



Evaluasi Kekuatan dan Keandalan Frame Table Molding Handle Rem dengan Simulasi Finite Element Analysis (FEA)

Reson Wibowo ¹, Rai Hutama Rizky ², Nurjaya ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen01649@unpam.ac.id ¹, hutamarizkyray@gmail.com ², dosen02188@unpam.ac.id ³

Masuk : 5 September 2024

Direvisi: 20 Oktober 2024

Disetujui: 30 Oktober 2024

Abstract: The frame table molding on the brake handle must have sufficient resistance to withstand operational loads without excessive deformation or structural failure. Therefore, evaluation of tension, strain, and safety factors is essential to know the extent of the material's strength limits in the face of loads. In this study, the Finite Element Analysis (FEA) method was used to analyze the strength, tension, strain, and safety factors of the frame table molding handle brake against load variations of 15 kg, 19 kg, and 23 kg. The material used is AISI 301 steel with a thickness of 1.2 mm. The simulation results show that the maximum stress that occurs at a load of 23 kg is 11,315 N/m², which is still far below the tensile strength of hollow material of 250 MPa, so the design can be categorized as safe. The maximum strain was recorded at a load of 23 kg of 6×10^{-4} mm, while the minimum strain at a load of 15 kg was 4×10^{-4} mm. The safety factor obtained ranged from 1.4 at a 15 kg load to 2.2 at a 23 kg load, with an increase of 0.5 between a 19 kg and 23 kg load. The results of this study prove that the design of the frame table molding brake handle is still within safe limits and is able to work optimally according to the operational load given.

Keywords: Frame Table Molding Handle Brake, Stress, Strain, Safety Factor.

Abstrak: Frame table molding pada handle rem harus memiliki ketahanan yang cukup untuk menahan beban operasional tanpa mengalami deformasi berlebihan atau kegagalan struktural. Oleh karena itu, evaluasi terhadap tegangan, regangan, dan faktor keamanan sangat penting untuk mengetahui sejauh mana batas kekuatan material dalam menghadapi beban. Dalam penelitian ini, metode Finite Element Analysis (FEA) digunakan untuk menganalisis kekuatan, tegangan, regangan, serta faktor keamanan frame table molding handle rem terhadap variasi beban sebesar 15 kg, 19 kg, dan 23 kg. Material yang digunakan adalah baja AISI 301 dengan ketebalan 1,2 mm. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada beban 23 kg adalah 11,315 N/m², yang masih berada jauh di bawah kekuatan tarik material hollow sebesar 250 MPa, sehingga desain dapat dikategorikan aman. Regangan maksimum tercatat pada beban 23 kg sebesar 6×10^{-4} mm, sedangkan regangan minimum pada beban 15 kg adalah 4×10^{-4} mm. Faktor keamanan yang diperoleh berkisar antara 1,4 pada beban 15 kg hingga 2,2 pada beban 23 kg, dengan peningkatan sebesar 0,5 antara beban 19 kg dan 23 kg. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa desain frame table molding handle rem masih dalam batas aman dan mampu bekerja secara optimal sesuai dengan beban operasional yang diberikan.

Kata kunci: Frame Table Molding Handle Rem, Tegangan, Regangan, Safety Factor.

PENDAHULUAN

Universitas Pamulang merupakan lembaga pendidikan yang berkembang pesat, baik dari segi sarana maupun prasarana. Saat ini, gedung Fakultas Teknik Mesin sedang mengalami renovasi struktural untuk meningkatkan fasilitas akademik dan mendukung kegiatan mahasiswa. Dengan perkembangan tersebut, Universitas Pamulang terus berupaya menyediakan lingkungan kampus yang nyaman dan fasilitas yang memadai. Salah satu fasilitas penting dalam menunjang pembelajaran di Fakultas Teknik Mesin adalah Laboratorium Mesin. Namun, kurangnya mesin molding di laboratorium tersebut menyebabkan keterbatasan dalam pemahaman mahasiswa mengenai proses molding. Untuk meningkatkan wawasan dan pengalaman mahasiswa dalam bidang ini, dibutuhkan sebuah mesin *molding* yang dilengkapi dengan sistem pneumatik [1].

