

OPTIMASI DAN ANALISIS DESAIN *JAW GRIPPER* MENGGUNAKAN FILAMEN *ONYX* DI PT. MATAHARI MEGAH

Gerren Aurelian Suhandar¹, Agus Halim², Kevin Raynaldo³

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: gerren.515190011@stu.untar.ac.id

²Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: agush@ft.untar.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: kevin@mm.co.id

Masuk : 24-11-2022, revisi: 12-12-2022, diterima untuk diterbitkan : 20-12-2022

ABSTRAK

Robot *gripper* merupakan salah satu teknologi yang biasa digunakan untuk mencengkram suatu benda. *Gripper* mempunyai bentuk lengan yang disesuaikan dengan fungsinya. Salah satu produk dari PT. Matahari Megah ialah *jaw gripper* dengan bentuk lingkaran yang berfungsi untuk mencengkram benda kerja, namun desain dari *jaw gripper* ini masih belum optimal, karena masih menggunakan material yang terlalu berlebihan. Tujuan dari penelitian ini adalah memperbaiki desain *existing jaw gripper* agar lebih optimal dalam penggunaan material maupun *cost* yang dikeluarkan. Selain itu, setelah melakukan perbaikan desain, kemudian melakukan simulasi yang berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) untuk mengetahui kekuatan desain ketika diberi tekanan dan juga melakukan analisis menggunakan *software Markforged* untuk mengetahui perbedaan *part details* seperti waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *print*, penggunaan bahan material serta estimasi *material cost* yang dikeluarkan. Hasil dari simulasi Inventor didapatkan perbedaan tegangan *Von Mises Stress* antara *existing jaw gripper* dan *new jaw gripper* sebesar 5,28 MPa, dengan *Displacement* sebesar 0,03 mm dan didapatkan juga perbedaan nilai *Safety Factor* sebesar 2,21.

Kata Kunci: *Gripper, Jaw Gripper, Finite Element Analysis, Von Mises Stress, Safety Factor*

ABSTRACT

Robot gripper is one of the technologies commonly used to grip an object. The gripper has an arm shape adapted to its function. One of the products from PT. Matahari Megah is a jaw gripper with a circular shape which functions to grip the workpiece, but the design of this jaw gripper is still not optimal, because it still uses too much material. The purpose of this research is to improve the design of the existing jaw gripper so that it is more optimal in the use of materials and costs incurred. In addition, after making design improvements, then conducting simulations based on Finite Element Analysis (FEA) to determine the strength of the design when under pressure and also conducting an analysis using Markforged software to determine differences in part details such as the time needed to print, the use of materials and estimated material costs incurred. The results of the Inventor simulation show that the difference in Von Mises Stress between the existing jaw gripper and the new jaw gripper is 5.28 MPa, with a displacement of 0.03 mm and a difference in safety factor value of 2.21 is obtained.

Keywords: *Gripper, Jaw Gripper, Finite Element Analysis, Von Mises Stress, Safety Factor*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dalam dunia industri bergerak dengan pesat dan kompetitif, di dunia industri sudah tidak asing lagi dengan adanya proses otomasi, hampir seluruh proses produksi dalam sebuah perusahaan industri menggunakan proses otomasi untuk menghasilkan sebuah produk dengan cepat dalam jumlah massal dengan tingkat kepresisian yang tinggi (Kadim, 2017).

Robot kini merupakan salah satu bidang yang populer dikalangan dunia Pendidikan, industri, dan banyak bidang lainnya. Dana yang dikeluarkan sangat besar karena dipergunakan untuk penelitian dan pengembangan robot (Siswaja, 2008). Robot dirancang untuk membantu atau menggantikan peranan manusia dalam mengerjakan suatu tugas berat seperti bekerja di area yang berbahaya, dituntut untuk bekerja cepat dengan tingkat presisi yang tinggi, dan konsisten dengan hasilnya (Pandey et al., 2019).

