

PERANCANGAN DAN ANALISIS STRUKTUR STATIS PADA MEJA CNC PLASMA CUTTING MENGGUNAKAN SOLIDWORKS

M. Robby Anggara¹⁾, Irawan Malik²⁾, Almadora Anwar Sani^{2)*}

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya Jln. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

*email korespondensi: almadora@polsri.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Received:
08/08/2022

Accepted:
20/12/2022

Online-Published:
28/02/2023

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil desain yang maksimal melalui metode QFD (*Quality Function Deployment*) sebagai acuan awal yang harus diperhatikan pada tahap desain. Untuk mengetahui kebutuhan konsumen terhadap produk yang dibuat. Dilanjutkan dengan metode DFMA (*Design For Manufacturing and Assembly*) untuk mendapatkan hasil desain yang sesuai dengan kebutuhan dan meningkatkan efisiensi rancang bangun yang dibuat terhadap waktu pembuatan dan pengurangan biaya material yang tidak diperlukan. Lalu pada tahap akhir dilakukan simulasi analisa stress menggunakan perangkat lunak *Solidworks* untuk mengetahui tegangan maksimum yang diterima akibat pembebanan yang diberikan dan dapat mengetahui keamanan kekuatan rangka meja yang akan diberi beban serta mengetahui beban maksimal yang bisa diterima rangka. Material yang digunakan pada rangka merupakan ASTM A36. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa dengan pembebanan yang diberikan sebesar 600 N pada rangka mengalami tegangan maksimum sebesar 161,1 Mpa dan didapatkan tegangan luluh sebesar 257,76 Mpa serta faktor keamanan sebesar 1,3. Maka dengan data tersebut desain rangka yang telah dibuat dinyatakan aman. Dan untuk beban maksimal yang bisa diterima rangka adalah sebesar 97,88 kg.

Kata Kunci: QFD, DFMA, ASTM A36, tegangan luluh, tegangan maksimum, faktor keamanan, Solidworks, analisa stress

ABSTRACT

This research was conducted to obtain maximum design results through the QFD (Quality Function Deployment) method as an initial reference that must be considered at the design stage. Conducted to determine consumer needs for products made. Followed by the DFMA (Design For Manufacturing and Assembly) method to get the design results that match the needs and improve the efficiency of the designs made to the time of manufacture and reduce the cost of materials that are not needed. Then at the final stage, a stress analysis simulation is carried out using Solidworks software to determine the maximum stress received due to the given load and can determine the safety of the table frame strength that will be loaded and find out the maximum load that the frame can accept. The material used in the frame is ASTM A36. From the results of this study, it was found that with a given loading of 600 N, the frame experienced a maximum stress of 161.1 Mpa and a yield stress of 257.76 Mpa was obtained and a safety factor of 1.3. So with these data the frame design that has been made is declared safe. And for the maximum load that the frame can accept is 97.88 kg.

Keywords: QFD, DFMA, ASTM A36, yield stress, maximum stress, factor Of Safety, Solidworks, stress analysis

© 2023 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan
(Indexed in SINTA)

