

## ANALISIS *FACTOR OF SAFETY* PADA ALAT *CLEANING MOLD*

Muhammad Ibnu Rusydi<sup>1)</sup>

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal

ibnu@poltek-gt.ac.id

---

### **Keywords :**

*Cleaning Mold, Sandblasting, Safety Factor*

### **Abstract :**

*This study aims to determine the factor of safety in cleaning mold tools using sandblasting as a tool. The analysis shows that the cleaning method that is still done manually on the Cleaning Mold machine causes health risks and low productivity. To overcome this problem, a modification was made to the Cleaning Mold machine by taking into account the factor of safety on the support frame. In this study, the calculation of tensile stress and shear stress was carried out to determine the required material strength. The calculation results show that the load on material strength and weld and bolt strength are declared safe to use because the values are in accordance with safety standards. It is hoped that the modifications to the Cleaning Mold machine can increase work effectiveness and safety.*

---

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Industri ban merupakan sebuah industri yang memiliki proses pembuatan yang cukup kompleks dan melibatkan beberapa tahapan produksi yang berbeda. Proses curing atau Pemasakan adalah satu diantara tahap produksi yang kritis, dimana bahan karet atau bahan lainnya dicetak ke dalam bentuk yang diinginkan dengan menggunakan cetakan atau mold. Perlu diketahui terlebih dahulu bahwa proses *curing* adalah proses pemasakan ban yang awalnya dari *green tire* menjadi *tire* yang dicetak menggunakan *mold* dengan tipe *mold* yang berbeda beda sesuai kebutuhan. Industri ini sangat bergantung pada kualitas mesin yang digunakan. Pada proses pemasakan ban terkadang sisa-sisa dari *green tire* menempel pada permukaan *mold* yang menyebabkan *mold* menjadi kotor. Saat *mold* kotor maka akan dilakukan pembersihan menggunakan proses *Cleaning Mold*. *Cleaning Mold* merupakan sebuah proses pembersihan yang menggunakan *sandblasting* sebagai alat untuk membersihkan *mold*, didalam *sandblasting* sendiri terdapat suatu bahan bernama *bead glass* yang berfungsi untuk membersihkan *mold* dari sisa-sisa *green tire* dan kotoran lainnya.

Proses pembersihan *mold* secara manual memerlukan waktu dan tenaga yang besar serta dapat menyebabkan kelelahan dan cedera pada pekerja. Oleh karena itu, alat *cleaning mold* otomatis menjadi pilihan yang lebih efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis alat *cleaning mold* pada industri ban. Hasil dari rancangan

alat ini dapat dikatakan layak atau ideal Ketika alat yang dirancang dapat bekerja sebagaimana mestinya. Maka dari itu salah satu Langkah penting yang perlu dilakukan adalah melakukan analisis struktur dan ketahanan kerja komponen penyusunnya.

Salah satu cara untuk memeriksa ketahanan dan kekuatan struktur alat yang akan dirancang adalah menggunakan simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga. Software Solidwork merupakan salah satu metode simulasi yang mudah dengan metode numerik untuk memprediksi segala macam kemungkinan kegagalan dari komponen alat yang telah dirancang. Seperti yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu, Mulyanto, dkk (2017) melakukan analisis tegangan von mises pada poros mesin pemotong umbi-umbian dengan menggunakan software Solidwork, pada penelitiannya diperoleh hasil tegangan von mises maksimum yaitu 446765792,0 N/m<sup>2</sup>, nilai faktor keamanan 1,8 dan nilai deformasi sebesar 8,149 mm. Ketiga parameter ini paling sedikit yang harus diketahui ketika memeriksa kekuatan struktur suatu alat. Hal ini perlu diperhatikan agar mesin dapat bekerja dengan aman dan efektif. Selain itu, safety factor analysis juga dapat membantu industri ban dalam menentukan perawatan yang diperlukan untuk sebuah mesin *Cleaning Mold* agar mesin tetap dalam kondisi baik dan bekerja secara optimal.