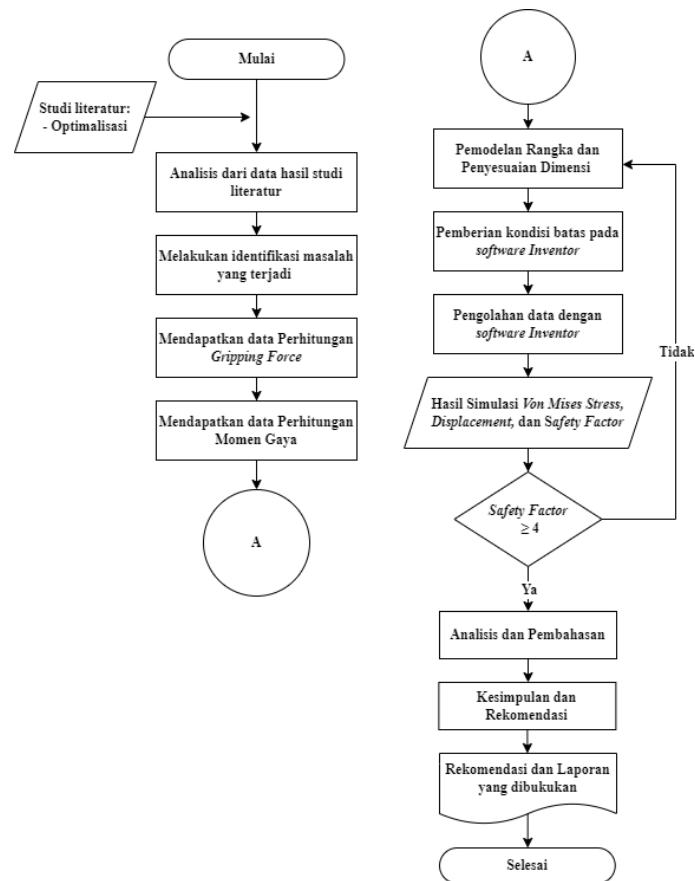
Arm robot atau biasa disebut dengan robot manipulator adalah sebuah sistem mekanik yang berbentuk seperti lengan manusia. *Arm robot* biasa digunakan untuk menggenggam dan meletakkan benda pada posisi yang telah ditentukan. Dalam hal ini *Gripper* adalah sebuah *end effector* dari sebuah *arm robot*. Untuk membuat *arm robot* di dunia industri tidaklah murah dan mudah dikarenakan bahan yang digunakan harus memiliki daya tahan tinggi terhadap suhu dan tekanan serta memiliki gerakan yang fleksibel (Rahmawan & Prahasto, 2013). Bentuk *jaw gripper* yang seperti jari-jari manusia berguna dalam proses mengambil dan meletakkan benda. *jaw gripper* dapat didesain menyesuaikan bentuk benda kerja. *Jaw gripper* inilah yang bersentuhan langsung dengan benda kerja yang akan digenggam dan berfungsi sebagai menggenggam benda tersebut (Nugroho, 2016).

PT. Matahari Megah yang sudah berusia 35 tahun dalam memberikan pelayanan dalam bidang *automation, customized*, serta *jig and fixtures* berlokasi di Jalan Raya Serang km 8,5 Kadu Jaya, Tangerang, Banten. Pada saat ini, PT. Matahari Megah sedang mengembangkan hasil 3D-Print berupa *jaw gripper* yang berfungsi untuk mengambil dan memindahkan *sleeve* atau *bearing*. Masalah yang timbul dari desain *existing jaw gripper* ialah adanya beberapa bagian desain yang kurang efisien sehingga menimbulkan banyaknya material filamen Onyx yang tidak terpakai, seharusnya untuk penggunaan material yang lebih dikurangi pada desain masih akan mampu menahan tekanan dari benda kerja, oleh karena itu, dibutuhkan optimasi pada desain *new jaw gripper* agar memiliki kekuatan yang baik dengan *cost* yang seekonomis mungkin.

