

Rancang Bangun Alat Pengecekan dan *Treatment* Arang serta Analisis FEA pada Rangka

Puguh Elmiawan¹⁾

Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal
elmiawan@gmail.com

Muhamad Kevin Jopanka²⁾

Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal
kevinjopanka@gmail.com

Keywords :

Design and build

Slag

Joint strength

Design

Abstract:

The selection of the right material for each component. The calculation of the joint strength is carried out through analytical methods of manual calculations, to ensure the accuracy of the results. Various types of joints, including bolted, welded, and adhesive joints are evaluated to determine the best option in terms of strength and durability. Testing is also carried out to validate the results and ensure the performance of the device in real situations. The results of this study provide in-depth insight into the optimal design and joint strength required for charcoal treatment and treatment devices, as well as provide practical recommendations for the development of more reliable and safe devices. Thus, this study is expected to contribute to improving the efficiency and safety of the drying process of the moisture content of charcoal before entering the production process

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Departemen *casting* merupakan departemen yang memproduksi *rod*, terdapat dua produksi pada *department casting* yaitu *copper rod* dan aluminium *rod*. Sifat Aluminium adalah logam lunak putih perak dengan kepadatan 2,7 gram/cm³. Aluminium adalah logam yang paling umum di kerak bumi dan merupakan elemen ketiga yang paling umum setelah oksigen dan silikon. Aluminium saat ini berfokus pada peningkatan kualitas logam melalui pengembangan proses pencairan. Dan Tembaga (Cu), yang dapat ditemukan di alam baik dalam bentuk bebas maupun dalam bentuk senyawa, adalah unsur logam transisi berwarna coklat kemerahan yang sangat baik sebagai konduktor panas dan listrik [1]. Terdapat beberapa proses yang ada pada *casting* untuk menghasilkan *rod*.

Proses peleburan tembaga ini menggunakan listrik dan dua kumparan, karena dengan cara tersebut dapat menghasilkan suhu yang dibutuhkan untuk mencapai titik cair tembaga. Setelah itu ada proses *treatment* untuk menjaga sebuah cairan tembaga agar tetap homogen tidak ada udara yg terjebak pada cairan tersebut karna dapat menyebabkan *rod* menjadi *porosity*, untuk mengontrol *rod* agar tetap homogen

Dapat dilakukan dengan memasukan material arang. Arang memiliki peranan yang penting dalam proses peleburan tembaga di departemen *casting*, khususnya pada tahap *treatment*. Fungsi arang adalah untuk mengikat oksigen, sehingga dapat mencegah terjadinya *porosity* pada *cooper rod* dan membantu mengeluarkan udara yang terperangkap dalam cairan tembaga yang panas. Proses ini berlangsung karena arang mampu menyerap gas saat bersentuhan dengan permukaan cairan [2].

Namun, arang juga dapat menghasilkan slag akibat reaksi dengan H₂O yang terdapat dalam arang. Pelepasan hidrogen (H) dapat menyebabkan ledakan kecil, sedangkan oksigen (O₂) yang bereaksi dengan karbon (C) dalam arang akan membentuk CO₂, yang berpotensi mempengaruhi kualitas hasil produksi [3].

Arang berperan penting dalam proses pembuatan *rod*. Namun ada suatu kendala pada proses pemasukan material arang tersebut sering terjadi ledakan-ledakan kecil sehingga dapat membahayakan para pekerja dibagian *casting* tersebut. Arang yang masih memiliki kadar air yang cukup tinggi dan selain itu juga dapat menimbulkan *slag* atau kerak pada dinding *furnace* yang diakibatkan oleh ledakan-ledakan kecil tersebut sehingga dapat mengakibatkan pemborosan dan mengurangi produksi [4].

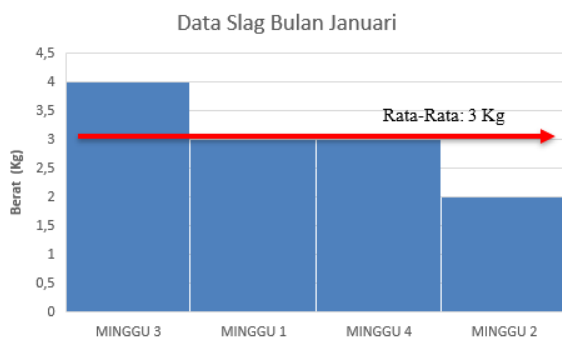
Dari hasil wawancara selama observasi kepada operator di *Departement Technical Casting*, dengan mengambil contoh kasus pada bulan Januari tahun 2025 angka *slag* yang terjadi cukup besar dalam kurun waktu 1 bulan. Dimana dapat terlihat pada tabel data dibawah ini.

Tabel 1 Data *Slag* Bulan Januari 2025

DATA BULAN JANUARI				TOTAL
MINGGU 1	MINGGU 2	MINGGU 3	MINGGU 4	
1 Kg	1 Kg	1,5 Kg	1,5 kg	5 Kg

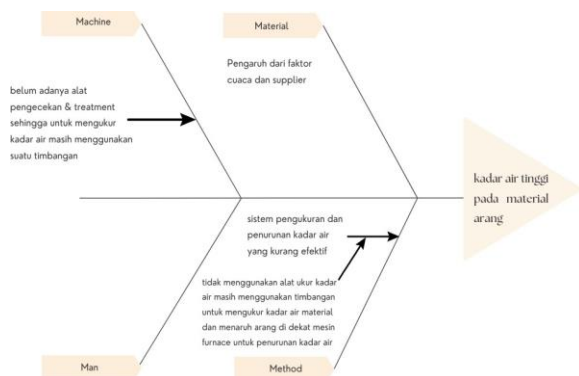
(Sumber Hasil kajian dari Penulis, Januari 2025)

Data tersebut menunjukkan kasus perminggu dibulan Januari pada *departement casting* PT XYZ, dimana operator sering menemukan dan mengalami kasus *slag* yang cukup tinggi. Jika dilihat dengan grafik sebagai gambar dibawah ini.



Gambar 1 Grafik Data *Slag* Bulan Januari 2025
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Dapat dilihat pada grafik diatas, bahwa data yang diambil selama sebulan sekali tidak relatif sama dan berbeda setiap minggunya. Minggu dengan slag terbesar yaitu diminggu ke tiga pada bulan Januari, jika slag dibiarkan terus menerus selama proses produksi berjalan, maka hasil produksi terus menerus akan terus berkurang.



