

Analisis Kekuatan Rangka Pada Desain Mesin Pencacah Ban Multifungsi dengan menggunakan Metode Finite Element Analysis

Hery Irawan¹, Akhmad Khudaifa Alkhakim², Sukendro Broto Sasongko³

Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Email: hery@itats.a.c.id¹, akmad@gmail.com², Suhendro@itats.ac.id³

ABSTRACT

Environmental pollution from non-biodegradable tire waste has become a serious issue, particularly in Indonesia, where the volume of discarded tires continues to rise. This research focuses on designing and developing a tire shredding machine capable of processing tire waste into rubber granules, thereby minimizing its environmental impact and offering societal benefits. The machine comprises two main components: a sturdy frame and a shredder, both essential for the tire recycling process. Constructed from mild steel with a hollow profile of $50 \times 50 \times 2$ mm, it withstands a load of 1,608.84 N. Designed for ease of use, the machine operates with a 3.7 kW, 220V, 50Hz AC electric motor, which drives the system through a gearbox and chain mechanism. Testing results demonstrate the machine's effectiveness in shredding tires into rubber granules, significantly contributing to waste reduction and environmental conservation. With an efficient design and readily available components, this machine presents a practical and beneficial solution for tire waste management in communities.

Keywords: environmental pollution, tire waste, recycling, tire shredding machine, frame strength analysis, finite element analysis method.

ABSTRAK

Pencemaran lingkungan akibat sampah ban yang sulit terurai secara alami menjadi masalah serius, terutama di Indonesia, yang menghadapi lonjakan jumlah sampah ban yang terus meningkat. Rancangan mesin ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat pencacah ban yang dapat mengubah sampah ban menjadi butiran karet, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan serta memberikan manfaat bagi masyarakat. Alat ini terdiri dari komponen utama, yakni rangka dan pencacah, yang memudahkan proses daur ulang ban. Proses pembuatan alat menggunakan bahan steel mild dengan profil hollow $50 \times 50 \times 2$ mm dan mampu menahan beban hingga 1.608,84 N. Sistem operasional alat ini sederhana dan mudah dioperasikan, dengan motor listrik arus AC 3.7 kW, 220v, dan 50Hz yang menggerakkan mesin melalui gearbox dan rantai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini efektif dalam mencacah ban untuk menjadi butiran karet, berkontribusi dalam mengurangi sampah ban, serta mendukung upaya pelestarian lingkungan. Dengan desain yang efisien dan komponen yang mudah didapat, alat ini diharapkan menjadi solusi praktis dan bermanfaat dalam pengelolaan sampah ban di masyarakat.

Kata Kunci : pencemaran lingkungan, sampah ban, daur ulang, alat pencacah ban, Analisis kekuatan rangka, dan Metode finite element analysis.

PENDAHULUAN

Sampah ban bekas menjadi masalah bagi masyarakat dan lingkungan, terutama di Desa Sambungrejo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sidoarjo, yang masih menghadapi banyaknya sampah ban bekas yang tidak dikelola dengan baik. Diperkirakan jumlah sampah ban bekas di desa

ini akan terus meningkat, seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan seperti motor, mobil, dan sepeda, yang turut berkontribusi pada peningkatan sampah ban bekas.

Ban lama sangat sulit untuk terurai dan bahkan membutuhkan bertahun-tahun untuk terurai. Sampah ban bekas dapat menyebabkan banyak masalah, mencemari lingkungan, dan menciptakan tumpukan besar yang memakan banyak tempat. Membakar ban bekas menimbulkan masalah tambahan, seperti polusi udara, kabut, pengurangan jarak pandang manusia, dan pembentukan gas beracun di atmosfer.

Berdasarkan tegangan luluh, dimungkinkan untuk menghitung kondisi teregulasi dan tegangan kerja dengan pasti (Joseph P. Vidosic, Machine Design):

- 1) $sf = 1,25-1.5$.
- 2) $sf = 1,5-2,0$: bahan yang dikenali, faktor lingkungan, dan tegangan dapat diprediksi dan konstan.
- 3) $sf = 2.0$ hingga 2.5 : bahan yang biasanya berfungsi dalam batas yang telah ditentukan.
- 4) $sf = 2.5-3.0$: materi yang diketahui yang belum diuji. dalam keadaan tegangan dan beban rata-rata.
- 5) $Sf = 3,0$ hingga $4,5$ sf : zat yang diketahui Keadaan lingkungan, stres, dan beban yang tidak pasti.
 - a) Beban reguler : digit 1 hingga 5.
 - b) Jumlah kejutan : 3 hingga 5.
 - c) Bahan Rapuh : 2 kali angka 2 sampai 5.