Seiring dengan kemajuan teknologi, pembangunan mesin molding menjadi solusi yang efektif dalam memberikan pemahaman praktis kepada mahasiswa. Dalam perancangan mesin ini, aspek utama yang harus diperhatikan adalah struktur rangka. Proses pembuatan rangka harus didasarkan pada penelitian yang mencakup pemilihan material, penentuan dimensi rangka, serta analisis kekuatan dan ketahanannya terhadap beban operasional. Kualitas rangka sangat dipengaruhi oleh proses perancangannya, sehingga desain harus dibuat secara teliti sebelum masuk ke tahap produksi [2]. Ketahanan rangka berperan penting dalam memastikan kinerja optimal alat yang digunakan.

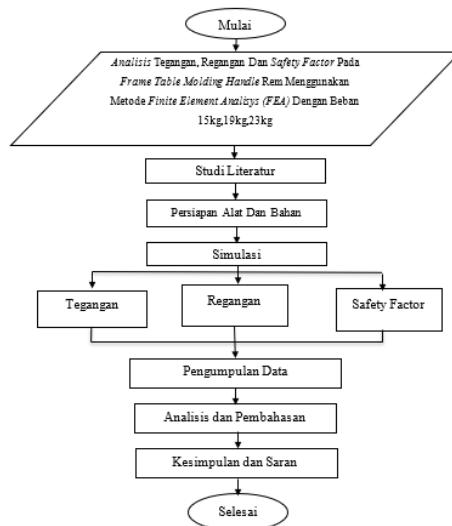
Handle rem merupakan komponen penting dalam sistem pengereman kendaraan yang berfungsi meneruskan tekanan dari piston ke kaliper rem, sehingga kendaraan dapat berhenti dengan efektif. Aluminium menjadi material utama handle rem karena ringan, tahan korosi, dan memiliki sifat mekanik yang baik. Posisi pemasangan handle rem berbeda tergantung jenis kendaraan, seperti pada motor sport yang menggunakan handle rem di kanan untuk rem depan, sedangkan motor matic memiliki dua handle untuk pengereman roda depan dan belakang [3].

Mold adalah cetakan yang digunakan dalam proses pengecoran untuk membentuk logam cair menjadi benda padat dengan bentuk presisi, menggunakan rongga dengan kontur khusus dan material yang disesuaikan jenis casting. Beberapa bahan umum yang digunakan untuk mold yaitu pasir, logam, keramik, dan bahan lainnya seperti grafit atau material komposit, yang digunakan untuk aplikasi pengecoran khusus. Mold dapat dilengkapi inti (core) untuk menghasilkan rongga internal pada benda cor yang kompleks. Pemilihan jenis mold yang tepat berpengaruh pada kualitas hasil pengecoran, efisiensi proses, dan biaya produksi [4].

Dalam perancangan mesin molding, pemilihan material rangka sangat penting, salah satunya adalah baja tahan karat (stainless steel). Material ini mengandung minimal 11,5% kromium yang membentuk lapisan pasif pelindung terhadap korosi, tahan air dan udara, serta dapat memperbaiki diri melalui proses pasivasi jika tergores. Penambahan unsur seperti nikel, karbon, dan mangan juga mampu meningkatkan sifat mekanik baja tahan karat, sehingga ideal untuk rangka mesin molding yang membutuhkan kekuatan, ketahanan, dan durabilitas tinggi terhadap kondisi operasional laboratorium [5].

METODOLOGI

Penelitian ini menganalisis tegangan, regangan, dan safety factor pada frame table molding handle rem menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) dengan variasi beban 15 kg, 19 kg, dan 23 kg. Diagram dimulai dari studi literatur, persiapan alat dan bahan, kemudian dilakukan simulasi untuk mengukur tegangan, regangan, dan safety factor. Data dari simulasi kemudian dikumpulkan, dianalisis dan dibahas hingga akhirnya menghasilkan kesimpulan dan saran sebelum proses dinyatakan selesai.