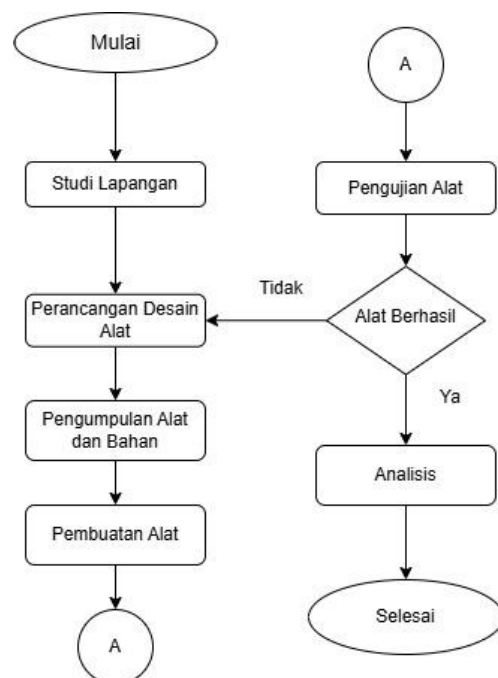
Gambar 2 Diagram *Fishbone*
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Pada diagram *fishbone* diatas, terdapat salah satu titik terbesar penyebab kadar air pada material arang masih diatas dari *standard* yang ada adalah karena pengukuran kadar air yang masih kurang efektif dan penurunan kadar air pada material arang yang masih manual dengan cara menyimpan arang yang memiliki kadar air tinggi didekat mesin *furnace* dengan harapan kadar air pada material arang tersebut turun sampai standar yang ada, sehingga masih sering terjadinya ledakan-ledakan kecil.

Maka dari itu, untuk mengatasi masalah yang sering terjadi seperti kurang mengetahui pasti kadar air yang terdapat pada material arang dan membantu mempermudah proses penurunan kadar air pada material arang tersebut, kami mengusulkan rancang bangun alat pengecekan dan *treatment* pada material arang. Alat ini dapat membantu mengecek kadar air yang terdapat pada material arang sekaligus *treatment* penurunan kadar air pada material arang tersebut, sehingga dapat mengurangi terjadinya ledakan-ledakan kecil yang disebabkan karena kadar air pada material arang yang masih tinggi dan tidak terpantau seberapa tinggi kadar air yang terdapat pada material arang, dan juga dapat membantu para pekerja mengetahui kadar air yang terdapat pada material arang.

II. METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian



Gambar 3 Alur Penelitian
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

B. Alur Penelitian

1. Studi Lapangan

Tahap penelitian lapangan dilaksanakan untuk mengenali keadaan atau situasi di area lapangan guna mempertimbangkan desain alat yang akan dirancang agar dapat berfungsi dengan baik dan efisien. Selain itu, penelitian lapangan juga bertujuan untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam pembuatan alat tersebut. Pada tahap ini, dilakukan pengamatan terhadap proses pengisian pada mesin *furnace* di PT XYZ. Pengamatan mencakup alur produksi *copper rod* di dalam mesin *furnace* serta mekanisme kerjanya.

2. Perancangan Desain

Penulis merancang desain alat dengan memanfaatkan perangkat lunak. Dalam proses ini, penulis menggunakan perangkat lunak tersebut untuk mengidentifikasi komponen yang diperlukan dengan ukuran yang disesuaikan berdasarkan kondisi di lapangan. Desain alat yang dibuat oleh penulis mencakup kerangka, pelat pada oven, dan tatakan arang.

3. Pengumpulan Alat dan Bahan

Setelah desain rancangan disetujui, penulis melanjutkan dengan pengumpulan komponen yang diperlukan, baik mekanik maupun elektrik. Komponen yang dibutuhkan meliputi besi hollow untuk kerangka, pemanas untuk proses pemanasan, blower, plat besi, lampu, thermocouple, selektor, tampilan LCD, MCB 1 fase, kontaktor, modul *step down*, Arduino Uno, kontrol suhu, *modul relay*, serta mur dan baut.

4. Pembuatan Alat

Pada tahap ini, desain yang telah dibuat diubah menjadi alat. Proses pembuatan alat untuk pengecekan dan perlakuan material arang ini dilaksanakan di area *Workshop* TM. Penulis meminta masukan teknis dan berkoordinasi mengenai bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan dengan mentor lapangan serta departemen pemeliharaan teknis. Penulis juga menyesuaikan dan menanyakan ketersediaan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan mesin tersebut.

5. Pengujian Alat

Tahap pengujian perangkat dilaksanakan setelah perangkat selesai dirakit. Pengujian dilakukan di area *casting*. Jenis pengujian yang dilakukan mencakup evaluasi cara kerja perangkat serta pengujian terhadap komponen elektronik. Pada tahap ini, dilakukan penyesuaian terhadap komponen dan perangkat yang digunakan berkaitan dengan ketahanan kinerja alat. Dalam langkah ini, dapat dipastikan apakah perangkat dan komponen berfungsi sesuai dengan tujuan yang diharapkan atau masih memerlukan perbaikan.

6. Penerapan

Mengubah metode yang awalnya menimbang sampel arang untuk menentukan berat dari suatu arang pada

proses produksi, digantikan dengan alat yang telah kami buat. Dimana penerapannya untuk mengetahui kadar air dari suatu arang tanpa perlu menggunakan timbangan dalam proses. Dengan metode awal yaitu penimbangan. Sebenarnya operator sudah mengetahui berat dalam satu karung arang 25 kg, jika ditimbang melebihi 25 kg maka kandungan kadar air tinggi dan tidak mengetahui seberapa persen kandungan air arang terdapat dari arang tersebut. Jika menggunakan metode yang baru ini, operator dapat mengetahui kandungan persen pada kadar air dari suatu arang tanpa memerlukan proses penimbangan.

