

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Lidi Kelapa Sawit

Lidi sawit limbah dari industri kelapa sawit selama ini seringkali dianggap sebagai bahan buangan yang kurang bernilai. Namun jika dilihat lebih dekat lidi sawit memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif yang ramah lingkungan. Serat-serat alami pada lidi sawit membuatnya kuat, fleksibel, dan tahan lama. Sifat-sifat ini membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi mulai dari kerajinan tangan hingga bahan bangunan. Dengan mengolah lidi sawit menjadi produk-produk yang bernilai tambah kita tidak hanya mengurangi *volume* limbah tetapi juga menciptakan peluang ekonomi baru khususnya bagi masyarakat di sekitar perkebunan kelapa sawit. Lidi kelapa sawit bisa dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Lidi Kelapa Sawit
(Dokumentasi pribadi)

2.2. Autodesk Inventor Professional 2024

Autodesk inventor professional 2024 adalah perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) yang memiliki kemampuan untuk melakukan pemodelan tiga dimensi solid yang mendukung proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, simulasi, serta penyusunan dokumentasi data. Dalam aplikasi ini seorang desainer dapat membuat sketsa 2D dari produk kemudian mengubahnya menjadi model 3D yang dapat digunakan untuk pembuatan prototipe visual atau bahkan untuk simulasi yang lebih kompleks. *Autodesk inventor* yang dikembangkan oleh *autodesk* sebuah perusahaan perangkat lunak yang berpusat di Amerika Serikat merupakan alat CAD mekanik untuk desain 3D yang memungkinkan pembuatan prototipe digital 3D dalam proses desain. *Autodesk inventor professional 2024* bisa dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Autodesk Inventor Professional 2024
(Dokumentasi pribadi)

Autodesk inventor professional 2024 memiliki banyak fungsi yang mendukung proses perancangan dan analisis desain di antaranya:

1. Pemodelan 3D

Salah satu fitur paling menonjol dari *autodesk inventor* adalah kemampuannya dalam membuat model 3D parametrik. Fitur ini memungkinkan setiap perubahan pada dimensi atau bentuk suatu komponen untuk secara otomatis diperbarui pada seluruh model. Hal ini sangat berguna dalam melakukan iterasi desain dengan cepat dan efisien.

2. Perakitan (*assembly*)

Autodesk inventor memungkinkan pengguna untuk merakit berbagai komponen menjadi satu kesatuan produk yang lengkap. Hubungan antara komponen-komponen tersebut dapat didefinisikan seperti sambungan baut, las, atau *press* sehingga memudahkan dalam merancang produk yang kompleks.

3. Gambar kerja (*drawing*)

Setelah model 3D selesai gambar kerja 2D yang detail dan akurat dapat dihasilkan dengan mudah sesuai standar industri. Gambar kerja ini dapat digunakan untuk keperluan pembuatan prototipe, produksi, dan dokumentasi.

4. Simulasi

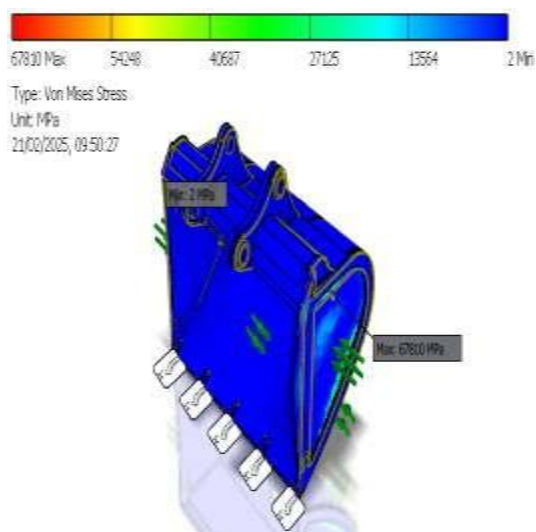
Autodesk inventor menyediakan alat simulasi untuk menganalisis kinerja produk sebelum diproduksi. Simulasi yang dapat dilakukan meliputi analisis gerakan, analisis tegangan, dan simulasi thermal, sehingga memastikan bahwa desain memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

5. Dokumentasi

Dokumentasi teknis yang komprehensif dapat dibuat untuk produk termasuk daftar bahan, instruksi perakitan, dan gambar potongan. Hal ini memudahkan dalam proses produksi dan pemeliharaan produk.