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana mengoptimalkan desain *existing jaw gripper*, serta mengetahui perbandingan hasil dari nilai *von Mises stress, displacement*, dan *safety factor* pada desain *jaw gripper* berdasarkan hasil simulasi *stress analysis*. Lebih lanjut lagi. Dengan demikian, *output* dari penelitian ini adalah sebuah desain industri sebagai referensi bagi PT. Matahari Megah.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan untuk melakukan penelitian guna mencari hasil desain yang optimal ini dimulai dari mencari sumber dan mengumpulkan data dengan melakukan pencarian informasi serta mempelajari penelitian-penelitian yang berkaitan dengan mendesain *jaw gripper*. Kemudian mengidentifikasi masalah yang terjadi pada desain *jaw gripper* yang dibuat oleh PT. Matahari Megah, selanjutnya menganalisis masalah yang terjadi pada desain *jaw gripper* seperti terlalu banyak material yang digunakan. Kemudian dilakukan perhitungan guna mendapatkan data untuk mengetahui kebutuhan *jaw gripper*. Selanjutnya dilakukan pemodelan rangka dan penyesuaian dimensi menggunakan *software Inventor*. Kemudian dilakukan pengujian *stress analysis* menggunakan *software Inventor* dengan kondisi batas yang telah ditentukan. Hasil perbaikan desain dapat dikatakan aman jika hasil *safety factor* ≥ 4 (Mott et al., n.d.), jika tidak mencapai hasil tersebut, maka harus dilakukan pemodelan rangka dan penyesuaian dimensi ulang. Langkah selanjutnya ialah menganalisis dan pembahasan dari hasil *stress analysis*. Setelah menganalisis dan pembahasan, maka akan didapatkan hasil serta dapat ditarik kesimpulan.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan *software* Autodesk Inventor 2021 *Student Version*. Autodesk Inventor merupakan salah satu produk dari Autodesk Inc. Simulasi Autodesk Inventor berguna untuk menganalisis untuk membuktikan kekuatan dan validitas dari sebuah desain (Ari & Wibawa, 2019). Analisis tegangan yang dilakukan oleh Autodesk Inventor menggunakan metode analisis elemen hingga. Analisis elemen hingga merupakan metode umum yang digunakan oleh *software* analisis struktur. Analisis elemen hingga adalah Teknik numerik matematis untuk menghitung kekuatan dan perilaku struktur komponen Teknik dengan membagi obyek menjadi bentuk jala atau yang biasa disebut *mesh* (Wibawa, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis perhitungan *gripping force* dilakukan untuk mengetahui kebutuhan *gripper* untuk mencengkram *workpiece*. *Gripper* mencengkram satu demi satu *workpiece*.

Rumus gaya:

$$\Sigma f : m \times a \tag{1}$$

Dimana Σf adalah resultan gaya, m adalah massa (kg), dan a adalah percepatan (m/s^2)

$$f_n - w = ma \tag{2}$$

Dimana f_n adalah gaya normal, w adalah usaha (N), m adalah massa (kg), dan a adalah percepatan (m/s^2)

$$f_n - w = ma \tag{3}$$

Dimana μ adalah koefisien gesek, gf adalah *gripping force* (N), m adalah massa (kg), g adalah gravitasi (m/s^2) dan a adalah percepatan (m/s^2).

Persamaan (1), (2), dan (3) akan di *input*-kan kedalam persamaan 4 untuk mendapatkan hasil dari *gripping force*.

$$gf = \frac{m(g+a)}{n \times \mu} \times sf \quad (4)$$

Dimana gf adalah *gripping force* satu *jaw* (N), m adalah massa benda kerja (kg), g adalah gravitasi ($9.81 m/s^2$), a adalah akselerasi (m/s^2), n adalah jumlah lengan, μ adalah koefisien gesek, dan sf adalah *Safety factor*.

Sebelum melakukan perhitungan *gripping force* diperlukan perhitungan untuk mencari akselerasi yang diberikan robot kepada *gripper* maka diperlukan perhitungan sebagai berikut: perhitungan menggunakan rumus gerak lurus berubah beraturan (GLBB)

$$s = v_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2 \quad (5)$$

Keterangan s adalah jarak (m), v_0 adalah kecepatan awal (m/s), t adalah waktu (s), a adalah percepatan (m/s^2).

Tabel 1. Spesifikasi *jaw gripper*

| No. | Keterangan | Diketahui |
|-----|------------------------|-----------|
| 1 | Jarak (m) | 0,277750 |
| 2 | Waktu (s) | 2,74 |
| 3 | Massa (kg) | 0,388 |
| 4 | Akselerasi (m/s^2) | 0,0725 |
| 5 | Koefisien Gesek | 0,3 |
| 6 | <i>Safety Factor</i> | 2 |

Penyelesaian untuk mencari akselerasi dengan menggunakan persamaan (5), diperoleh hasil sebesar $0,0725 m/s^2$. Setelah mendapatkan hasil akselerasi, selanjutnya melakukan perhitungan *gripping force* menggunakan persamaan (4), maka didapatkan data dari perhitungan *gripping force* sebesar 12,791 N.