C. Perhitungan

1. Perhitungan Beban

Gaya yang diterapkan pada suatu objek dapat dimanfaatkan untuk menghitung berat objek tersebut dengan menggunakan rumus berikut [5].

$$W = m \times g \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

W = Berat (Newton)

m = Massa (Kg)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

Massa Benda

Dengan mengetahui volume dan massa jenis suatu benda, massa benda tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut berikut [5].

$$m = \rho \times V \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

m = Massa benda (kg)

ρ = Massa jenis benda (kg/m^3)

V = Volume (m^3)

2. Luas Area Pengelasan 1

Luas area pengelasan 1 dapat dihitung dengan rumus:

$$A_1 = \sin(L_1) \times s \times L_1 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

A_1 = Luas area 1 (mm^2)

s = Sisi (mm)

L_1 = Sisi awal (mm)

3. Luas Area Pengelasan 2

Luas area pengelasan 2 dapat dihitung dengan rumus:

$$A_2 = \sin(L_2) \times s \times L_2 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

A_2 = Luas area 2 (mm^2)

s = Sisi (mm)

L_2 = Sisi awal (mm)

4. Perhitungan Sisi Pengelasan

Menghitung sisi miring dalam pengelasan sebagai berikut:

$$s_m = \sqrt{s^2 + s^2} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

s_m = sisi miring (mm)

s = sisi (mm)

5. Perhitungan Kekuatan Las

Untuk mengetahui rumus luas area sambungan las adalah sebagai berikut:

$$t = s \times$$

$$\sin 45^\circ \dots \dots \dots (6)$$

$$A = 0,707 \times l \times s$$

$$\dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

A = luas area sambungan las (mm^2)

t = ketebalan leher (*throat*) (mm)

s = ukuran sambungan las (mm)

l = panjang sambungan las (mm)

6. Perhitungan Tegangan

Untuk menetapkan tegangan yang diperbolehkan, perlu dilakukan perhitungan terhadap tegangan maksimum dengan menggunakan suatu faktor yang dikenal sebagai faktor keamanan [6].

$$\frac{\sigma_{izin}}{F_s} = \frac{\sigma_t}{F_s} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

σ_{izin} = Tegangan izin

σ_t = Tegangan *ultimate*

F_s = Faktor keamanan

Tegangan geser yang diperbolehkan (τ) ditentukan sebesar 30% dari batas elastis tarik (σ_{el}), namun tidak boleh melebihi 18% dari tegangan tarik ultimate (σ_u). Dengan demikian, tegangan geser yang diperbolehkan yaitu :

$$\tau = 0,3 \sigma_{el} \text{ atau } 0,18 \sigma_u$$

7. Kekuatan Sambungan Baut

Tegangan tarik pada baut merupakan gaya luar yang bekerja searah dengan sumbu baut, untuk menghitung tegangan tarik pada baut menggunakan persamaan (9) sebagai berikut:

$$P = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \sigma_t \dots \dots \dots (9)$$

Dimana :

P = Gaya luar yang bekerja (N)

d_c = Diameter dalam baut (mm)

σ_t = Tegangan tarik izin baut (N/mm²)

8. Roda Troli

Roda troli merupakan suatu benda tambahan ketika suatu alat dibuat. Roda troli dapat berputar, bergerak dengan putaran 360 derajat dan berpindah dari suatu tempat ke tempat lain. Kegunaan roda troli untuk menompang beban berat yang akan dipindahkan dari suatu tempat, ketempatlainnya dengan mudah [7]. Dari kegunaan tersebut, roda troli dengan 4 roda dapat menompang beban yang ada dengan kuat, untuk mengetahui kekuatan dari suatu roda troli menggunakan rumus berikut.

$$\text{Roda Troli} = \frac{\text{Berat Beban}}{4} \dots \dots \dots (10)$$

9. Finite Element Analysis (FEA)

Metode *finite element analysis* dapat memberikan hasil simulasi yang efektif dalam perancangan struktur, guna mengevaluasi kekuatan material dan keamanan struktur tersebut. Sejalan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini mengadopsi metode analisis elemen hingga karena keunggulannya dalam hal akurasi dibandingkan dengan analisis statik manual. Kekuatan material bertujuan untuk menganalisis kemampuan berbagai jenis material yang digunakan dalam konstruksi untuk menahan berbagai jenis beban, baik yang bersifat statis maupun dinamis[8]. Pemilihan material yang sesuai akan memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas dari alat atau struktur yang dibangun, dengan mempertimbangkan beberapa faktor berikut:

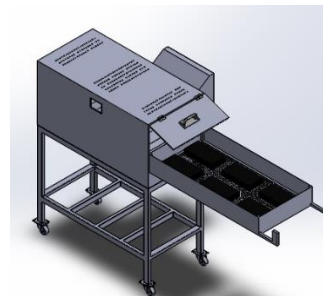
- Tegangan
- *Factor of safety*

Untuk mengetahui factor of safety pada material, material bisa dikatakan aman jika nilai yang dihasilkan pada saat simulasi di software > 1.

$$F_s = \frac{\sigma_{\text{yield streng}}}{\sigma_{\text{maks}}} \dots \dots \dots (11)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Alat Pengecekan dan *Treatment* pada Arang



Gambar 4 Alat Pengecekan dan *Treatment* pada Arang

(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

1. Gambaran sebelum adanya rancang bangun
Sebelumnya, proses pengecekan kadar air pada arang dilakukan secara manual, dimana arang hanya ditaruh dialat timbang dan bahkan ditaruh disamping mesin *furnace* agar mendapat suhu panas. Jika terjadi masalah dalam proses, arang yang masih basah akan menyebabkan ledakan kecil dan ledakan tersebut membuat cairan tembaga menempel didinding mesin *furnace*. Hal ini dapat menyebabkan adanya kotoran yang menempel (*slag*) yang berujung berkurangnya jumlah *copper* saat proses produksi.

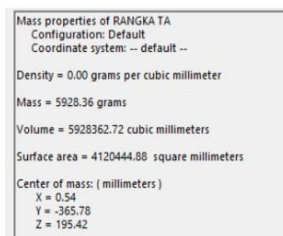
2. Gambaran setelah adanya rancang bangun
Untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja proses produksi dalam penggunaan arang, penelitian ini memperkenalkan rancang bangun baru pada mesin

untuk menghilangkan kadar air pada material arang dengan menggunakan sistem *heater* untuk memanaskan suhu ruang agar kadar air dapat turun, *heater* panas di dorong oleh blower untuk menghasilkan udara panas yang membuat hasil yang maksimal dan menurunkan kadar air pada arang. Perubahan ini bertujuan untuk mengatasi banyaknya konsumsi material yang terbuang. pengecekan digital dengan sistem elektrik, ketika kadar air sudah memenuhi standar, maka hasil dari status kadar air akan terlihat di lcd *display* dan memudahkan operator dalam melihat hasil. Membuat proses produksi yang ada sebelumnya dan memaksimalkan hasil produksi.

a. Hasil Perhitungan

1. Perhitungan Berat pada Rangka

Berikut merupakan gambar 5, mengenai bert paa rangka r alat pengecekan dan *treatment* pada material arang di PT XYZ.