2.2.1. Von Mises Strees

Tegangan *von mises strees* merupakan suatu *parameter* yang digunakan dalam mekanika *material* dan teknik struktur untuk menilai kemungkinan terjadinya deformasi plastis permanen pada suatu *material* ketika dikenakan beban. Parameter ini banyak diterapkan dalam analisis kegagalan *material* terutama dalam desain komponen teknik. Tegangan *von mises* tidak diukur secara langsung melainkan dihitung berdasarkan tegangan yang bekerja pada tiga arah (baik normal maupun geser) dalam suatu *material*. Nilai yang dihasilkan oleh tegangan *von mises* dapat dibandingkan dengan kekuatan *material* (*yield strength*) untuk menentukan apakah *material* tersebut akan mengalami plastisitas atau tetap dalam keadaan elastis. Analisis statik adalah teknik analisa untuk menentukan tegangan *material* dan struktur yang mengalami beban atau gaya statis maupun dinamis (ari dan wibawa, 2019). Tegangan *von misses* terbesar $< yield\ strength\ material$ sehingga desain dan kontruksi rangka aman. *Von misses stress* tidak boleh lebih dari *yield strength* 207 mpa ketika melebihi *yield strength* maka rangka berada di *ultimate tensile strength* 345 mpa terjadi deformasi *plastis* permanen. Contoh *von misses stress* bisa dilihat pada gambar 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2.3 Contoh Von Misses Stress
(Dokumentasi pribadi)

Rumus tegangan maksimal *von misses stress* :

$$A = p \times l$$

Keterangan :

A = Luas penampang [mm^2] p =

Panjang batang [mm]

l = Lebar batang [mm]

(1)

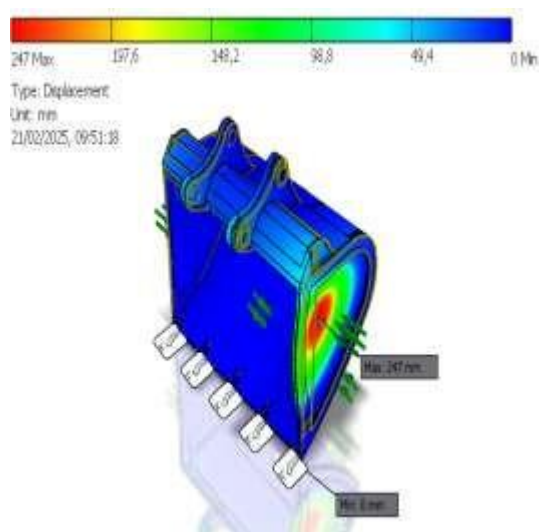
2.2.2. Displacement

Perpindahan dalam bidang fisika dan teknik merujuk pada perubahan lokasi suatu objek dari satu titik ke titik lainnya dalam ruang. Perpindahan adalah suatu vektor yang berarti memiliki magnitudo dan arah. Dengan demikian perpindahan mengukur sejauh mana dan ke arah mana objek berpindah dari posisi awalnya. Hal ini berbeda dengan jarak yang hanya menghitung panjang lintasan yang dilalui tanpa mempertimbangkan arah. Secara matematis jika suatu objek berpindah dari posisi awalnya. Semakin kecil *displacement* maka semakin kuat *material* yang digunakan (attorik, et al, 2022). Untuk *material* ASTM A36 nilai titik kritis Displacement/pergeseran yaitu sebagai berikut :

2.2.2.1. Mesin presisi *bearing* dan poros sensitif sehingga nilai *displacement* lebih kecil dari titik kritis = 0,05 – 0,2 mm.