Penelitian ini sangat relevan dan penting dalam rangka meningkatkan efektivitas dan keamanan mesin pembersih *mold* pada industri ban. Hasil penelitian dapat dijadikan acuan bagi industri ban dalam menentukan perawatan dan modifikasi mesin

Cleaning Mold yang tepat agar dapat bekerja dengan aman dan efektif, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas produk ban yang dihasilkan.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dibuatnya penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui faktor keamanan pada alat *Cleaning Mold*.

## 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian alat bantu *Cleaning Mold* ini diantaranya yaitu :

1. Perancangan hanya berfokus pada analisis
2. Metode penelitian hanya menggunakan simulasi Solidwork.
3. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan, deformasi, dan faktor Keamanan.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Kekuatan Material

Dalam merancang suatu struktur, ditetapkan prosedur pemilihan suatu material yang sesuai dengan kondisi aplikasinya. Kekuatan bahan bukan kriteria satu-satunya yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur. Berlawanan dengan mekanika, kekuatan bahan berkaitan dengan hubungan antara gaya luar yang bekerja dan pengaruhnya terhadap gaya dalam benda. Kekakuan suatu bahan sama dengan pentingnya dengan derajat lebih kecil, sifat seperti kekerasan, ketangguhan merupakan penetapan pemilihan bahan. Beberapa sifat bahan yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan suatu material (Effendy, 2013):

1. Keuletan adalah sifat suatu bahan yang memungkinkan menyerap energi pada tegangan yang tinggi tanpa patah, yang biasanya diatas batas elastis
2. Elastisitas adalah sifat kemampuan bahan untuk kembali ke ukuran dan bentuk asalnya setelah gaya luar dilepas. Sifat ini penting pada semua struktur yang mengalami beban yang berubah-ubah
3. Kekakuan adalah sifat yang didasarkan pada sejauh mana bahan mampu menahan perubahan bentuk. Ukuran kekakuan suatu bahan adalah modulus elastisitasnya, yang diperoleh dengan membagi tegangan satuan dengan perubahan bentuk satuan-satuan yang disebabkan oleh tegangan tersebut
4. Kemamputempaan adalah sifat suatu bahan yang bentuknya bisa diubah dengan

memberikan tegangan-tegangan tekan tanpa kerusakan

### 1.1. Tegangan Izin

Tegangan yang diijinkan adalah tegangan maksimum yang boleh terjadi pada suatu bahan agar bahan tersebut tidak mengalami kepatahan atau deformasi plastis. Hal ini dapat dimengerti, karena didalam perencanaan – perencanaan harus dapat ditentukan ukuran – ukuran atau beban sedemikian rupa, sehingga konstruksi yang direncanakan tidak mengalami kegagalan. Untuk menentukan tegangan yang diizinkan, harus dapat diperhitungkan terhadap tegangan maksimal dengan suatu faktor yang dinamakan faktor keamanan (Khurmi & Gupta, 2005).

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{f_s} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$\sigma_i$  = Tegangan izin

$\sigma$  = Tegangan Luluh

$f_s$  = *Factor of Safety*

### 1.2. Tegangan Tarik Pada Baut

Tegangan tarik pada baut merupakan gaya luar yang bekerja segaris dengan sumbu pada baut, persamaan untuk menghitung tegangan tarik pada baut adalah sebagai berikut (Khurmi & Gupta, 2005)

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \sigma_t \quad (2.2)$$

Keterangan :

$W$  = Gaya luar yang bekerja (N)

$d_c$  = Diameter dalam baut (mm)

$\sigma_t$  = Tegangan tarik izin pada baut (N/mm<sup>2</sup>)

### 1.3. Tegangan Geser Pada Baut

Tegangan geser pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \tau \times n \quad (2.3)$$

Keterangan :

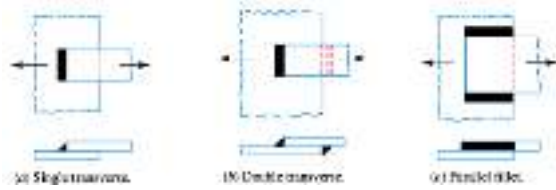
$W$  = Gaya geser yang ditahan

$\tau$  = Tegangan geser baut (N/mm<sup>2</sup>)

$d_c$  = Diameter mayor baut (mm)