doi:
doi.org/10.5281/zenodo.7684151

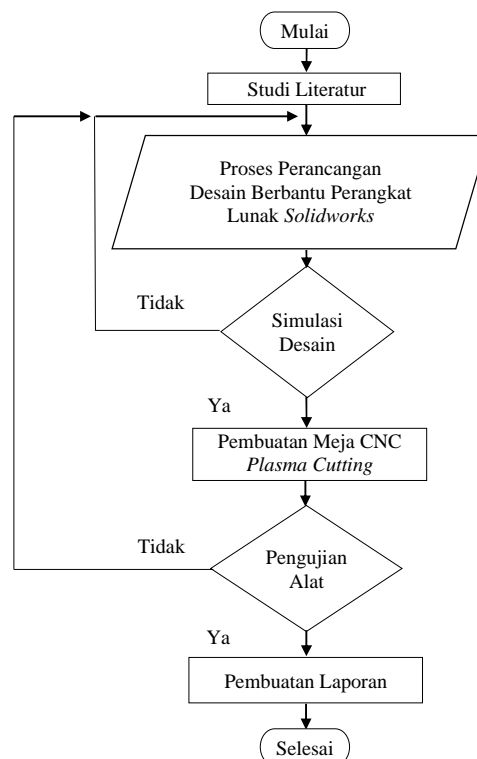
1. PENDAHULUAN

CNC diterapkan secara luas dalam bidang teknik mesin, terutama dalam bidang industri maupun dunia pendidikan, tipe mesin yang digunakan diantaranya CNC *router*, *lathe*, plasma *cutting* dan 3D printer (Amri dan Sumbodo, 2018). Proses pemotongan logam yang mengandalkan kecepatan dan tingkat kepresisian yang tinggi diperlukan mesin yang teruji. Salah satunya menggunakan plasma *cutting* yang dikombinasikan dengan mesin CNC. Kebanyakan plasma *cutting* yang sering ditemui dipasaran masih *handy portable*, sehingga dapat mengurangi kecepatan proses pengerjaan dan tingkat kepresisian. Mesin berbasis *Computerized Numerical Control* (CNC) yang dikombinasikan dengan plasma *cutting* dapat dijadikan solusi dari penunjang sistem pemotongan logam. Standarisasi dari rangka mesin sangat perlu diperhatikan dikarenakan mempengaruhi proses permesinan. Sedangkan CNC plasma yang buatan dalam negeri yang sering dijumpai masih kurang memperhatikan faktor tersebut. Selain itu, desain konstruksi meja pendukung benda kerja perlu diperhatikan untuk memastikan mesin dapat bertahan dalam jangka waktu panjang (Rahman dkk, 2019).

Chan dkk (2019) dalam penelitian mengenai *design and structural analysis of 3 axis CNC milling machine table*, Jika suatu benda kerja diletakkan di atas meja mesin, meja mesin harus cukup kuat dan harus memiliki sifat mekanik yang baik, untuk mendapatkan hasil yang baik dan akurat. Analisis elemen hingga (FEA) memberikan studi metodis tentang prinsip kegagalan yang membantu perkembangan proses perancangan dari meja mesin 3 sumbu. Analisis Statis dilakukan pada meja mesin untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan meja, deformasi meja karena beratnya. Metode elemen hingga (FEA) dalam penelitian memiliki kontribusi yang besar di riset dan industri, metode ini berfungsi sebagai salah satu alat penelitian dalam eksperimen numerik (Chandra dkk, 2021). Plasma *cutting* adalah proses yang digunakan untuk pemotongan baja atau logam. Dalam proses pemotongan tersebut, gas yang terkandung dalam udara yang dikompresi (78% nitrogen, 21% oksigen, 1% argon) ditiup dengan kecepatan tinggi yang keluar dari *nozzel*, di saat yang sama busur listrik terbentuk melalui gas dari *nozzel* ke permukaan yang telah dipotong, lalu mengubah sebagian dari udara menjadi plasma (Cahyono, 2017).

2. BAHAN DAN METODA

Dalam melakukan penelitian, terdapat langkah-langkah penelitian, langkah-langkah tersebut dalam diagram alir penelitian di bawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah

Tabel 1. Alat Penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Software CAD/CAM	Solidworks	1 Buah
2	Laptop	Asus	1 Buah

Adapun bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah

Tabel 2. Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	Rangka Meja CNC Plasma Cutting	ASTM A36	1 Buah

2.2 Metode Pengumpulan Data

- Metode literatur, metode yang digunakan untuk memperoleh data dari jurnal, buku-buku terhadap objek yang dipelajari sebagai referensi.
- Metode observasi, adalah metode yang dilakukan dengan cara melihat langsung benda atau objek yang sudah ada dan bagaimana cara menyelesaikan masalah tersebut.