2.2.2.2. Mesin industri umum rangka pencacah sehingga nilai *displacement* lebih kecil dari titik kritis = 0,2 – 1,0 mm.

Contoh *displacement* bisa dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4 Contoh *Displacement*
(Dokumentasi pribadi)

Rumus *displacement* =

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

Keterangan :

I = Momen inersia (mm⁴)

δ = Defleksi (mm)

P = Beban (N)

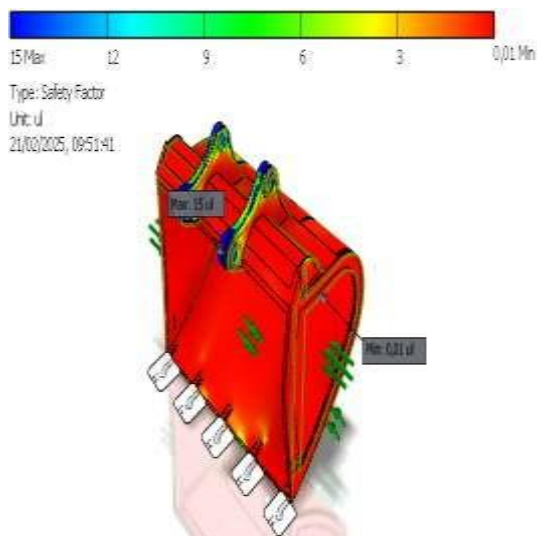
L = Panjang (mm)

E = Modulus elastisitas (Mpa)

(2)

2.2.3. *Safety Factor*

Faktor keamanan merupakan ukuran yang diterapkan dalam desain teknik untuk memastikan bahwa suatu struktur atau komponen dapat menahan beban atau kondisi operasional yang melebihi ekspektasi. Dengan demikian faktor keamanan dapat diartikan sebagai rasio antara kapasitas maksimum suatu *material* atau struktur dan beban maksimum yang diperkirakan akan diterima dalam kondisi penggunaan yang normal. Faktor keamanan ini digunakan untuk memberikan tambahan margin keamanan terhadap berbagai ketidakpastian seperti variasi dalam *material* kesalahan dalam proses manufaktur, kondisi lingkungan, atau perubahan beban yang tidak terduga. Syarat untuk *material* dan desain rangka ini dikatakan aman yaitu nilai minimum dari yang dihasilkan oleh *material* dan rangka ini tidak boleh berkisar antara 1 – 15 ul keamanan harus lebih dari 1 agar suatu desain dapat dinyatakan aman. (ari dan wibawa, 2019). Contoh *safety factor* bisa dilihat pada gambar 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2.5 Contoh Safety Factor
(Dokumentasi pribadi)

Faktor keamanan (*safety factor*) dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$SF = \frac{\sigma_{\text{yield strength}}}{\sigma_{\text{maximum von mises stress}}} \quad (3)$$

Keterangan :

SF : *Safety factor*

$\sigma_{\text{yield strength}}$ = Tegangan luluh pada *material* ASTM A36 steel mild sebesar 207 Mpa.

$\sigma_{\text{maximum von mises stress}}$ = Tegangan maksimal yang dihasilkan

2.2.4. Konsep Tegangan Regangan

Tegangan (*stress*) adalah respon yang muncul pada suatu struktur akibat adanya beban yang kemudian diteruskan ke seluruh bagian struktur sesuai dengan jenis pembebanannya. Tegangan terbagi menjadi dua jenis yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan menggambarkan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk suatu benda sedangkan regangan (*strain*) merupakan perbandingan antara pertambahan panjang batang dengan panjang awalnya yang searah dengan regangan tersebut.