$n$  = Jumlah baut

1.4. Sambungan Las



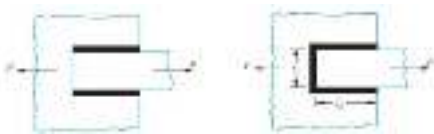
Gambar 1. Sambungan Las

Sambungan las merupakan sambungan permanen yang diperoleh dari paduan dua bagian tepi logam yang akan diabung secara bersama, dengan atau tanpa penerapan tekanan dan bahan pengisi. Panas yang dibutuhkan untuk menggabungkan logam diperoleh dengan pembakaran gas atau busur listrik (Khurmi & Gupta, 2005)

1.5. Jenis Sambungan Las

1. Lap Joint atau Fillet Joint

Sambungan ini diperoleh dengan pelapisan plat dan kemudian mengelas sisi dari plat. Bagian penampang fillet mendekati triangular (segitiga). Sambungan las fillet ditunjukkan pada gambar dibawah ini (Khurmi & Gupta, 2005):



Gambar 2. Tipe Sambungan Las Fillet Joint

2. Butt Joint

Butt Joint diperoleh dengan menempatkan sisi pelat dengan jenis – jenisnya diantaranya adalah square butt joint, single V-butt joint, Single U-butt joint, Double V-belt joint, dan Double U butt joint. Dalam pengelasan butt, sisi pelat tidak memerlukan kemiringan jika ketebalan pelat kurang dari 5 mm. Jika tebal plat adalah 5 mm sampai dengan 12,5 mm maka sisi yang dimiringkan berbentuk alur atau U pada kedua sisi:



Gambar 3. Tipe Pengelasan Butt Joint

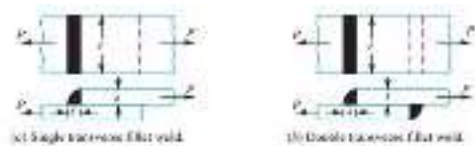
Keterangan:

1. Square Butt Joint
2. Single V- Butt Joint
3. Single U - Butt Joint
4. Double V - Butt Joint

5. Double U – Butt Joint

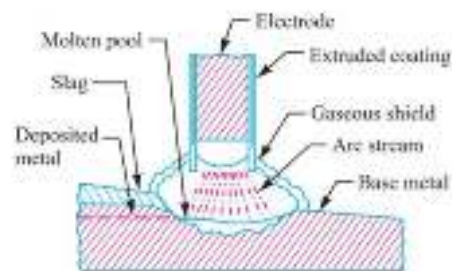
2.7. Kekuatan Sambungan Las Melintang

Metode pengelasan fillet sejajar ini dirancang untuk kekuatan tarik seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Sambungan Las Fillet Tunggal dan Double

Terdapat 2 jenis sambungan las fillet melintang yaitu single transverse fillet dan double transverse fillet. Perbedaannya terletak pada titik pengelasan. Berikut ini adalah gambar dari skema dan dimensi bagian sambungan las.



Gambar 5. Skema dan dimensi bagian sambungn las

Keterangan :

- t = Tebal leher (BD)
- s = Ukuran las
- l = Panjang las

Berdasarkan gambar diatas maka jarak ketebalan throat (t) adalah jarak yang paling kecil. Sehingga dapat diketahui rumus luas area sambungan las adalah sebagai berikut (Khurmi & Gupta, 2005):

$$\begin{aligned}
 A &= t \times l & (2.4) \\
 A &= s \times \sin 45^\circ \times l \\
 A &= 0,707s \times l
 \end{aligned}$$

Dari gambar di atas pula kita temukan rumus ketebalan leher

$$t = s \times \sin 45^\circ = 0,707s \quad (2.5)$$

Jika  $\sigma_t$  adalah tegangan tarik yang diijinkan untuk proses pengelasan logam, maka kekuatan tarik untuk

metode pengelasan *fillet* tunggal (*single fillet weld*) adalah sebagai berikut (Khurmi & Gupta, 2005)

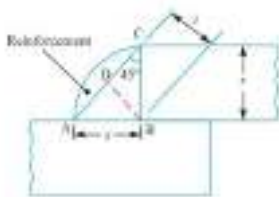
$$P = 0,707 \times s \times l \times \sigma_t \quad (2.6)$$