Gambar 5 Nilai Berat Rangka
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Berdasarkan Gambar 5. menampilkan volume untuk rangka atas sebesar 5928362,72 mm³. Sehingga massa rangka atas dapat diketahui dengan persamaan (1). Pada rancang bangun ini digunakan material Galvanized Steel, dengan massa jenis material 7.850 kg/m³ atau 0,007850 gram/mm³, massa dari rangka di atas:

$$m = \rho \times V$$

$$m = 0,007850 \text{ gram/mm}^3 \times 5928362,72 \text{ mm}^3$$

$$m = 46.522,05 \text{ gram atau } 46,52 \text{ kg}$$

Untuk menghitung beban dapat menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$W = m \times g$$

$$W = 46,52 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 455,896 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan melalui perhitungan di atas, maka nilai massa dari rangka atas adalah sebesar 46,52 kg dan memiliki berat sebesar 455,896 N. Dalam rancang bangun ini pada rangka.

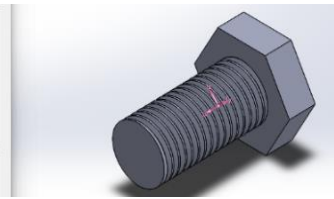
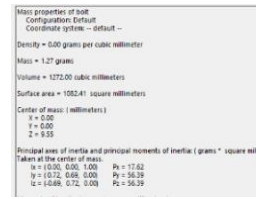
$$W_{total} = W \times n$$

$$W_{total} = 455,896 \text{ N} \times 2$$

$$W_{total} = 911,792 \text{ N}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan beban dari rangka atas adalah 911,792 N.

2. Perhitungan Baut



Gambar 6 Baut M8
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Baut M8 x 1,25 x 20 ini terbuat dari material ASTM A325 dengan massa jenis 7.700kg/m³ atau 0,0077 g/mm³. Volume baut M8 berdasarkan gambar di atas adalah 1272,00 mm³. Sehingga massa dari baut ini dapat dihitung dengan persamaan

(1) sebagai berikut :

$$m = \rho \times v$$

$$m = 0,0077 \text{ g/mm}^3 \times 1.272,00 \text{ mm}^3$$

$$m = 9,79 \text{ g} \approx 0,0979 \text{ kg}$$

Setelah diketahui massa dari baut, maka untuk menghitung beban baut dapat menggunakan persamaan (2) sebagai berikut :

$$W = m \times g$$

$$W = 0,0979 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 0,95 \text{ N}$$

Jadi, berdasarkan perhitungan di atas maka diketahui beban dari baut M8 ini sebesar 0,95 N.

3. Perhitungan Roda Troli

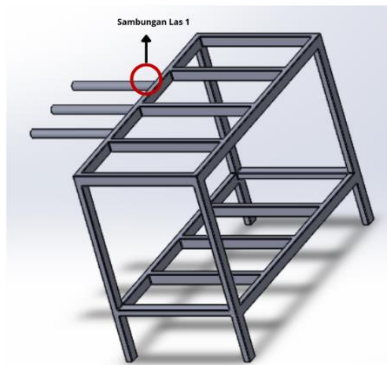
Material yang dipakai pada 4 jenis roda troli tersebut menggunakan material *rubber* dengan kapasitas kekuatan menahan beban 70 – 120 kg. Untuk menghitung kekuatan dari roda troli tersebut menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Roda Troli} = \frac{100 \text{ Kg}}{4} = 25 \text{ Kg}$$

Dapat disimpulkan bahwa, roda yang menompang beban tersebut dapat diketahui jika satu roda dapat menahan beban yaitu 25 Kg dan beban yang diberikan untuk roda troli 100 kg masih aman jika menggunakan material *rubber*.

4. Perhitungan Pengelasan 1

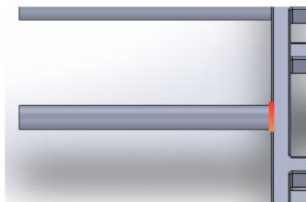
Sambungan las besi pipa ini digunakan untuk menyambung bagian depan dengan samping rangka untuk dudukan heater. Pengelasan ini menggunakan busur listrik atau elektroda sebagai bahan penyambung. Besi pipa 30 x 50 mm, dan tebal 10 mm akan disambung dengan besi hollow dengan ukuran 30 mm x 1200 mm dengan ketebalan besi 12 mm. Posisi sambungan las antara besi siku dan besi hollow seperti Gambar 7.



Gambar 7 Luas Area Pengelasan 1
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

- Panjang Pengelasan

Berikut merupakan gambar 8, mengenai sambungan las 1 suatu rangka alat pengecekan dan *treatment* pada material arang di PT XYZ.



Gambar 8 Area Pengelasan 1
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Tebal (t) = 5 mm

Panjang (p) = 50 mm

Lebar (l) = 30 mm

Panjang Las (l) = 4 x s

Panjang Las (l) = 4 x 50

l = 200 mm

Panjang pengelasan (l) yang akan dilakukan adalah 200 mm. Tebal las (s) yang direkomendasikan untuk tebal besi (t) 5 mm adalah 3 mm.

- Perhitungan Tegangan Tarik Izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_t}{F_s}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{427,47 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{izin} = 106,86 \text{ N/mm}^2$$

Maka, tegangan tarik yang Can adalah sebesar 106,86 N/mm²

- Menghitung Beban

Beban total yang diterima pada sambungan las 1 adalah:

$$W_{total} = (W_{Body Heater}) + (W_{Heater}) + (W_{Pipa Aluminium})$$

$$W_{total} = 294,5 \text{ N} + 49,05 \text{ N} + 19,62 \text{ N}$$

$$W_{total} = 363,17 \text{ N}$$

- Perhitungan Beban Maksimal Pengelasan

Untuk menghitung beban maksimal dari pengelasan dapat menggunakan persamaan (7):

$$P = 0,707 \text{ mm} \times s \times l \times \sigma_{ijin}$$

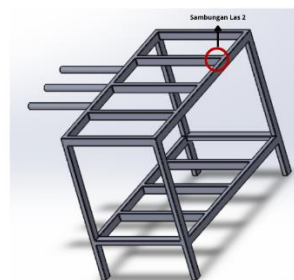
$$P = 0,707 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 106,86 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 45.330,3012$$

Dari perhitungan total pembebanan yang terjadi pada alat didapat nilai total adalah 363,17 N. Perhitungan kekuatan las 1 memiliki beban maksimal sebesar 45.330,3012 N. Dengan nilai kekuatan las yang lebih besar dari pembebanan yang diterima, maka kekuatan struktur dalam menahan beban aman.