Oleh karena itu, mesin pencacah ban multifungsi adalah mesin yang digunakan untuk memotong ban lama menjadi potongan-potongan kecil. Rangka mesin adalah bagian penting dari mesin, dan rangka harus mampu menahan beban yang besar selama proses pencacahan.

Mesin pencacah ban bekas adalah salah satu jenis mesin yang banyak digunakan sebagai pelapis jalan. Mesin pecacah ban bekas digunakan untuk mencacah ban bekas untuk didaur ulang sebagai bahan campuran untuk pembuatan aspal jalan raya. Campuran karet ban bekas adalah nol, 0,5%, 1%, dan 1,5%. dari berat campuran agregat. Karet ban bekas tersebut dicampur agregat. panas kemudian ditambahkan aspal.

DASAR TEORI

Melakukan penelitian tentang bagaimana mesin pencacah ban bekas dapat dirancang dan dibuat dengan mempertimbangkan dari aspek ekonomis maupun teknis. Mesin pencacah ban bekas memiliki prinsip kerja sebagai berikut: motor listrik sebagai penggerak mesin, putaran ditransmisikan melalui transmisi sprocket rantai yang dipilih karena beban pencacah. Putaran ini akan memutar poros pisau pencacah untuk melakukan proses pencacahanban. (Maulandkk.,2022).

Untuk memulai penelitian dalam proses desain mesin pencacah, penelitian literatur dilakukan terlebih dahulu untuk menganalisis teknik yang telah dikembangkan sebelumnya. Pada langkah berikutnya, berbagai elemen dipertimbangkan untuk mengevaluasi apa yang diperlukan untuk pengadukan limbah ban bekas. Hasil analisis ini digunakan untuk membuat ide untuk mesin mixer dan memilih beberapa ide. Selanjutnya, perhitungan dimensi dan kekuatan komponen mesin mixer dilakukan. Untuk memastikan kekuatan bagian pengaduk, software digunakan untuk menganalisis tegangan dan pergeseran. Gambar mesin mixer adalah hasil dari proses perancangan ini. (penjadualan flowshop dengan algoritma genetika).

Proses pembuatan rangka pencacah ban adalah sebagai berikut: terlebih dahulu dibuat desain, kemudian beberapa bagian disatukan menjadi satu. Selanjutnya, bagian pendukung lainnya dipasang

pada frame yang sudah dipasang, sehingga rangka dapat digunakan. Desain pencacah ban adalah seperti pada gambar 2.5 di bawah ini: (insinyuramey).

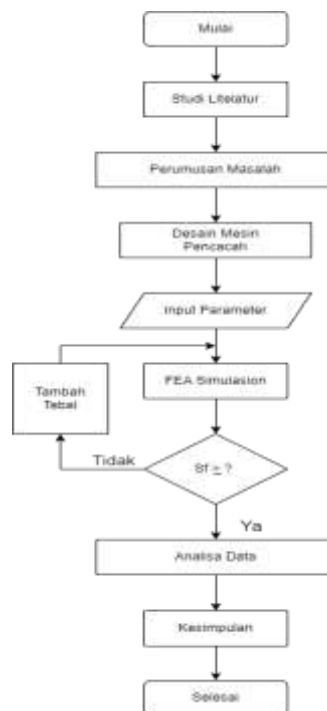
Rumus tegangan prinsipal 2D di atas diturunkan dari persamaan lingkaran Mohr. Lingkaran Mohr adalah representasi grafis dari tegangan pada suatu titik. Pusat lingkaran Mohr adalah tegangan rata-rata, dan jari-jarinya adalah tegangan geser maksimum.

Tegangan prinsipal adalah titik-titik di mana lingkaran Mohr memotong sumbu horizontal. Titik-titik ini sesuai dengan tegangan normal maksimum dan minimum. (numbas.mathcentre)

Tegangan utama 3D memberikan informasi penting tentang kondisi tegangan pada suatu titik dalam benda padat. Nilai tegangan utama maksimum (σ_1) menunjukkan besarnya tegangan tarik maksimum yang bekerja pada titik tersebut, sedangkan nilai tegangan utama minimum (σ_3) menunjukkan besarnya tegangan tekan maksimum yang bekerja pada titik tersebut. (jadhan.lecture).