Analisis Perhitungan Momen dan Gaya

Momen gaya adalah efek balik yang dihasilkan suatu gaya pada objek yang sedang bekerja. Momen suatu gaya sama dengan hasil kali gaya dan jarak tegak lurus dari suatu titik (Khurmi & Gupta, n.d.).

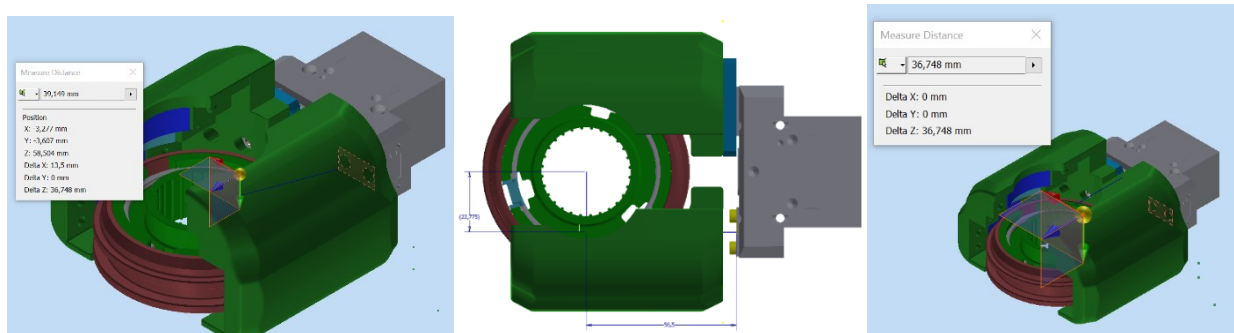


Gambar 2. Momen dan Gaya (Khurmi & Gupta, n.d.)

$$M = F \times L \tag{6}$$

M: Momen Gaya (Nm)
F : Gaya aksi pada objek (N)
L : Jarak tegak lurus dari suatu titik dan garis gaya (m)

Terdapat tiga momen yang terjadi pada gripper yaitu momen sumbu x, momen sumbu y dan momen sumbu z. Perhitungan momen *gripper* dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3. Kiri momen M_x , tengah momen M_y , dan kanan momen M_z

1. Momen sumbu x (M_x) dari berat total dengan jarak gripper hingga *gripping force* (horizontal).

$$M_x = w_{tot} \times L \times gf$$

Keterangan M_x adalah Momen Sumbu x (Nm), W_{tot} adalah berat total (kg), L adalah Jarak (m), gf adalah *Gripping Force* (N)

penyelesaian perhitungan momen gaya M_x

$$M_x = 0,592 \text{ kg} \times 0,039149 \text{ m} \times 12,757\text{N}$$

$$M_x = 0,295 \text{ Nm}$$

2. Momen sumbu y (M_y) *gripping force* dengan jarak *gripper*.

$$M_y = gf \times L$$

Keterangan M_y adalah Momen Sumbu y (Nm), gf adalah *Gripping Force* (N), L adalah jarak (m)

Penyelesaian perhitungan momen gaya M_y :

$$M_y = 12,757\text{N} \times 0,0565\text{m}$$

$$M_y = 0,721 \text{ Nm}$$

3. Momen sumbu z (M_z) berat total dengan jarak gripper hingga *gripping force* (vertikal).

$$M_z = w_{tot} \times L \times gf$$

Keterangan M_z adalah Momen Sumbu z (Nm), W_{tot} adalah berat total (Kg), L adalah jarak (m), dan $gf = \textit{Gripping Force}$ (N)