5. Perhitungan Pengelasan 2

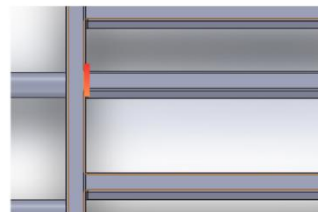
Berikut merupakan gambar 9, mengenai sambungan las 2 suatu rangka alat pengecekan dan *treatment* pada material arang di PT XYZ.



Gambar 9 Luas Area Pengelasan 2
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

- Panjang Pengelasan

Berikut merupakan gambar 10, mengenai sambungan las 2 suatu rangka alat pengecekan dan *treatment* pada material arang di PT XYZ.



Gambar 10 Area Pengelasan 2
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Tebal (t) = 5 mm

Panjang (p) = 60 mm

Lebar (l) = 30 mm

Panjang Las (l) = 3 x s

Panjang Las (l) = 4 x 60

l = 240 mm

Panjang pengelasan (l) yang akan dilakukan adalah 240 mm. Tebal las (s) yang direkomendasikan untuk tebal besi (t) 5 mm adalah 3 mm.

- Perhitungan Tegangan Tarik Izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_t}{F_s}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{427,47 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{izin} = 106,86 \text{ N/mm}^2$$

Maka, tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 106,86 N/mm²

- Menghitung Beban

Beban total yang diterima pada sambungan las 1 adalah:

$$W_{total} = (W_{Body Oven}) + (W_{Tatakan Arang}) + (W_{Pipa Aluminium}) + (W_{Body Heater}) + (W_{Heater}) + (W_{Blower}) + (W_{Arang})$$

$$W_{total} = 686,7 \text{ N} + 196,2 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 98,1 \text{ N} + 49,05 \text{ N} + 29,43 \text{ N} + 294,2 \text{ N}$$

$$W_{total} = 1.275,2 \text{ N}$$

- Perhitungan Beban Maksimal Pengelasan

Untuk menghitung beban maksimal dari pengelasan dapat menggunakan persamaan (7):

$$P = 0,707 \text{ mm} \times s \times l \times \sigma_{ijin}$$

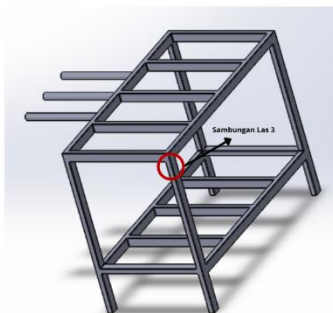
$$P = 0,707 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} \times 106,86 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 54.396,0114 \text{ N}$$

Dari perhitungan total pembebanan yang terjadi pada alat didapat nilai total adalah 1.275,2 N. Perhitungan kekuatan las 2 memiliki beban maksimal sebesar 54.396,0114 N. Dengan nilai kekuatan las yang lebih besar dari pembebanan yang diterima, maka kekuatan struktur dalam menahan beban aman.

6. Perhitungan Pengelasan 3

Berikut merupakan gambar 3, mengenai sambungan las 3 suatu rangka alat pengecekan dan treatment pada material arang di PT XYZ.



Gambar 11 Luas Area Pengelasan 3
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

- Panjang Pengelasan

Berikut merupakan gambar 12, mengenai sambungan las 3 suatu rangka alat pengecekan dan treatment pada material arang di PT XYZ.



Gambar 12 Area Pengelasan 3
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

$$\text{Tebal (t)} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang (p)} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (l)} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Las (l)} = 4 \times s$$

$$\text{Panjang Las (l)} = 4 \times 60$$

$$l = 240 \text{ mm}$$

Panjang pengelasan (l) yang akan dilakukan adalah 240 mm. Tebal las (s) yang direkomendasikan untuk tebal besi (t) 5 mm adalah 3 mm.

- Perhitungan Tegangan Tarik Izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_t}{F_s} = \frac{427,47 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{izin} = 106,86 \text{ N/mm}^2$$

Maka, tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 106,86 N/mm²

- Menghitung Beban

Beban total yang diterima pada sambungan las 3 adalah:

$$W_{total} = (W_{Body Oven}) + (W_{Tatakan Arang}) + (W_{Pipa Aluminium}) + (W_{Body Heater}) + (W_{Heater}) + (W_{Blower}) + (W_{Arang})$$

$$W_{total} = 686,7 \text{ N} + 196,2 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 98,1 \text{ N} + 49,05 \text{ N} + 29,43 \text{ N} + 294,2 \text{ N}$$

$$W_{total} = 1.275,2 \text{ N}$$

- Perhitungan Beban Maksimal Pengelasan

Untuk menghitung beban maksimal dari pengelasan dapat menggunakan persamaan (7):

$$P = 0,707 \text{ mm} \times s \times l \times \sigma_{ijin}$$

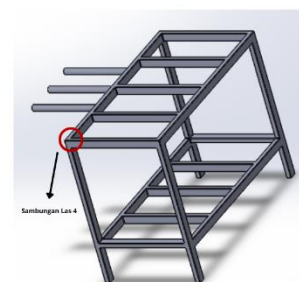
$$P = 0,707 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} \times 106,86 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 54.396,0144 \text{ N}$$

Dari perhitungan total pembebanan yang terjadi pada alat didapat nilai total adalah 1.275,2 N. Perhitungan kekuatan las 3 memiliki beban maksimal sebesar 54.396,0144 N. Dengan nilai kekuatan las yang lebih besar dari pembebanan yang diterima, maka kekuatan struktur dalam menahan beban aman.

7. Perhitungan Pengelasan 4

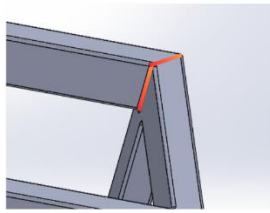
Berikut merupakan gambar 13, mengenai sambungan las 4 suatu rangka alat pengecekan dan treatment pada material arang di PT XYZ.



Gambar 13 Luas Area Pengelasan 4
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

- Panjang Pengelasan

Berikut merupakan gambar 14, mengenai sambungan las 4 suatu rangka alat pengecekan dan *treatment* pada material arang di PT XYZ.