Sedangkan kekuatan tarik sambungan las dengan menggunakan metode las *fillet* ganda (*double fillet weld*) adalah sebagai berikut (Khurmi & Gupta, 2005)

$$P = 2 \times 0,707 \times s \times l \times \sigma_t \quad (2.7)$$

## 2.8. Kekuatan Sambungan Las *Fillet* Sejajar

Metode pengelasan *fillet* sejajar ini dirancang untuk



kekuatan tarik seperti terlihat pada gambar di bawah ini (Khurmi & Gupta, 2005)

**Gambar 6.** Sambungan Las *Fillet* sejajar

Jika  $\tau$  adalah tegangan geser yang diijinkan untuk proses pengelasan logam, maka kekuatan tarik untuk metode pengelasan *fillet* tunggal (*single fillet weld*) adalah sebagai berikut :

$$P = Throat \times All \ Shear \ Stress \quad (2.8)$$

$$P = 0,707 \times s \times l \times \tau$$

Dan kekuatan geser sambungan yang diijinkan untuk metode pengelasan *fillet* ganda (*double fillet weld*) adalah sebagai berikut:

$$P = 2 \times 0,707 \times s \times l \times \tau \quad (2.9)$$

$$P = 1,414 \times s \times l \times \tau$$

**Tabel 1.** *Factor of Safety*

<i>Thickness of plate</i> (mm)	3	6	10	18	26	Over
<i>Minimum size of weld</i> (mm)	5	8	16	24	55	58
	3	5	6	10	14	20

## 2.9. Bangun Datar

### 1. Massa Benda

Untuk mengetahui *Massa* suatu benda dengan diketahui volume dan *Massa* jenis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Sularso, 2002):

$$m = \rho \times v \quad (2.10)$$

Keterangan :

$m$  = *Massa* Benda (kg)  
 $\rho$  = *Massa* Jenis (kg/m<sup>3</sup>)  
 $v$  = Volume (m<sup>3</sup>)

### 2. Perhitungan Beban Pada Bidang Datar

Untuk menentukan berat dari benda yang berada pada bidang datar dari gaya yang ada pada benda tersebut dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Sularso, 2002):

$$W = m \times g \quad (2.11)$$

Keterangan :

$m$  = *Massa* Benda (kg)  
 $g$  = *Gaya* Gravitasi (m/s<sup>3</sup>)

## 2.10. *Factor of Safety*

*Factor safety* dapat diartikan sebagai rasio perbandingan antara tegangan maksimum dengan tegangan kerja, seperti berikut (R.S. Khurmi & J.K. Gupta., 2005):

1. Perbandingan antara tegangan maksimum atau tegangan kerja actual dengan tegangan izin

$$FS = \frac{\sigma_{maks}}{\sigma_{allowable}} \quad (2.12)$$

2. Perbandingan antara tegangan *ultimate* dengan tegangan izin

$$FS = \frac{\sigma_{ultimate}}{\sigma_{allowable}} \quad (2.13)$$

3. Perbandingan antara yield strength dengan tegangan maksimum yang terjadi

$$FS = \frac{\sigma_{yield \ strength}}{\sigma_{maks}} \quad (2.14)$$

*Factor safety* yang diberikan agar desain konstruksi dan komponen mesin mempunyai ketahanan terhadap beban yang diterima.

4. Tegangan tarik izin dan Tegangan geser izin

Menurut kode *American Society of Mechanical Engineering* (ASME) untuk desain shaft transmisi,

tegangan kerja maksimum yang diizinkan dalam bentuk Tarik atau tekan adalah:

- a. 112 Mpa untuk shaft tanpa pasak.
- b. 84 Mpa untuk shaft dengan pasak.

Berdasarkan spesifikasi fisik shaft, tegangan tarik yang diizinkan ( $\sigma_t$ ) diambil 60% dari batas elastis tarik ( $\sigma_{el}$ ), tetapi tidak boleh melebihi 36% tegangan tarik ultimate ( $\sigma_u$ ). Dengan kata lain, tegangan tarik yang diizinkan adalah:

$$\sigma_t = 0,6 \sigma_{el} \text{ atau } 0,36 \sigma_u \quad (2.15)$$

5. Tegangan geser maksimum yang diizinkan adalah:

- a. 56 Mpa untuk shaft tanpa pasak.
- b. 42 Mpa untuk shaft dengan pasak.