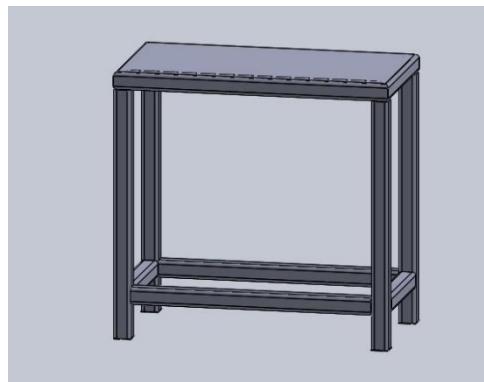


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, Laboratorium Teknik Mesin Universitas Pamulang dipilih sebagai lokasi penelitian. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan peralatan yang memadai dan lengkap untuk mendukung proses penelitian. Selain itu, laboratorium ini juga memiliki fasilitas yang sesuai dengan kebutuhan penelitian, sehingga memungkinkan pelaksanaan eksperimen dan pengumpulan data secara optimal.

Fokus utama penelitian ini adalah menganalisis dimensi dan kekuatan yang diperlukan untuk frame table molding handle rem agar memiliki struktur yang kuat dan aman. Adapun langkah-langkah metode penelitian yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Dimensi dan Kekuatan Struktur untuk menentukan spesifikasi optimal frame table molding handle rem menggunakan hollow 4x4 ketebalan 1.2 mm agar aman menahan beban.
2. Analisis Kekuatan Sambungan Las dengan mengevaluasi kekuatan sambungan untuk memastikan stabilitas struktur rangka.
3. Evaluasi Safety Factor Sambungan Las guna memastikan keamanan dan keandalan sambungan dalam penggunaan jangka panjang.
4. Desain Frame Table Molding Handle Rem berdasarkan aspek kekuatan, keamanan, efisiensi material, serta mempertimbangkan faktor teknis dan fungsional.



Gambar 2. Desain *Frame Table Molding Handle Rem*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan dan keamanan sambungan pengelasan pada rangka meja cetakan (frame table molding) untuk handle rem yang menggunakan material hollow baja berukuran 4x4 cm dengan ketebalan 1.4 mm. Analisis ini dilakukan untuk memastikan bahwa sambungan las yang digunakan dapat menopang beban kerja yang diberikan serta memenuhi standar keamanan yang diperlukan.



Gambar 3. Desain *Frame Table Molding Handle Rem*

Parameter yang digunakan dalam perhitungan kekuatan dan keamanan sambungan pengelasan yang diperlukan untuk *frame table molding handle rem* diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Simulasi *Displacement*

Keterangan	Ukuran (mm)
Panjang	600
Lebar	300
Tinggi	600
Ketebalan	1,4
Dimensi Siku	4x4

Gaya yang bekerja pada *frame table molding handle* rem tergantung pada beberapa faktor, termasuk jenis dan ukuran sampah yang dibakar, serta desain dan pengoperasian *molding handle* rem. Dalam perhitungan, nilai percepatan gravitasi g diambil sebesar 10 m/s^2 , yang merupakan standar nilai percepatan gravitasi di permukaan bumi. Dengan demikian, hasil perhitungan gaya (F) dinyatakan dalam satuan Newton (N), yang merupakan satuan untuk gaya.

Perhitungan pada beban 15 kg

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ F &= 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ F &= 150 \text{ (N)} \end{aligned}$$

Perhitungan pada beban 19 kg

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ F &= 19 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ F &= 190 \text{ (N)} \end{aligned}$$

Perhitungan pada beban 23 kg

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ F &= 23 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ F &= 230 \text{ (N)} \end{aligned}$$

Luas penampang *frame table molding handle* rem sangat bervariasi tergantung pada desain dan bentuk *frame table* tersebut. Secara umum, luas penampang *frame table* dapat dihitung dengan mengukur area melintang tegangan gesernya akan dihitung. Besaran l adalah lebar *frame table* sebesar 600 mm (0,6 m) dan besaran p adalah panjang *frame table* sebesar 600 mm (0,5 m). Luas penampang *frame table* adalah:

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ A &= 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \\ A &= 0,36 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan luas penampang *frame table* adalah $0,36 \text{ m}^2$.