Gambar 14 Area Pengelasan 4
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Tebal (t) = 5 mm
Panjang (p) = 60 mm
Lebar (l) = 30 mm
Panjang Las (l) = 3 x s
Panjang Las (l) = 3 x 60
l = 180 mm

Panjang pengelasan (l) yang akan dilakukan adalah 180 mm. Tebal las (s) yang direkomendasikan untuk tebal besi (t) 5 mm adalah 3 mm.

- Perhitungan Tegangan Tarik Izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_t}{F_s}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{427,47 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{izin} = 106,86 \text{ N/mm}^2$$

Maka, tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 106,86 N/mm²

- Menghitung Beban

Beban total yang diterima pada sambungan las 4 adalah:

$$W_{total} = (W_{Body Oven}) + (W_{Tatakan Arang}) + (W_{Pipa Aluminium}) + (W_{Body Heater}) + (W_{Heater}) + (W_{Blower}) + (W_{Arang})$$

$$W_{total} = 686,7 \text{ N} + 196,2 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 98,1 \text{ N} + 49,05 \text{ N} + 29,43 \text{ N} + 294,2 \text{ N}$$

$$W_{total} = 1.275,2 \text{ N}$$

- Perhitungan Beban Maksimal Pengelasan

Untuk menghitung beban maksimal dari pengelasan dapat menggunakan persamaan (7):

$$P = 0,707 \text{ mm} \times s \times l \times \sigma_{ijin}$$

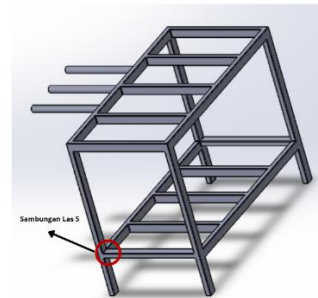
$$P = 0,707 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 180 \text{ mm} \times 106,86 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 40.797,0108 \text{ N}$$

Dari perhitungan total pembebanan yang terjadi pada alat didapat nilai total adalah 1.275,2 N. Perhitungan kekuatan las 4 memiliki beban maksimal sebesar 40.797,0108 N. Dengan nilai kekuatan las yang lebih besar dari pembebanan yang diterima, maka kekuatan struktur dalam menahan beban aman.

8. Perhitungan Pengelasan 5

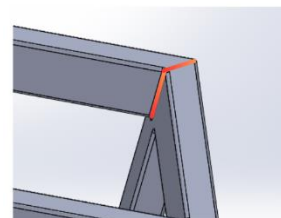
Berikut merupakan gambar 15, mengenai sambungan las 4 suatu rangka alat pengecekan dan *treatment* pada material arang di PT XYZ.



Gambar 15 Luas Area Pengelasan 5
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

- Panjang Pengelasan

Berikut merupakan gambar 16, mengenai sambungan las 5 suatu rangka alat pengecekan dan *treatment* pada material arang di PT XYZ.



Gambar 16 Area Pengelasan 5
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Tebal (t) = 5 mm
Panjang (p) = 60 mm
Lebar (l) = 30 mm
Panjang Las (l) = 4 x s
Panjang Las (l) = 4 x 60
l = 240 mm

Panjang pengelasan (l) yang akan dilakukan adalah 240 mm. Tebal las (s) yang direkomendasikan untuk tebal besi (t) 5 mm adalah 3 mm.

- Perhitungan Tegangan Tarik Izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_t}{F_s}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{427,47 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{izin} = 106,86 \text{ N/mm}^2$$

Maka, tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 106,86 N/mm²

- Menghitung Beban

Beban total yang diterima pada sambungan las 5 adalah:

$$W_{total} = (W_{Body Oven}) + (W_{Tatakan Arang}) + (W_{Pipa Aluminium}) + (W_{Body Heater}) + (W_{Heater}) + (W_{Blower}) + (W_{Arang})$$

$$W_{total} = 686,7 \text{ N} + 196,2 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 98,1 \text{ N} + 49,05 \text{ N} + 29,43 \text{ N} + 294,2 \text{ N}$$

$$W_{total} = 1.275,2 \text{ N}$$

- Perhitungan Beban Maksimal Pengelasan

Untuk menghitung beban maksimal dari pengelasan dapat menggunakan persamaan (7):

$$P = 0,707 \text{ mm} \times s \times l \times \sigma_{ijin}$$

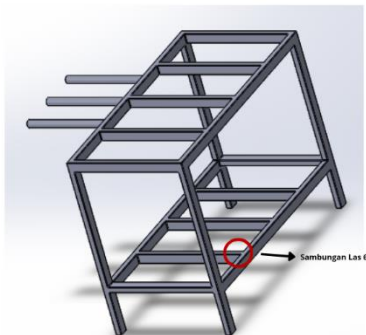
$$P = 0,707 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} \times 106,86 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 54.396,0144 \text{ N}$$

Dari perhitungan total pembebanan yang terjadi pada alat didapat nilai total adalah 1.275,2 N. Perhitungan kekuatan las 5 memiliki beban maksimal sebesar 54.396,0144 N. Dengan nilai kekuatan las yang lebih besar dari pembebanan yang diterima, maka kekuatan struktur dalam menahan beban aman.

9. Perhitungan Pengelasan 6

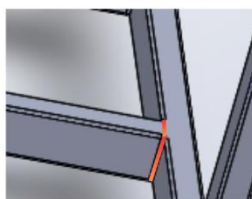
Berikut merupakan gambar 17, mengenai sambungan las 6 suatu rangka alat pengecekan dan treatment pada material arang di PT XYZ.



Gambar 17 Luas Area Pengelasan 6
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

- Panjang Pengelasan

Berikut merupakan gambar 18, mengenai sambungan las 6 suatu rangka alat pengecekan dan treatment pada material arang di PT XYZ.



Gambar 18 Area Pengelasan 6
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Tebal (t) = 5 mm

Panjang (p) = 60 mm

Lebar (l) = 30 mm

Panjang Las (l) = 4 x s

Panjang Las (l) = 4 x 60

l = 240 mm

Panjang pengelasan (l) yang akan dilakukan adalah 240 mm. Tebal las (s) yang direkomendasikan untuk tebal besi (t) 5 mm adalah 3 mm.