Berdasarkan spesifikasi fisik shaft, tegangan geser yang diizinkan ( $\tau$ ) diambil 30% dari batas elastis tarik ( $\sigma_{el}$ ), tetapi tidak boleh melebihi 18% tegangan tarik ultimate ( $\sigma_u$ ). Dengan kata lain, tegangan geser yang diizinkan adalah (R.S. Khurmi & J.K. Gupta., 2005):

$$\tau = 0,3 \sigma_{el} \text{ atau } 0,18 \sigma_u \quad (2.16)$$

**Tabel 2.** Factor of Safety material

Material	Steady Load	Live	Shock Load
Cast iron	5 to 6	8 to 12	16 to 20
Wrought iron	4	7	10 to 15
Steel	4	8	12 to 16
Soft Materials and alloy	6	9	15
Leather	9	12	15
Timber	7	10 to 15	20

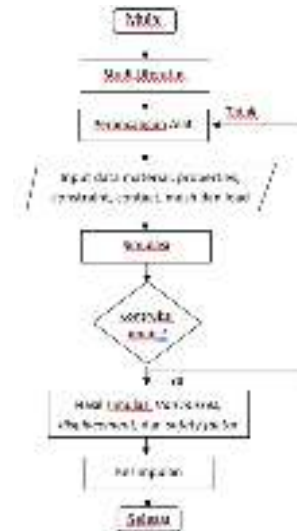
### 3. METODOLOGI KAJIAN

#### 3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan menggunakan metode simulasi menggunakan perangkat lunak Solidworks.

#### 3.2. Alur Penelitian

Alur penelitian bertujuan agar penelitian ini berjalan secara sistematis.



**Gambar 7.** Alur penelitian

### 3.3. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan untuk mendeskripsikan hasil simulasi dan perhitungan pada model alat cleaning mold industri ban.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Perhitungan Massa Setiap Part Mesin Cleaning Mold

No	Komponen	Material	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Massa (kg)	Jumlah
1	Screw Shaft Horizontal	S-35C	4,410 x 10 <sup>-4</sup>	7900	3,48 kg	1
2	Sliding Shaft Horizontal	S-35C	2,073 x 10 <sup>-4</sup>	7900	1,63 kg	2
3	Pillow Block	UCFL-204 020 mm	-	-	0,60 kg	2
4	Bearing Block	SS-41	5,816 x 10 <sup>-4</sup>	8000	4,65 kg	1
5	Support 1	SS-41	4,793 x 10 <sup>-4</sup>	8000	3,83 kg	1
6	Support 2	SS-41	2,424 x 10 <sup>-4</sup>	8000	1,93 kg	1
7	Bracket Horizontal	SS-41	1,617 x 10 <sup>-4</sup>	8000	1,29 kg	2
8	Frame 1	SS-41	3,168 x 10 <sup>-4</sup>	8000	2,53 kg	1
9	Bracket Vertikal	SS-41	8,819 x 10 <sup>-6</sup>	8000	0,07 kg	2
10	Screw Shaft Vertikal	S-35C	1,565 x 10 <sup>-4</sup>	7900	1,23 kg	1
11	Bearing Block Vertikal	SS-41	2,607 x 10 <sup>-4</sup>	8000	2,08 kg	1
12	Sliding Shaft Vertikal	S-35C	7,490 x 10 <sup>-5</sup>	7900	0,59 kg	1
13	Frame 2	SS-41	3,108 x 10 <sup>-4</sup>	8000	2,48 kg	1
14	AS Support	SS-41	5,390 x 10 <sup>-5</sup>	8000	0,42 kg	1
15	Clamp	SS-41	3,067 x 10 <sup>-5</sup>	8000	0,24 kg	4
16	Clamp Ring	SS-41	5,358 x 10 <sup>-6</sup>	8000	0,04 kg	4
17	Flexible Coupling	Besi Steel 8x8 mm	1,153 x 10 <sup>-4</sup>	7900	0,88 kg	2
18	Terminal Block	SS-41	2,974 x 10 <sup>-4</sup>	8000	2,29 kg	1
19	Motor	0,18 KW, 380-415 VOLT, 1340 RPM			4,70 kg	2
20	Dudukan Motor Horizontal	SS-41	4,488 x 10 <sup>-4</sup>	8000	0,44 kg	1
21	Dudukan Motor Vertikal	SS-41	4,768 x 10 <sup>-4</sup>	8000	0,47 kg	1
22	Box Cover	SS-41	1,091 x 10 <sup>-3</sup>	8000	8,73 kg	1
23	Air Supply	SS-41	1,428 x 10 <sup>-4</sup>	8000	1,37 kg	1
24	Panel Box	SS-41	4,876 x 10 <sup>-2</sup>	8000	14,08 kg	1
25	Baut M5	AISI 304	4,840 x 10 <sup>-7</sup>	8000	0,01 kg	6
26	Baut M5	AISI 304	2,299 x 10 <sup>-7</sup>	8000	0,01 kg	4
27	Baut M10	AISI 304	3,749 x 10 <sup>-6</sup>	8000	0,03 kg	29
28	Mur M10	AISI 304	1,546 x 10 <sup>-6</sup>	8000	0,03 kg	16