Rumus tegangan :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Keterangan :

σ = Tegangan (Pa)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang [mm²]

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} = \frac{\delta}{L_0} \quad \text{---} \quad (5)$$

Rumus regangan Keterangan :

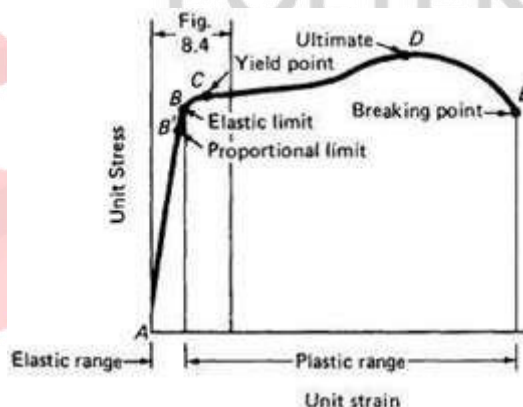
ε = Regangan

L_0 = Panjang awal [mm]

L_1 = Panjang akhir [mm]

δ = Perubahan panjang [mm]

Secara umum hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.6 Tegangan dan Regangan
(Sumber Jl. MT. Haryono 2011)

2.2.5. Analisa Tegangan

Stress analysis yang terdapat pada *autodesk inventor* dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan *time to market* dari benda yang kita desain pun dapat dipercepat karena kita sudah mensimulasikan terlebih dahulu benda yang kita desain di komputer sebelum masuk ke proses produksi

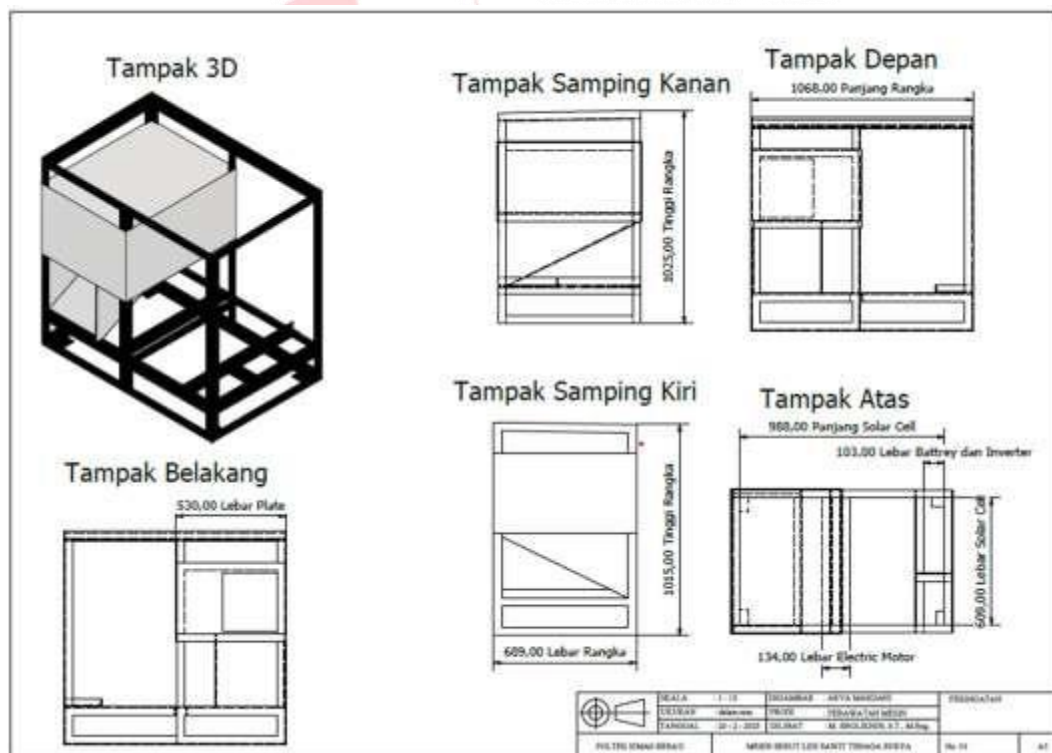
Keakuratan hasil *analysis* tergantung *material constraint* (bagian yang diam) dan *load* (beban) yang kita berikan. Jadi untuk mendapatkan hasil yang valid kita harus memastikan bahwa properti dari *material* yang kita berikan benar-benar mewakili *material* yang akan kita gunakan. Demikian pula *restraint load* kedua hal tersebut harus mewakili kondisi kerja dari benda.