Untuk menghitung tegangan geser pada *frame table molding*, dapat digunakan persamaan tegangan geser dengan variasi gaya sebagai berikut:

Perhitungan pada gaya 150 N

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F}{A} \\ \tau &= \frac{150}{0,36} \\ \tau &= 416,7 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan pada gaya 190 N

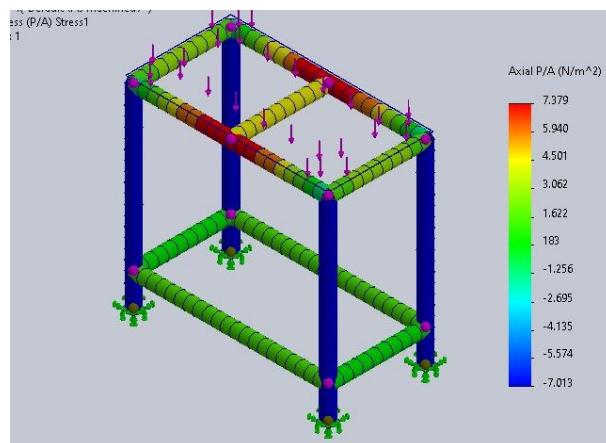
$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F}{A} \\ \tau &= \frac{190}{0,36} \\ \tau &= 527,7 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan pada gaya 230 N

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F}{A} \\ \tau &= \frac{230}{0,36} \\ \tau &= 638,9 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, semakin besar gaya yang diterapkan pada *frame table molding handle* rem, semakin tinggi pula nilai tegangan geser yang terjadi. Tegangan geser terbesar diperoleh pada gaya 230 N sebesar $638,9 \text{ N/m}^2$, sedangkan tegangan terkecil terdapat pada gaya 150 N sebesar $416,7 \text{ N/m}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan beban secara langsung meningkatkan tegangan geser pada struktur *frame table*, sehingga desain rangka harus mempertimbangkan nilai tegangan geser maksimal untuk menjamin keamanan dan daya tahan selama proses molding berlangsung.

Simulasi Tegangan Dengan Beban 15 Kg



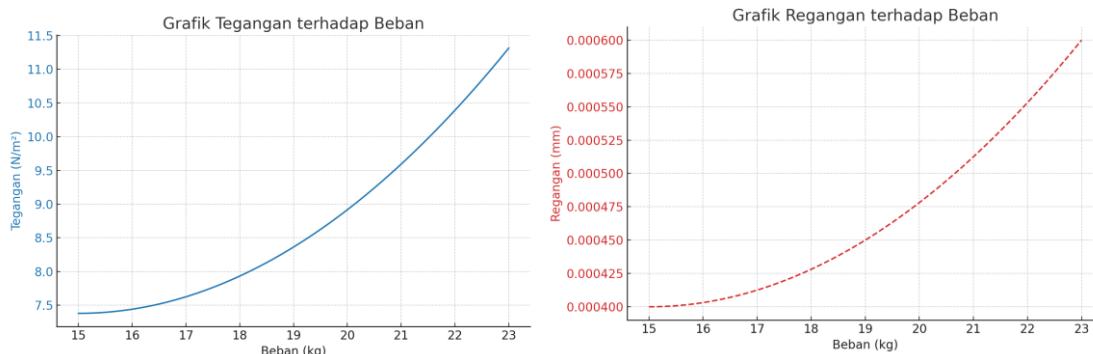
Gambar 4. Hasil simulasi tegangan dengan beban 15 Kg

Pada simulasi tegangan pada *frame table molding handle* rem dengan beban 15 kg, analisis menunjukkan bahwa distribusi tegangan bervariasi di seluruh komponen. Nilai tegangan tertinggi, yang ditandai dengan warna merah, mencapai $7,38 \text{ N/m}^2$, untuk tegangan terendah, yang ditandai dengan warna biru muda,

adalah $4,135 \text{ N/m}^2$. Jika dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik (*yield strength*) bahan *hollow* berukuran 4×4 , yang adalah 250 MPa, hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi jauh di bawah batas kekuatan material. Dengan demikian, desain *frame* tersebut dapat dianggap aman karena tegangan yang dihasilkan oleh beban 15 kg berada dalam batas aman dan tidak melebihi kekuatan tarik material. Pada intinya analisis ini memastikan bahwa *frame table handle* rem akan berfungsi dengan baik tanpa risiko kegagalan struktural di bawah beban yang diberikan. Tabel 2 merupakan hasil simulasi tegangan dengan beban 15 kg.