**Tabel 3.** Factor of Safety material

#### 4.2. Kekuatan Sambungan Las Pada Support

Pengelasan pada komponen ini dilakukan untuk menggabungkan komponen besi plat SS-41 dengan *Cleaning Mold* dengan panjang plat 150mm, lebar 120mm, dan tebal plat 10mm. Metode yang digunakan dalam proses pengelasan komponen ini adalah pengelasan jenis *butt joint weld*



**Gambar 8.** Area pengelasan pada support

Maka diketahui sebagai berikut :

$$l = 50 \text{ mm}$$

$$t_{\text{profil plat besi}} = 10 \text{ mm}$$

$$t_{\text{profil plat cleaning mold}} = 5 \text{ mm}$$

Profil plat besi SS-41 dan besi plat yang akan dilas mempunyai tebal  $t$  sebesar 10 mm, sehingga untuk melakukan pengelasan tebal las yang direkomendasikan untuk tebal 10mm adalah 6mm (Tabel 1).

Dalam proses pengelasan ini menggunakan jenis elektroda 6013 dimana elektroda tersebut memiliki spesifikasi tegangan Tarik sebesar 60 ksi atau 413,685 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk *Factor Of Safety* yang digunakan adalah 4 (Tabel III). Untuk menghitung tegangan Tarik yang diizinkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) sebagai berikut :

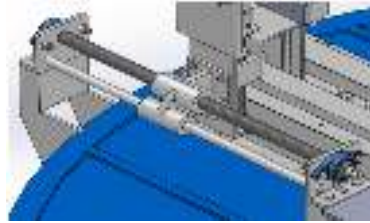
$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_t}{f_s}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{413,685 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{ijin} = 103,42 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui bahwa tegangan Tarik yang diizinkan adalah sebesar 103,42 N/mm<sup>2</sup>.

#### 4.3. Tegangan Geser dan Tegangan Tarik Pada Baut Pengikat *Bracket dan Shaft*



**Gambar 9.** Baut pada area bracker dan shaft.

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui beban yang diterima oleh baut adalah sebagai berikut (2.11):

$$\begin{aligned} \text{Beban Total Baut} = & [(W_{\text{screw shaft horizontal}}) + \\ & (W_{\text{sliding shaft horizontal}}) + (W_{\text{pillow block}}) + \\ & (W_{\text{bearing block horizontal}}) + (W_{\text{bracket horizontal}}) + \\ & (W_{\text{frame 1}}) + (W_{\text{bracket vertikal}}) + \\ & (W_{\text{screw shaft vertikal}}) + (W_{\text{bearing block vertikal}}) + \\ & (W_{\text{sliding shaft vertikal}}) + (W_{\text{frane 2}}) + \\ & (W_{\text{as support}}) + (W_{\text{clamp}}) + (W_{\text{clamp ring}}) + \\ & (W_{\text{flexible coupling}}) + (W_{\text{terminal block}}) + \\ & (W_{\text{motor}}) + (W_{\text{dudukan motor vertikal}})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Total Baut} = & [(3,48 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (3,26 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (0,60 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (4,65 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (2,58 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (2,53 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (0,14 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (1,23 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (2,08 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (0,59 \text{ kkg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (2,48 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (0,42 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (0,96 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (0,16 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (0,88 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (2,29 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + (4,70 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) + \\ & (0,47 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Total Baut} = & [(34,104 \text{ N}) + (31,948 \text{ N}) + \\ & (5,88 \text{ N}) + (45,57 \text{ N}) + (25,284 \text{ N}) + \\ & (24,794 \text{ N}) + (1,372 \text{ N}) + (12,054 \text{ N}) + \\ & (20,384 \text{ N}) + (5,782 \text{ N}) + (24,304 \text{ N}) + \\ & (4,116 \text{ N}) + (9,408 \text{ N}) + (1,568 \text{ N}) + (8,624 \text{ N}) + \\ & (22,442 \text{ N}) + (46,06 \text{ N}) + (4,606 \text{ N})] \end{aligned}$$