Stress (ketegangan) atau *static analysis* menghitung *displacement*, *strains* dan *stress* berdasarkan *material*, *constraint*, dan *loads* yang diberikan. Sebuah *material* akan mengalami patah atau berubah bentuk ketika *stress*-nya mencapai *level* tertentu. Setiap *material* memiliki tingkatan *stress* yang berbeda. *Stress analysis* pada Autodesk Inventor menggunakan *linear static analysis* berdasarkan *finite. Element Method* (FEM) untuk menghitung *stress*. *Linear static analysis* membuat beberapa asumsi untuk menghitung *stress*.

2.2.6. Sketch dan 3D Gambar Teknik

Design rangka mesin serut lidi kelapa sawit tenaga surya dengan ukuran yang berbeda gambar teknik ini di buat pada tanggal 18 – 8 – 2024 digambar oleh Arya Mardani dilihat M. Sholikhin, S.T., M.Eng. prodi perawatan mesin bisa dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut.

1. Tampak depan panjang rangka 1068 mm.
2. Tampak belakang lebar plate 530 mm.
3. Tampak samping kanan tinggi rangka 1025 mm.
4. Tampak samping kiri tinggi rangka 1015 mm.
5. Tampak atas panjang solar cell 988 mm lebar solar cell 609 mm lebar electric motor 134 mm lebar battrey dan inverter 103 mm.



Gambar 2.7 Sketch dan 3D Gambar Teknik
(Dokumentasi Pribadi)

2.3.Free Body Diagram

Rangka yang terdapat pembebanan untuk mengetahui *free body*.

1. Arah petunjuk yang berwarna merah dan *ballon* nomor 1 menentukan pembebanan komponen *solar cell*. Berat *solar cell* 8,3 kg yang di *convert* ke *newton* hasilnya 81 N. Cara *convert kilogram* ke *newton* dengan cara $8,3 * 9,81$ dan hasilnya 81 N.
2. Arah petunjuk yang berwarna hijau dan *ballon* nomor 2 menentukan pembebanan komponen *electric motor*. Berat *electric motor* 15 kg yang di *convert* ke *newton* hasilnya 147 N. Cara *convert kilogram* ke *newton* dengan cara $15 * 9,81$ dan hasilnya 147 N.
3. Arah petunjuk yang berwarna kuning dan *ballon* nomor 3 menentukan pembebanan komponen *battrey*. Berat *battrey* 22 kg yang di *convert* ke *newton* hasilnya 216 N. Cara *convert kilogram* ke *newton* dengan cara $22 * 9,81$ dan hasilnya 216 N.
4. Arah petunjuk yang berwarna biru dan *ballon* nomor 4 dan 5 menentukan pembebanan komponen *pillow block bearing* 0,8 kg yang di *convert* ke *newton* hasilnya 8 N. Cara *convert kilogram* ke *newton* dengan cara $0,8 * 9,81$ dan hasilnya 8 N. Pembebanan komponen pisau serut lidi kelapa sawit. Berat pisau serut lidi kelapa sawit 4 kg yang di *convert* ke *newton* hasilnya 40 N. Cara *convert kilogram* ke *newton* dengan cara $4 * 9,81$ dan hasilnya 40 N.
5. Arah petunjuk yang berwarna ungu dan *ballon* nomor 6 menentukan komponen *inverter* 3 kg yang di *convert* ke *newton* hasilnya 30 N. cara *convert kilogram* ke *newton* dengan cara $3 * 9,81$ dan hasilnya 30 N. *Free body diagram* bisa dilihat pada gambar 2.8 sebagai berikut.