perhitungan momen gaya M_x

$$M_x = 0,592 \text{ kg} \times 0,036478 \text{ m} \times 12,757\text{N}$$

$$M_x = 0,275 \text{ Nm}$$

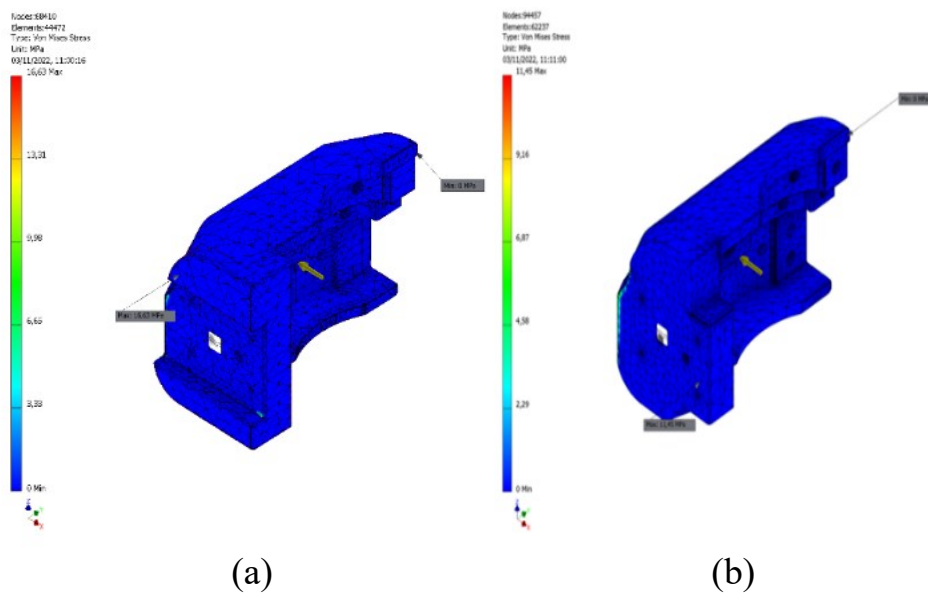
Analisis Jaw Gripper dengan Metode *Finite Element Analysis* (FEA)

Simulasi pengujian *jaw gripper* pada *gear shaft OP 30 Input* dilakukan dengan pemberian titik *constraint* dan pembebanan sebesar 180N. pengolahan data pada *assembly* dilakukan sebelum melakukan analisis pada *assembly*. Data yang diolah berupa menambahkan material Onyx dan pengaturan meshing secara *default* dengan jumlah *nodes* dan *elements* pada desain sesudah perbaikan sebanyak 94457 dan 62237, sedangkan desain sebelum perbaikan diperoleh sebanyak

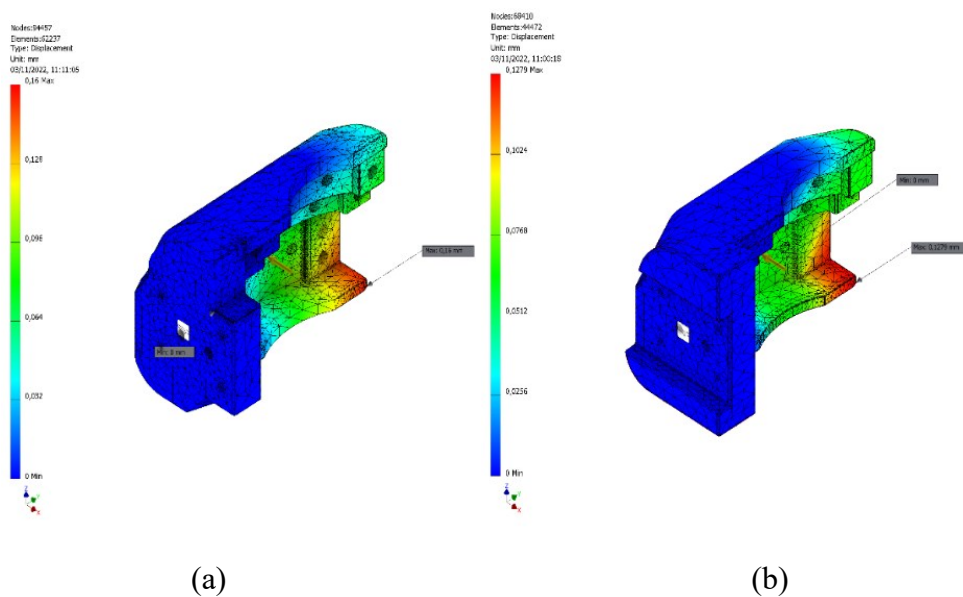
68410 dan 44472. Sifat fisik material yang digunakan dalam analisis tegangan dengan Autodesk Inventor 2021 *Student Version* dapat dilihat dari Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Sifat Fisik Material Onyx