METODE PENELITIAN

Diagram Alir



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Langkah-langkah penelitian

Dalam desain alat pencacah ban ini terdapat beberapa langkah-langkah pembuatan alat yang meliputi:

1) Studi literature

Langkah ini dilakukan untuk mendukung penelitian yang sedang berjalan seperti buku dan jurnal penelitian sebelumnya.

2) Perumusan masalah

Perumusan masalah terdiri atas latar belakang masalah yang sudah diuraikan pada laporan diatas.

3) Pengumpulan data

Pengumpulan data ini dilakukan dengan simulasi kekuatan rangka mesin menggunakan software Autodesk Inventor Professional 2025.

4) Analisis dan kesimpulan

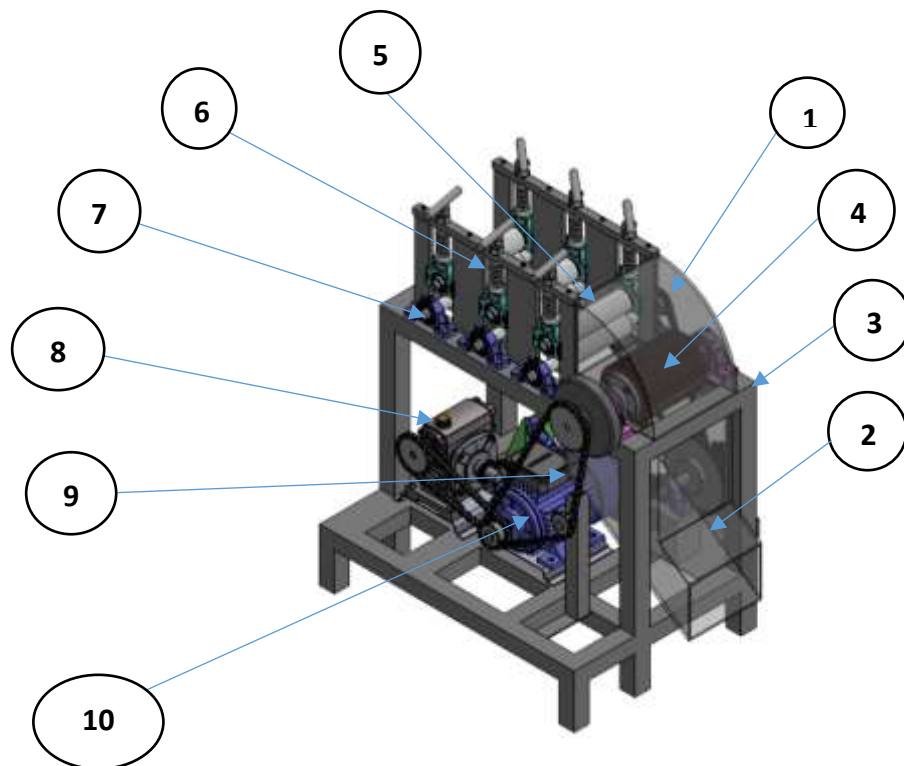
Setelah data yang dibutuhkan sudah diperoleh maka data tersebut akan dikembangkan dan dianalisis kekuatan rangka. Proses ini dilakukan sengan desain terlebih dahulu.

5) Alat Uji

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengurangi sampah ban di berbagai lokasi karena sampah ban sulit terurai. Mesin ini dirancang untuk menangani sampah ban yang sangat besar dan menjadikannya sampah ban yang dapat didaur ulang.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Proses simulasi pembebanan pada desain mesin pencacah ban menggunakan Autodesk Inventor Professional 2025.



Gambar 2 Mesin pencacah ban 3D

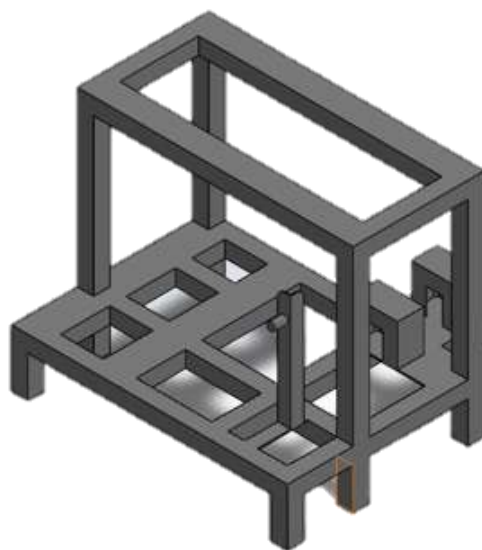
komponen-komponen yang digunakan dalam pembuaan mesin pencacah ban multifungsi, sebagai berikut :