Rumus gaya pembebanan :

$$F = m \times g \quad (6)$$

Keterangan :

F = Gaya (N)

m = Massa (Kg)

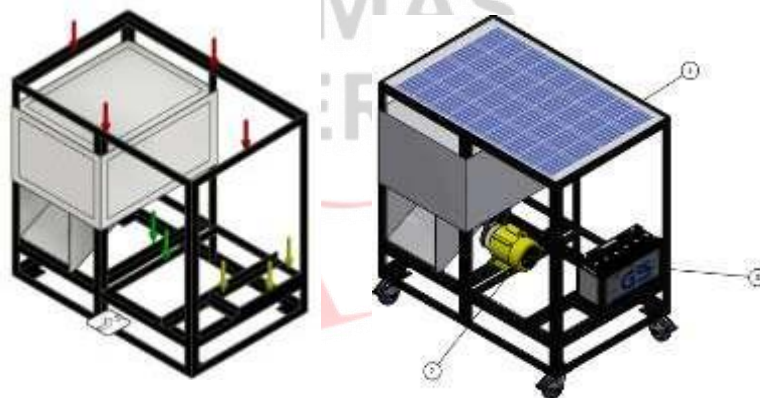
g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Analisis pembebanan rangka setiap komponen utama yang terpasang pada struktur rangka diberikan beban berdasarkan berat masing-masing dan jumlah titik tumpuan yang menopangnya. Komponen pertama adalah *solar cell* yang memiliki berat sebesar 8,3 kg dan didistribusikan pada empat titik tumpuan, sehingga menghasilkan beban sebesar 2,5 kg pertumpuan. *Electric motor* yang memiliki bobot 15 kg ditopang oleh dua titik tumpuan, maka beban yang diterima setiap tumpuan adalah sebesar 7,5 kg. Komponen *battrey* yang beratnya mencapai 22 kg dibagi pada tiga titik tumpuan, sehingga masing-masing tumpuan menanggung

beban sebesar 7,3 kg. Komponen *pillow block bearing* beratnya mencapai 0,8 kg dan pisau serut lidi kelapa sawit beratnya 4 kg dibagi pada dua titik tumpuhan sehingga ke dua komponen beratnya 2,4 kg. Komponen *inverter* yang beratnya mencapai 3 kg dibagi menjadi 3 titik tumpuhan sehingga menghasilkan beban sebesar 1 kg. Distribusi pembebanan ini penting dalam perancangan struktur rangka agar dapat menahan beban kerja secara efisien dan mencegah terjadinya kegagalan struktur akibat konsentrasi beban yang tidak merata bisa dilihat pada table 2.1 sebagai berikut.

Table 2.1 Pembebanan Rangka

KOMPONEN	PEMBEBANAN
<i>Solar Cell</i>	25 N
<i>Electric Motor</i>	74 N
<i>Battery</i>	72 N
<i>Pillow Block Bearing</i>	8 N
Pisau Serut Lidi Kelapa Sawit	20 N
<i>Inverter</i>	10 N



Gambar 2.8 Free Body Diagram dan Assembly
(Dokumen pribadi)

2.4.Rangka dan Material ASTM A36

2.4.2 Rangka

Rangka merupakan bagian terpenting dari struktur mesin. Rangka Mesin harus stabil dan cukup kuat untuk menahan getaran dan guncangan yang disebabkan oleh pergerakan semua komponen yang bekerja pada rangka. Rangkanya terbuat dari besi siku atau besi L yang sifat mekaniknya antara lain sebagai berikut:

1. Kekuatan (*strength*)

Kemampuan suatu struktur rangka untuk menahan beban atau gaya yang bekerja padanya tanpa mengalami kerusakan atau deformasi yang berlebihan. Kekuatan ini sangat penting dalam konstruksi baik itu bangunan, jembatan, mesin, atau struktur lainnya.