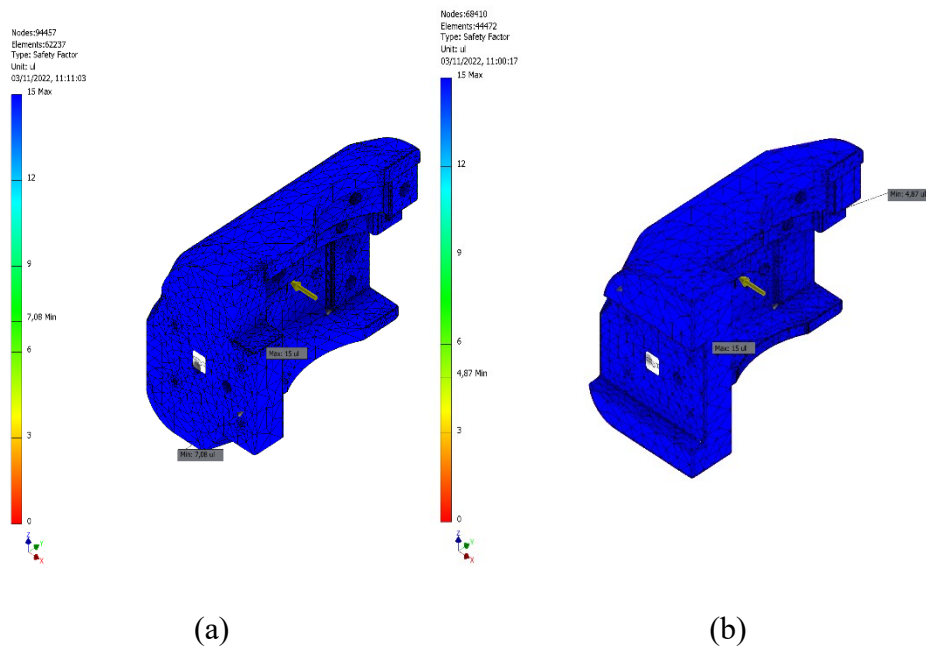
| Material | Onyx |
|-------------------------|-----------------------|
| <i>Young's Modulus</i> | 2900 Mpa |
| <i>Poisson's Ratio</i> | 0,30 ul |
| <i>Density</i> | 1,2 g/cm ³ |
| <i>Yield Strength</i> | 81 Mpa |
| <i>Tensile Strength</i> | 36Mpa |



Gambar 4. Hasil Analisis *Von Mises Stress Jaw Gripper* (a) sesudah (b) sebelum



Gambar 5. Hasil Analisis *Displacement Jaw Gripper* (a) sesudah (b) sebelum



Gambar 6. Hasil Analisis *Safety Factor* *Jaw Gripper* (a) sesudah (b) sebelum

Hasil analisis kekuatan *jaw gripper* berupa nilai *Von Mises stress*, *Displacement*, dan *Safety Factor*. Material yang digunakan dalam simulasi yaitu filamen Onyx. Hasil simulasi diuraikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 3. Hasil *Stress Analysis*

| Hasil | Sebelum Perbaikan | | Sesudah Perbaikan | |
|------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | Minimum | Maksimum | Minimum | Maksimum |
| <i>Von Mises Sress (MPa)</i> | 0 | 16,63 | 0 | 11,45 |
| <i>Displacement (mm)</i> | 0 | 0,13 | 0 | 0,16 |
| <i>Safety Factor (ul)</i> | 4,87 | 15 | 7,08 | 15 |