1. Cover atas
2. Cover Output bawah
3. Rangka pencacah
4. Pisau
5. Roll
6. Spring
7. Pillow Block
8. Gear Box 1/60
9. Rantai
10. Motor 5,5 Pk

Rangka body pencacah ban multifungsi



GAMBAR 3 MESIN PENCACAH BAN 2D



GAMBAR 4 RANGKA MESIN PENCACAH BAN

- 1) Panjang : 840 mm
- 2) Lebar : 740 mm
- 3) Tinggi : 700 mm

Force

Menentukan force

Struktur rangka alat ini dibebani oleh beberapa buah gaya yang bekerja. Jenis-jenis ini adalah sebagai berikut :

a. Gaya gravitasi

Pembebanan gaya gravitasi pada metode finite element analysis berfungsi untuk menentukan titik berat pada rangka. Nilai yang digunakan adalah 9810 mm/s^2 atau 9.81 m/s^2 . Fungsi lain dari pembebanan gravitasi tersebut selain sebagai menentukan posisi titik berat rangka adalah juga untuk menentukan gaya berat yang terjadi pada rangka.

b. Beban pada Force 1

Massa yang di gunakan pada *Force 1* Roll Atas 18Kg, Roll Bawah 24kg, Pillow Block 14kg, Spring 12kg, Pisau 15kg, Sprocket z14 3kg, Cover Atas 3kg, Cover Output Bawah 5kg, 10kg (Max Ban), dan asumsi pembebanan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$. sehingga beban pada rangka adalah :

$$\begin{aligned} \text{➤ Force 1} &= 18\text{kg (Roll Atas)} + 24\text{kg (Roll Bawah)} + 14\text{kg (Pillow Block)} + 12\text{kg (Spring)} \\ &+ 15\text{kg (Pisau)} + 3\text{kg (Sprocket z14)} + 3\text{kg (Body Atas)} + 5\text{kg (Body Bawah)} + 10\text{kg (Max Ban)} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\ &= \mathbf{1.020,24 \text{ N}} \end{aligned}$$

c. Beban pada *Force 2*

Massa yang di gunakan pada *Force 2* Motor 35Kg, Gear Box 9kg, Cover Crown 3kg, Crown Gear 2kg, Sprocket z24 2kg, dan asumsi pembebanan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$. sehingga beban pada rangka adalah :

$$\begin{aligned} \text{➤ Force 2} &= 35\text{kg (Motor)} + 9\text{kg (Gear Box)} + 3\text{kg (Cover Crown)} + 2\text{kg (Crown Gear)} \\ &+ 2\text{kg (Sprocket z24)} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\ &= \mathbf{500,31 \text{ N}} \end{aligned}$$

d. Beban pada *Force 3*

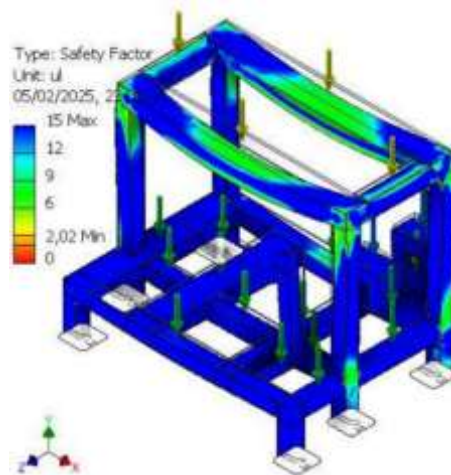
Massa yang di gunakan pada *Force 3* Pillow Block 2Kg, Sprocket z50 6kg, Dan Sprocket z14 1kg asumsi pembebanan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$. Sehingga beban pada rangka adalah :

$$\begin{aligned} \text{➤ Force 3} &= 2\text{kg (Pillow Block)} + 6\text{kg (Sprocket z50)} + 1\text{kg (Sprocket z14)} \times \\ &9.81 \text{ m/s}^2 \\ &= \mathbf{88,29 \text{ N}} \end{aligned}$$

Load Type	Force 1	Force 2	Force 3
Magnitude	102024,000 N	50031,000 N	8829,000 N
Vector X	0,000 N	0,000 N	-0,000 N
Vector Y	-102024,000 N	-50031,000 N	-8829,000 N
Vector Z	-0,000 N	-0,000 N	-0,000 N

