dan ekonomis

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, E. (2011). Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Penelitian Sains*, 25-29.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (Vol. 9, Pp. 409-473). New York: Mcgraw-Hill.
- Dobrovolsky, 1968. *Machine Element*. 2 ed. Moscow: Peace Publishers.
- F. Santoso, (2009) Arang Batok Kelapa Beromzet Miliaran Rupiah, Kompas, <https://nasional.kompas.com/read/2009/11/02/08263735/Arang.Batok.Kelapa.Beromzet.Miliaran>
- Marlina, N., Bakce, D., & Novian, N (2019). Analisis Pendapatan Usahatani Kelapa Di Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Pertanian*, 6, 1-9.
- Nustini, Y., & Allwar, A. (2019). Pemanfaatan limbah tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa dan granular karbon aktif guna meningkatkan kesejahteraan Desa Watuduwur, Bruno, Kabupaten Purworejo.
- Rizawan, F. P., & Istiqlaliyah, H. (2023). Analisa KekuatanRangka Mesin Perajang Lontongan Kerupuk Kapasitas 50 Kg/JamMenggunakan Aplikasi Autodesk Inventor. *INOTEK, Vol.7Agustus 2023*, 865-872.
- Sudiro, & Sugiyanto, D. (2022). Kontruksi Rangka Kendaraan. *Getpress Indonesia*, 5.
- Romansa, Gamayel, A., Saleh1, Y., & Zaenudin1, M. (2023). Simulasi Beban Rangka Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Software Autodesk Inventor. *Vol. 1 No. 1, November 2023, pp. 30-36*, 31-36.
- Tangkuman, S. (2019). *Mekanika Kekuatan Material*. 1-16
- Toteles, A. (2020). Analisis Material Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan Software Autodesk Inventor. 27.
- Wibawa, S. L. (2017). *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Profesional 2017*. Solo: Katta.
- Wijayanto, A., Akbar, A., & Nadliroh, K. (2023). Analisa Kekuatan Rangka Dynotest Menggunakan Autodesk Inventor . *INOTEK Vol.7 Agustus 2023*, 1301-1308.
- Wijayanto, E. (2012). Analisa kekuatan rangka mesin press batako styrofoam dan press botol plastik. 60-62.