Nilai maksimum *Von Mises Stress* pada desain sebelum perbaikan sebesar 16,63 MPa dan 11,45 Mpa pada desain sesudah perbaikan. *Von Mises Stress* yang terjadi dikategorikan aman karena berada dibawah *Yield Strength* yaitu 81 Mpa (Salimin et al., 2018). Nilai *Displacement* pada desain sebelum perbaikan sebesar 0,13 mm dan 0,16 mm pada desain sesudah perbaikan. *Displacement* dikateforikan aman karena relatif kecil. Nilai *Safety Factor* terendah pada desain sebelum perbaikan sebesar 4,87 dan 7,08 pada desain sesudah perbaikan. Nilai *Von Mises Stress* dengan *Safety Factor* adalah berbanding terbalik

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Optimalisasi desain *jaw gripper* dapat dilakukan dengan cara pemangkasan pada bagian-bagian yang tidak terpakai, sehingga dapat mengurangi penggunaan material. Berdasarkan hasil dari simulasi *stress analysis* didapatkan data hasil simulasi desain *jaw gripper* sesudah perbaikan mendapatkan hasil yang lebih baik dibanding desain sebelum perbaikan di mana nilai maksimum *Von Mises stres* dari desain sesudah perbaikan sebesar 11,45 MPa dan desain sebelum perbaikan sebesar 16,63 MPa, sedangkan untuk hasil *Displacement* desain sesudah perbaikan sebesar 0,16

mm, dan desain sebelum perbaikan sebesar 0,13 mm, sedangkan hasil minimum *Safety Factor* desain sesudah perbaikan sebesar 7,08 dan desain sebelum perbaikan sebesar 4,87.

Rekomendasi untuk Perusahaan

Apabila menemukan sebuah kasus di mana sebuah desain *jaw gripper* yang tidak efisien dalam penggunaan material, maka dapat dibuat dengan desain yang sangat minim dalam penggunaan material, jika hasil dari desain yang menggunakan material sangat minim belum kuat, maka diperlukan desain dengan penggunaan material dengan kategori sedang hingga menemukan desain yang optimal. Pada penelitian selanjutnya diharapkan mencoba menggunakan material yang berbeda.

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Matahari Megah dan Program Studi Teknik Mesin Universitas Tarumanagara selaku lembaga yang membantu memfasilitasi penelitian serta pihak-pihak lain yang membantu dalam penelitian sampai dengan penyusunan makalah.

REFERENSI

- Ari, L., & Wibawa, N. (2019). *EFFECT OF MATERIAL SELECTION ON THE STRENGTH OF THE MAIN LANDING GEAR FRAME FOR UAV AIRCRAFT*. 2(1), 48–52.
- Djaya Siswaja, H. (2008). *PRINSIP KERJA DAN KLASIFIKASI ROBOT* (Vol. 7, Issue 3). Jurusan Teknik Mesin, M., Teknik, F., Halu Oleo, U., Jurusan Teknik Mesin, D., Halu Oleo Jl HEA Makadompit, U., & Hijau Bumi Tridarma Andounohu, K. (2018). Perancangan dan Analisa Simulasi Pembebanan Chassis Sepeda Wisata Untuk Dua Penumpang Menggunakan Software Autodesk Inventor. *Ismail Adha*, 3(3), 3.
- Kadim, A. (2017). *PENERAPAN MANAJEMEN PRODUKSI & OPERASI DI INDUSTRI MANUFaktur*.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (n.d.). [A Textbook for the Students of B A TEXTBOOK OF A TEXTBOOK OF A TEXTBOOK OF A TEXTBOOK OF A TEXTBOOK OF Top. In *Engg. Services*.
- Mott, R. L., Vavrek, E. M., & Wang, J. (n.d.). *Machine elements in mechanical design*.
- NUGROHO, R. B. S. A. (2016). Gripper adaptif untuk robot. *Teknik Elektronika*, 1–58.
- Pandey, K., Kumar, N., & History, M. (2019). *a Case Study of Hand Gripper and Its Optimization Using Finite Element Analysis*. 6(05), 346–350.
- Rahmawan, A., & Prahasto, T. (2013). Optimasi Gripper Dua Lengan dengan Menggunakan Metode Genetic Algorithm pada Simulator Arm Robot 5 DOF (Degree of Freedom). In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 1, Issue 2).
- Wibawa, L. A. N. (2019). Desain dan Analisis Tegangan Alat Pengangkat Roket Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 2(01), 23–26. <https://doi.org/10.33795/jetm.v2i01.31>