Mild Steel

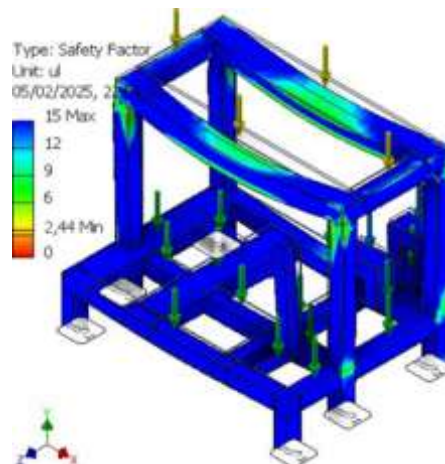
Berdasarkan hasil simulasi menggunakan software Autodeks Inventor Professional 2025 tegangan von mises maksimum didaerah las pada mesin, Displacement maksimum mesin, safety factor minimum didaerah las mesin. Agar simulasi lebih akurat pada bagian yang kritis, perlu dilakukan control mesh menggunakan fitur mesh view pada software Autodeks Inventor. Hasil simulasi tegangan von mises, displacement, dan safety factor ditunjukkan pada gambar 4.11-4.15. Safety factor minimum berada pada mesin sebesar 2,02 ul. Secara rinci hasil simulasi stress analisis ditunjukkan pada tabel Result Summary.



GAMBAR 5 SAFETY FACTOR

Stainless Steel

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2025* tegangan *von mises* maksimum di daerah las pada mesin, *Displacement* maksimum mesin, *safety factor* minimum di daerah las mesin. Agar simulasi lebih akurat pada bagian yang kritis, perlu dilakukan *control mesh* menggunakan fitur *mesh view* pada *software Autodesk Inventor*. Hasil simulasi tegangan *von mises*, *displacement*, dan *safety factor* ditunjukkan pada gambar 4.11-4.15. *Safety factor* minimum berada pada mesin sebesar 2,44 ul. Secara rinci hasil simulasi stress analisis ditunjukkan pada tabel *Result Summary*.



GAMBAR 6 SAFETY FACTOR

$sf = 2.0$ hingga 2.5 : bahan yang biasanya berfungsi dalam batas yang telah ditentukan.

Rumus faktor keamanan untuk material ulet Faktor keamanan = Kekuatan luluh / Tegangan kerja.

Kesimpulan

Mesin pencacah ban multifungsi dirancang dengan ukuran panjang 840mm, lebar 740mm, dan tinggi 700mm, menggunakan material mild steel dengan ukuran holo 50mm x 50mm x 2mm. Berdasarkan simulasi beban dengan force 1 sebesar 1.020,24 N, force 2 sebesar 500,31 N, dan force 3 sebesar 88,29 N, hasil analisis menunjukkan bahwa kedua material (mild steel dan stainless steel) memenuhi syarat keselamatan dengan *safety factor* maksimal 15. Nilai *safety factor* untuk mild steel adalah 2,04 dan

untuk stainless steel adalah 2,44, yang menunjukkan bahwa rangka mesin aman dan berfungsi dengan baik dalam batas yang telah ditentukan, dengan beban dinamis yang aman antara 2 hingga 3.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anggi sulistiana (2012). (Proses Pembuatan Dan Perakitan Mesin Pencacah Karet Ban Bekas Dengan Kapasitas 24 Kg/Jam) Teknik Mesin Itenas Bandung.
2. Reska Damayanthi dan Retno Martini, 2010. (Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas Menggunakan Katalis Zeolit Y Dan Zsm-5). Laporan Tugas akhir Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
3. Shihombing, T. 2022. 7 Jenis Ban dan Pakai Sesuai Kebutuhan terdapat pada: <https://moladin.com/blog/jenis-ban-mobil/>. Diakses tanggal 28 Desember 2022.
4. Kuliah, M. (2018). Perilaku Material Baja dan Konsep Perencanaan Struktur Baja. In Perancangan Struktur Baja.
5. Marshek. (2006). FAKTOR KEAMANAN (Safety Factor). 1–10.
6. Pencacah, D. A. N., Dengan, J., Zany, H. F., Mesin, J. T., & Industri, F. T. (2020). No Title.
7. Sularso dan Suga. 2004. Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin. Edisi 11. PT. Pradnya Paramita. Jakarta-Indonesia.
8. Roma. 2022. 20 Contoh Kerajinan Dari Ban Bekas dan Cara Pembuatannya. Terdapat pada: <https://www.romadecade.org/kerajinan-dari-ban-bekas/#!>. Diakses tanggal: 10 Februari 2023.
9. Mott, R. I. 2004 Elemen-Elemen Mesin dalam Perencanaan Mekanis 1. Yogyakarta: Penerbit Andi Yogyakarta.