- Perhitungan Tegangan Tarik Izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_t}{F_s}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{427,47 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{izin} = 106,86 \text{ N/mm}^2$$

Maka, tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 106,86 N/mm²

- Menghitung Beban

Beban total yang diterima pada sambungan las 6 adalah:

$$W_{total} = (W_{Body Oven}) + (W_{Tatakan Arang}) + (W_{Pipa Aluminium}) + (W_{Body Heater}) + (W_{Heater}) + (W_{Blower}) + (W_{Arang})$$

$$W_{total} = 686,7 \text{ N} + 196,2 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 98,1 \text{ N} + 49,05 \text{ N} + 29,43 \text{ N} + 294,2 \text{ N}$$

$$W_{total} = 1.275,2 \text{ N}$$

- Perhitungan Beban Maksimal Pengelasan

Untuk menghitung beban maksimal dari pengelasan dapat menggunakan persamaan (7):

$$P = 0,707 \text{ mm} \times s \times l \times \sigma_{ijin}$$

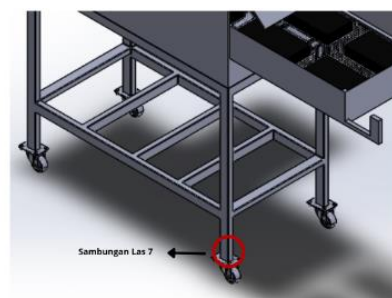
$$P = 0,707 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} \times 106,86 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 54.396,0144 \text{ N}$$

Dari perhitungan total pembebanan yang terjadi pada alat didapat nilai total adalah 1.275,2 N. Perhitungan kekuatan las 6 memiliki beban maksimal sebesar 54.396,0144 N. Dengan nilai kekuatan las yang lebih besar dari pembebanan yang diterima, maka kekuatan struktur dalam menahan beban aman.

10. Perhitungan Pengelasan 7

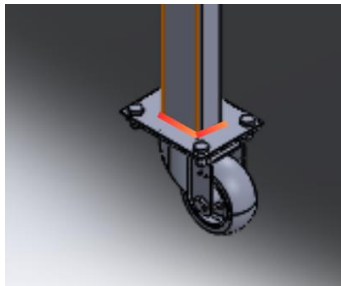
Berikut merupakan gambar 19, mengenai sambungan las 7 suatu rangka alat pengecekan dan treatment pada material arang di PT XYZ.



Gambar 19 Luas Area Pengelasan 7
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

- Panjang Pengelasan

Berikut merupakan gambar 20, mengenai sambungan las 7 suatu rangka alat pengecekan dan *treatment* pada material arang di PT XYZ.



Gambar 20 Area Pengelasan 7
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Tebal (t) = 5 mm
 Panjang (p) = 60 mm
 Lebar (l) = 30 mm
 Panjang Las (l) = 4 x s
 Panjang Las (l) = 4 x 60
 l = 240 mm

Panjang pengelasan (l) yang akan dilakukan adalah 240 mm. Tebal las (s) yang direkomendasikan untuk tebal besi (t) 5 mm adalah 3 mm.

- Perhitungan Tegangan Tarik Izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_t}{F_s}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{427,47 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{izin} = 106,86 \text{ N/mm}^2$$

Maka, tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 106,86 N/mm²

- Menghitung Beban

Beban total yang diterima pada sambungan las 7 adalah:

$$W_{total} = (W_{Body Oven}) + (W_{Tatakan Arang}) + (W_{Pipa}) + (W_{Body Heater}) + (W_{Heater}) + (W_{Blower}) + (W_{Arang}) + (W_{Rangka})$$

$$W_{total} = 686,7 \text{ N} + 196,2 \text{ N} + 19,62 \text{ N} + 98,1 \text{ N} + 49,05 \text{ N} + 29,43 \text{ N} + 294,2 \text{ N} + 147,15 \text{ N}$$

$$W_{total} = 1.422,35 \text{ N}$$

- Perhitungan Beban Maksimal Pengelasan

Untuk menghitung beban maksimal dari pengelasan dapat menggunakan persamaan (7):

$$P = 0,707 \text{ mm} \times s \times l \times \sigma_{ijin}$$

$$P = 0,707 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 240 \text{ mm} \times 106,86 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 54.396,0144 \text{ N}$$

Dari perhitungan total pembebanan yang terjadi pada alat didapat nilai total adalah 1.422,35 N. Perhitungan kekuatan las 7 memiliki beban maksimal sebesar 54.396,0144 N. Dengan nilai kekuatan las yang lebih besar dari pembebanan yang diterima, maka kekuatan struktur dalam menahan beban aman.

Berikut merupakan gambar 21, yang memperlihatkan hasil keseluruhan pada saat proses perhitungan pengelasan.

Hasil Perhitungan Pengelasan				
No	Keterangan	Tegangan Tarik Izin	Beban	Maksimal Beban Pengelasan
1	Pengelasan 1	106,86 N/mm ²	363,17 N	45.330,3012 N
2	Pengelasan 2	106,86 N/mm ²	1.373,3 N	40.97,0108 N
3	Pengelasan 3	106,86 N/mm ²	1.373,3 N	54.396,0144 N
4	Pengelasan 4	106,86 N/mm ²	1.373,3 N	40.97,0108 N
5	Pengelasan 5	106,86 N/mm ²	1.373,3 N	54.396,0144 N
6	Pengelasan 6	106,86 N/mm ²	1.373,3 N	54.396,0144 N
7	Pengelasan 7	106,86 N/mm ²	1.520,45 N	54.396,0144 N

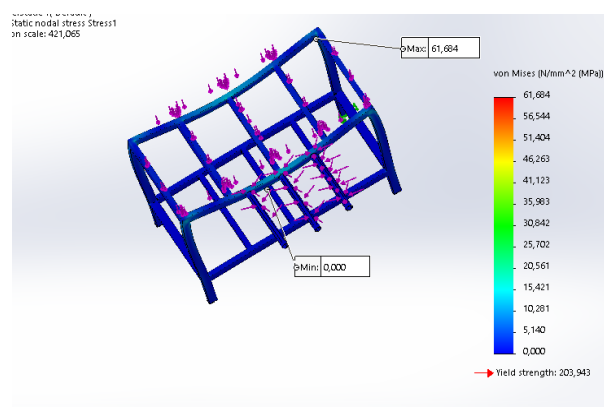
Gambar 21 Hasil Perhitungan Pengelasan
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Data pengelasan tersebut diambil berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dengan menghitung per *part* bagian rangka pada alat dan pengecekan *treatment* arang, dapat disimpulkan bahwa tegangan tarik izin untuk semua *part* yang dihitung memiliki nilai yang sama yaitu 106,86 N/mm². Nilai tersebut sama karena saat pengelasan menggunakan elektroda jenis RB-26 E-6013.