2. Kekerasan (*hardness*)

Kekerasan pada rangka besi merujuk pada kemampuan suatu *material* untuk menahan penetrasi atau goresan dari benda lain. Dalam konteks rangka kekerasan sangat penting karena menentukan seberapa tahan rangka terhadap benturan, gesekan, dan keausan. Rangka yang keras akan lebih awet dan tahan lama.

3. Kelenturan (*elasticity*)

Kelenturan rangka besi mengacu pada kemampuan suatu struktur rangka besi untuk berubah bentuk elastis di bawah pengaruh beban tanpa mengalami kerusakan permanen. Bayangkan seperti sebuah per ketika ditarik akan memanjang namun akan kembali ke bentuk semula ketika gaya tarik dilepaskan. Begitu pula dengan rangka besi yang lentur dapat mengalami sedikit deformasi saat diberi beban tetapi akan kembali ke bentuk aslinya ketika beban dihilangkan.

4. Kekakuan (*stiffness*)

Kekakuan rangka besi merujuk pada kemampuan suatu rangka besi untuk mempertahankan bentuk aslinya dan melawan deformasi ketika diberikan beban. Bayangkan seperti sebuah balok kayu yang kokoh sulit untuk dibengkokkan atau dilengkungkan. Begitu pula dengan rangka besi yang kaku akan tetap lurus dan stabil meskipun diberi beban yang cukup besar.

5. Plastisitas (*plasticity*)

Kemampuan suatu bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastik (permanen) tanpa menimbulkan kerusakan. Properti ini diperlukan untuk *material* yang diproses melalui berbagai proses pembentukan seperti penempaan, penggulangan, dan ekstrusi. Sifat ini sering disebut ketangguhan atau keuletan. Bahan yang dapat mentoleransi deformasi plastik yang cukup tinggi. Bahan ini dianggap lentur.

2.4.3 *Material* ASTM A36

ASTM A36 adalah plat baja struktural karbon yang memiliki kekuatan baik mudah dibentuk dan dapat dilas. Plat baja ini sering diberi pelapisan galvanisasi untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Penggunaannya bervariasi tergantung pada ketebalan dan tingkat ketahanan korosinya. ASTM singkatan dari *American Society for Testing and Materials* adalah organisasi internasional yang mengembangkan standar teknis untuk *material* dan jasa. Organisasi ini bertujuan mengatasi masalah teknis khususnya pada rel kereta api dan berfokus pada pengujian *material* (Suprayogi, A., & Tjahjanti, P. H. 2017).

Dapat dikatakan bahwa ASTM adalah organisasi yang mengemukakan konsep pengujian bahan sementara ANSI (*American National Standards Institute*) adalah lembaga yang menangani standar bahan untuk memastikan bahwa karakteristik dan performa produk tetap seragam sehingga dalam dunia industri orang menggunakan istilah dan definisi yang sama. Oleh karena itu saat membahas tentang standarisasi referensinya adalah pada ANSI sedangkan untuk proses pengujian dan bahan yang digunakan merujuk kepada ASTM bisa dilihat pada table

2.2 sebagai berikut .

Table 2.2 Characteristics Material ASTM A36

No	Parameter	Nilai
1	Material	ASTM A36
2	Mass density	7,85 g/cm ³
3	Yield strength	207 Mpa
4	Ultimate tensile strength	345 Mpa
5	Young's modulus	220 Gpa
6	Poisson's ratio	0,275
7	Shear modulus	86,2745 Gpa

2.5. Penelitian Terdahulu

Dengan judul “Analisis Tegangan pada Perancangan Mesin *Rewinding Liner* Menggunakan Metode *Finite Element Analysis*” (Reda Sulistya Afiatullah¹), pugu elmiawan²) 2023