$$\text{Beban Total Baut} = 328,3 \text{ N}$$

Jadi beban total yang diterima oleh baut adalah sebesar 328,3 Newton.

Tegangan geser yang terjadi pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \tau \times n$$

$$328,3 \text{ N} = \frac{\pi}{4} \times (10^2) \times \tau \times 12 \text{ baut}$$

$$328,3 \text{ N} = 0,785 \times 100 \times 12 \text{ baut} \times \tau$$

$$328,3 \text{ N} = 942 \times \tau$$

$$\tau = \frac{328,3 \text{ N}}{942}$$

$$\tau = 3,48 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas telah diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada 12 baut yaitu sebesar  $3,48 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2$ . Dengan demikian tegangan geser yang diterima pada setiap baut adalah:

$$\tau \text{ baut} = \tau / \text{jumlah baut}$$

$$\tau \text{ baut} = 3,48 \times 10^{-1} \text{ N/mm}^2 / 12$$

$$\tau \text{ baut} = 2,90 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser yang diterima oleh setiap baut adalah sebesar  $2,90 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2$ . Perhitungan tegangan tarik pada baut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{4} \times d_c^2 \times \sigma_t$$

$$328,3 \text{ N} = \frac{\pi}{4} \times (10^2) \times \sigma_t$$

$$328,3 \text{ N} = 0,785 \times 100 \times \sigma_t$$

$$328,3 \text{ N} = 78,5 \times \sigma_t$$

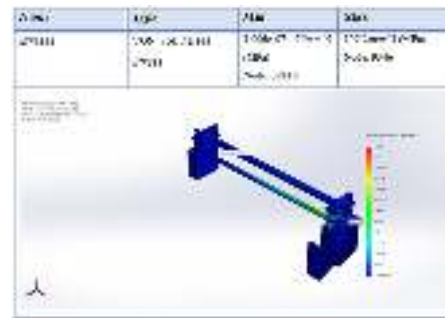
$$\sigma_t = \frac{328,3 \text{ N}}{78,5}$$

$$\sigma_t = 4,182 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai dari tegangan tarik pada baut adalah  $4,182 \text{ N/mm}^2$ .

#### 4.4. Analisa Faktor Keamanan Pada Penopang Mesin Cleaning Mold

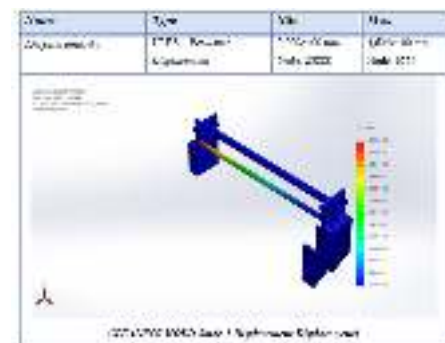
##### 4.4.1 Tegangan (Stress)



**Gambar 10.** Tegangan *stress* yang terjadi pada alat *Cleaning Mold*

Tegangan (*stress*) adalah besarnya gaya yang bekerja pada suatu permukaan benda. Pada gambar diatas tegangan terbesar yang terjadi pada kerangka meja sebesar 109 Mpa terjadi pada *sliding shaft* yang terhubung dengan *bracket 1*. Sementara tegangan terkecil sebesar 2,00 Mpa terjadi pada *sliding shaft* yang terhubung dengan *bracket 2*.