11. Finite Element Analysis (FEA)

Pada bagian ini akan menampilkan analisa hasil simulasi dengan menggunakan *software*. Untuk melakukan simulasi dari desain yang telah dibuat. Rangka pada material besi hollow yang dipakai menggunakan Jenis material Galvanis pada saat proses simulasi berlangsung. Dari alat pengecekan dan *treatment* bagian atas menerima beban statis akibat gaya yang diberikan dari suatu benda. Dari pembebanan yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

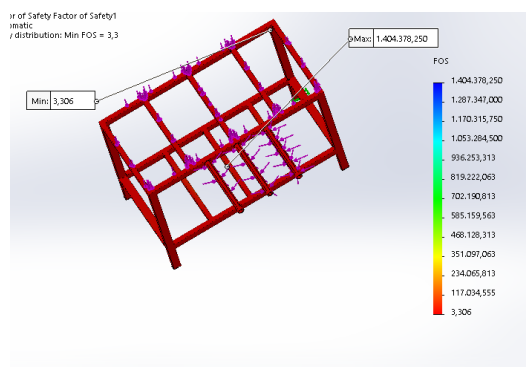
- Tegangan



Gambar 22 FEA Tegangan Rangka Alat Pengecekan dan *Treatment*
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Tegangan merupakan besar gaya yang bekerja pada permukaan benda yang dikenakan gaya. Pada Gambar 25. tegangan terbesar yaitu sebesar 61,684 MPa yang terjadi pada besi *Hollow*. Sedangkan nilai terkecil adalah 0,000 MPa pada besi dudukan *heater*. Dapat diketahui bahwa batas yield strength dari hasil simulasi adalah 203,943. Jika suatu material yang sedang diuji melebihi batas yield strength yang telah ada, maka material tersebut bisa dikatakan tidak aman untuk menompang beban yang telah diberikan.

- Factor Of Safety (FOS)



Gambar 23 *Factor Of Safety* Rangka Alat Pengecekan dan *Treatment*
(Sumber: Hasil Kajian Penulis, 2025)

Factor of safety adalah nilai tolak ukur untuk menentukan suatu struktur aman atau tidak untuk digunakan. Jika nilai *factor of safety* kurang dari 1 maka struktur atau desain tersebut dikatakan kurang aman untuk digunakan, namun sebaliknya jika nilai *factor of safety* lebih dari 1 maka struktur atau desain tersebut dikatakan aman. Dari simulasi yang telah dilakukan didapat nilai minimum sebesar 3,306 dan untuk nilai maksimal sebesar 1,404,378,250 Mpa. Sedangkan secara perhitungan nilai factor of safety dari rangka dengan cara membandingkan nilai yield strength dari material Galvanis sebesar 203,943 Mpa. dengan nilai tegangan maksimum yang terjadi pada rangka sebesar 61,684 MPa. Rumus mencari factor of safety dapat menggunakan persamaan (11) sebagai berikut:

$$F_s = \frac{\sigma_{\text{yield strength}}}{\sigma_{\text{maks}}}$$

$$F_s = \frac{203,943 \text{ Mpa}}{61,684 \text{ Mpa}}$$

$$F_s = 3,03$$

Dari hasil simulasi dan perhitungan disimpulkan bahwa rangka pengecekan dan *treatment* pada arang aman digunakan karena mempunyai nilai minimum factor of safety pada rangka > 1.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang digunakan dari Rancang Bangun Alat Pengecekan dan *Treatment* Pada Material Arang adalah penggunaan material dari kerangka alat tersebut menggunakan besi hollow dengan material galvanized steel 30 x 60 x 1,2 mm dengan Panjang 1 batang hollow 6 meter. Rangka besi hollow dengan beban 1,373,3 N dapat menahan beban dari hasil pengujian rangka dalam software dengan *factor of safety* senilai 3,03. Hasil *factor of safety* tersebut dapat disimpulkan bahwa rangka yang digunakan pada alat pengecekan dan *treatment* pada arang aman digunakan karena mempunyai nilai pada rangka > 1. Sehingga rangka tersebut saat dipakai untuk berkelanjutan nantinya dapat menahan beban yang telah ada.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. C. Susila, A. Supriyanto, dan M. V. Hermawan, "SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO KOMPOSIT ALUMINIUM TEMBAGA (Al-Cu) DENGAN VARIASI KOMPOSISI," vol. 7, hal. 228–235, 2022.
- [2] R. Adolph, *KERAGAMAN JENIS PLANKTON DAN ANALISIS LOGAM BERAT PADA PLANKTON DI PERAIRAN WAY RATAI KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG*. 2021.
- [3] F. S. Harahap, H. Walida, R. Rahmaniah, A. Rauf, R. Hasibuan, dan A. P. Nasution, "Pengaruh Aplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Arang Sekam Padi terhadap beberapa Sifat Kimia Tanah pada Tomat," *Agrotechnology Res. J.*, vol. 4, no. 1, hal. 1–5, 2020, doi: 10.20961/agrotechresj.v4i1.41121.
- [4] H. M. H. Dahlan, E. Dewi, dan A. S. Utami, "Bahan Ajar Proses Industri Kimia," 2023.
- [5] B. Ismoyo dan M. R. A. Cahyono, "Modifikasi Sistem Kendali Pneumatik Alat Press Tread Pada Building Section Mesin 02.03 Tire Motorcycle," *Indones. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, hal. 15–24, 2021, doi: 10.26740/inajet.v4n1.p15-24.
- [6] M. A. G. Irawan dan M. R. A. Cahyono, "Modifikasi Desain Kontruksi Press Tread (Studi Kasus Building Machine Tire Motorcycle)," *Indones. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, hal. 5–14, 2021, doi: 10.26740/inajet.v4n1.p5-14.
- [7] M. Amangesti, D. Puspita, Sulaeman, dan M. C. Rijal, "Rancang Bangun Troli Pengikut Objek Otomatis," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform. 2023-Teknik Elektron.*, hal. 6, 2023.
- [8] R. ISKANDAR, "Analisis Kekuatan Material dalam Konstruksi Gedung Bertingkat Tinggi RIFAN ISKANDAR," hal. 1–8, 2024.