Dengan judul “Analisa Kekuatan Material Bahan Dan Rangka Alat Pengguling Sapi Berbobot 1.2 Ton Menggunakan Software *Autodesk Inventor*” (Feryzal Sutra Perdana¹, Ali Akbar², Haris Mahmudi³)

Dengan judul “Desain Dan Analisis Kekuatan Dudukan (*Bracket*) Ac Outdoor Menggunakan Metode Elemen Hingga” (Lasinta Ari Nendra Wibawa) 2019

Dengan judul “Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Lemari Perkakas Di Balai Lapan Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga” (Lasinta Ari Nendra Wibawa) 2019 bisa dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.3 Jurnal Penelitian Sebelumnya

No	Nama peneliti, judul jurnal	Permasalahan	Metode	Hasil
1	Analisis tegangan static pada perancangan mesin rewinding liner	Proses centering liner yang	Dengan menggunakan metode finite	Dapat diketahui bahwa nilai

	menggunakan metode finite element analysis (reda sulistya afiatullah1), puguh elmiawan2) 2023	masih manual sehingga liner yang dihasilkan masih kurang rapih dan membutuhkan waktu yang lama, akibatnya jika ada liner yang dibutuhkan dalam waktu cepat dan tidak ada liner cadangan, maka proses produksi akan terhambat.	element analysis.	stress pada rangka mesin pada arah axial dan bending sebesar 26,667 n/mm ² dan -23,933 n/mm ² . Nilai tersebut masih jauh dibawah nilai yield strength yaitu sebesar 620,422 n/mm ² . Bisa disimpulkan bahwa alat tersebut aman dari stress (tegangan).
2	Analisa kekuatan material bahan dan rangka alat pengguling sapi berbobot 1.2 ton menggunakan software autodesk inventor (feryzal sutra perdana1, ali akbar2, haris mahmudi3)	Menganalisa kekuatan rangka body dan pintu agar terhindar dari kegagalan kerja sehingga rangka tetap aman.	Metode penelitian menggunakan variabel bebas, variabel kontrol, variabel terikat,	Hasil simulasi rangka body menggunakan stress analysis dengan pembebanan 1200 kg atau 12000 n diperoleh maksimum von mises stress pada baja st 37 sebesar 60.8331 mpa, 27.5645 mpa, 0.433804 mpa

				sedangkan baja galvanized diperoleh nilai 0.433804 mpa. Pada rangka pintu menghasilkan nilai 231.751 mpa, 84.9438 mpa, 80.0075 mpa dan baja galvanized diperoleh nilai 69.7214 mpa.
3	Desain dan analisis kekuatanudukan (bracket) ac outdoor menggunakan metode elemen hingga (lasinta ariendra wibawa) 2019	Analisis dilakukan menggunakan software <i>autodesk inventor professional</i> 2017.	Variabel beban ac outdoor yang diterima oleh masing-masingudukan ac yaitu 156,96; 176,58; 196,2, dan 215,82 n.	Hasil simulasi menunjukkan untuk berat ac outdoor 156,96; 176,58; 196,2, dan 215,82 n memiliki faktor keamanan berturut-turut yaitu 2,559; 2,275; 2,047, dan 1,861.
4	Desain dan analisis kekuatan rangka lemari perkakas di balai lapan Garut menggunakan metode elemen hingga (lasinta ariendra wibawa) 2019	Mengkaji tentang perancangan dan analisis kekuatan rangka lemari perkakas	Analisis dilakukan menggunakan software <i>autodesk inventor professional</i> 2017.	Hasil simulasi menunjukkan untuk beban lemari perkakas tiap tingkat dengan berat 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan

		menggunakan metode Elemen hingga. Lemari perkakas didesain lima tingkat dengan ukuran 800 mm (panjang), 400 mm (lebar), dan 1750 mm (tinggi).		60 kg memiliki faktor keamanan berturut-turut yaitu 2,49, 2,24, 2,04, dan 1,87.
--	--	---	--	---