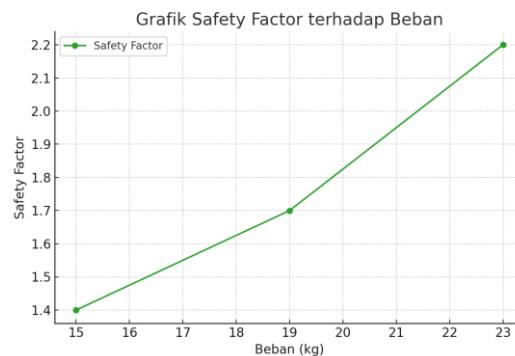
Tabel 2. Hasil simulasi tegangan beban 15 kg

No	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
1	$4,135 \text{ N/m}^2$	$7,38 \text{ N/m}^2$



Gambar 5. Grafik Tegangan dan Regangan terhadap Beban

Pada *frame table molding handle rem*, nilai tegangan tertinggi terjadi pada beban 23 kg dengan besaran $11,315 \text{ N/m}^2$, sementara nilai tegangan terendah tercatat pada beban 15 kg, yaitu $7,38 \text{ N/m}^2$. Jika dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik (*yield strength*) material *hollow* berukuran 4×4 , yang mencapai 250 MPa, tegangan maksimum yang terjadi pada beban 23 kg masih jauh di bawah batas kekuatan tarik material. Hal ini menunjukkan bahwa desain *frame* telah dirancang dengan baik dan tetap berada dalam batas aman, bahkan ketika beban meningkat hingga 23 kg. Dari segi regangan, nilai regangan terendah tercatat pada beban 15 kg, yaitu $4 \times 10^{-4} \text{ mm}$, yang menunjukkan bahwa deformasi pada kondisi ini sangat minimal. Sebaliknya, nilai regangan tertinggi terjadi pada beban 23 kg dengan besaran $6 \times 10^{-4} \text{ mm}$, mengindikasikan adanya peningkatan deformasi yang signifikan seiring dengan bertambahnya beban. Dengan demikian, meskipun terjadi peningkatan tegangan dan regangan seiring bertambahnya beban, nilai-nilai tersebut masih berada dalam batas aman bagi material yang digunakan.



Gambar 6. Grafik Safety Factor terhadap Beban

Hasil simulasi safety factor pada *frame table molding handle rem* menunjukkan bahwa grafik nilai safety factor cenderung stabil dengan variasi yang terukur pada berbagai beban. Pada beban 15 kg, nilai safety factor terendah tercatat sebesar 1,4. Sementara itu, pada beban 23 kg, nilai safety factor mencapai angka tertinggi, yaitu 2,2. Untuk beban 19 kg, safety factor berada pada angka 1,7. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara beban 19 kg dan 23 kg, dengan peningkatan nilai safety factor sebesar 0,5. Hal ini mengindikasikan bahwa seiring bertambahnya beban, safety factor juga mengalami peningkatan secara proporsional. Peningkatan ini menunjukkan bahwa struktur *frame* memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan beban tambahan tanpa mengalami kegagalan, sehingga tetap berada dalam batas keamanan material yang digunakan.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan analisis tegangan dan regangan, desain *frame table molding* handle rem masih dalam batas aman, dengan tegangan maksimum jauh di bawah kekuatan tarik material serta deformasi minimal.
2. Hasil simulasi *safety factor* juga menunjukkan bahwa struktur frame memiliki kapasitas keamanan yang memadai, bahkan semakin meningkat seiring bertambahnya beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Meliniar, "Inovasi Design dan Perancangan Sistem Pneumatic Gripper Pick and Place Otomatis Sebagai Alat Handling dan Sortir Kualitas Biskuit pada Line Production Malkist," [sn], 2023.
- [2] E. K. Laksanawti, E. Efrizal, and D. A. Kusuma, "Perancangan Conveyor Pada Mesin Pembuat Mie Otomatis," *Mot. Bakar J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, p. 28, 2022.
- [3] P. H. Setyarini, W. Suprapto, and D. K. RP, "Kekuatan Tarik dan Porositas Handle Rem Hasil Proses Pengecoran Ulang Material Daur Ulang Piston Dengan Variasi Temperatur Preheating Cetakan," in *Prosiding SNST ke-10*, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, 2019, pp. 52–58.
- [4] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, 4th ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [5] R. H. N. Safitri, "Analisa Sensitivitas Pada Baja Tahan Karat Tipe AISI 304 Menggunakan Laku Panas Normalizing Dengan Variasi Waktu Penahanan," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.