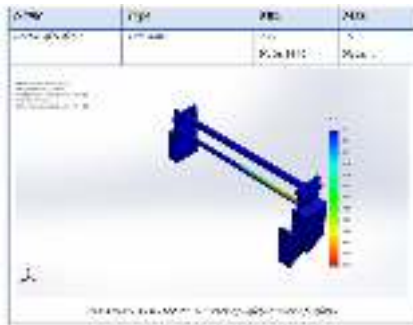
##### 4.4.2 Displacement



**Gambar 11.** Perubahan bentuk pada alat *Cleaning Mold*

*Displacement* adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya, dalam hal ini melengkung. Bagian yang paling melengkung pada penopang *Cleaning Mold* ini terdapat pada daerah yang berwarna paling merah sebesar 4,62 mm pada bagian *sliding shaft* dekat dengan *bracket 2*. Sementara bagian yang paling kecil melengkungnya pada area yang paling berwarna biru sebesar 0 pada bagian *sliding shaft* dekat dengan *bracket* pada nomor 1

#### 4.4.3 Factor of Safety



**Gambar 12.** Factor of Safety pada alat *Cleaning Mold*

*Factor of Safety* adalah tolak ukur untuk menentukan kualitas suatu barang atau produk. Jika nilai *Factor of Safety* kurang dari 1 maka barang atau produk tersebut dikatakan kurang aman untuk digunakan, namun sebaliknya apabila nilai *Factor of Safety* lebih dari 1 maka produk atau barang dapat dikatakan aman. Dari hasil simulasi yang dilakukan pada *software solidword 2019*, penopang *Cleaning Mold* memiliki nilai minimal *Factor of Safety* nya sebesar 2,79 dan untuk nilai maksimal dari *Factor of Safety* nya sebesar 15. Adapun secara perhitungan dapat dicari nilai *Factor of Safety* alat *Cleaning Mold* ini yaitu dengan membandingkan antara *Yield Strength* material dari S-35 C sebesar 304 Mpa dengan tegangan (*Stress*) maksimum yang terjadi pada penopang alat *Cleaning Mold* ini sebesar 109 Mpa. Rumus mencari *Factor of Safety* menggunakan persamaan (2.14) sebagai berikut :

$$F_s = \frac{\sigma \text{ yield strenght}}{\sigma \text{ maks}}$$

$$F_s = \frac{304 \text{ Mpa}}{109 \text{ Mpa}}$$

$$F_s = 2,78 \text{ Mpa}$$

Dari simulasi dan perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa penopang alat *Cleaning Mold* ini sangat aman karena memiliki nilai *Factor of Safety* di atas angka satu.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dengan dilakukanya modifikasi pada mesin *Cleaning Mold*, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa analisa kekuatan material

yang digunakan yaitu perhitungan tegangan tarik dan tegangan geser pada r. Setelah dilakukan perhitungan pembebanan pada penopang didapat tegangan tarik izin pada las sebesar 103,42 N/mm<sup>2</sup>, beban total baut sebesar 328,3 N, tegangan geser yang terjadi pada setiap baut sebesar 2,90 x 10<sup>-2</sup> N/mm<sup>2</sup>, tegangan tarik yang pada baut sebesar 4,182 N/mm<sup>2</sup>. Dengan demikian, perhitungan pembebanan pada kekuatan material dan perhitungan kekuatan las dan baut dinyatakan aman untuk digunakan karena nilai hasil perhitungan sesuai dengan standar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). A Textbook Of. *Garden, I*, 14.
- [2] Nur. (2017). *Perancangan Mesin-Mesin Industri*.
- [3] Prasetyo, E., Hermawan, R., Ridho, M. N. I., Hajar, I. I., Hariri, H., & Pane, E. A. (2020). Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (Tdf) Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa, 13*(3), 299–306.
- [4] Wanda, M., & Bangun, A. (2018). Pemanfaatan Hasil Modifikasi Pembelajaran Pendidikan Jasmani Di Slb-Ypac Cabang Medan. In *Physical Education, Health And Recreation* (Vol. 2, Issue 2).
- [5] Mulyanto, T, & Spto, A,D (2017). Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian Software Solidwork