2.3 Metode Quality Function Deployment (QFD)

Metode yang digunakan untuk mengembangkan kualitas desain yang bertujuan untuk memuaskan konsumen dan kemudian menerjemahkan permintaan konsumen menjadi target desain dan poin utama kualitas jaminan untuk digunakan di seluruh tahap produksi. Pada metode ini akan dilakukan pembuatan berupa *House of Matrix* (HOQ)

2.4 Metode Design For Manufacturing and Assembly (DFMA)

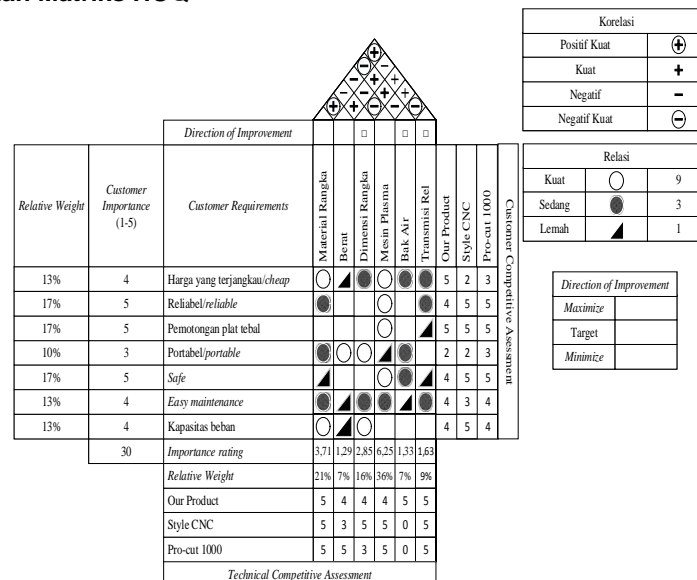
Metode ini bertujuan untuk menyederhanakan struktur produk agar proses perakitannya menjadi lebih singkat dan menghemat ongkos biaya pembuatan yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk sehingga produk tersebut dapat dikeluarkan lebih cepat ke pasaran.

2.5 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara melakukan simulasi *stress analysis* pada *Solidworks* menggunakan *linear static analysis* berdasarkan *Finite Element Method* (FEM) terhadap meja CNC plasma *cutting* sehingga mendapatkan nilai berupa tegangan, regangan, deformasi dan faktor keamanan yang terjadi pada rangka meja CNC Plasma *Cutting*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pembuatan Matriks HOQ



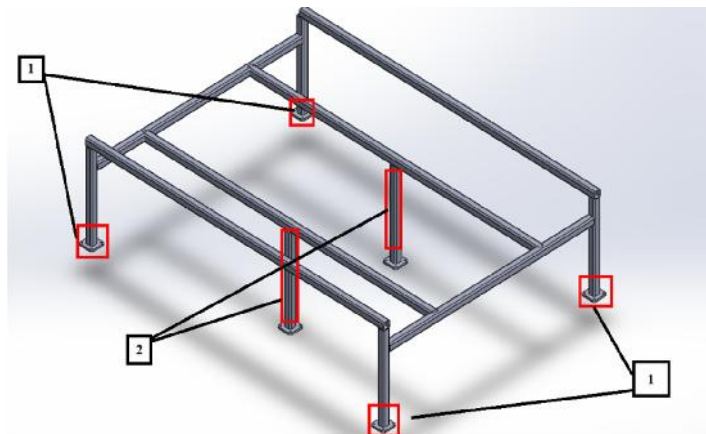
Gambar 2. Matriks HOQ Produk yang dibuat

Berdasarkan matriks HOQ yang telah dibuat, maka nilai tingkat kepentingan/ *Importance Rating* dari urutan nilai tertinggi antara hubungan persyaratan teknis dengan kebutuhan konsumen terdapat pada aspek mesin pada urutan pertama. Aspek mesin plasma yang digunakan sangat berhubungan dengan harga yang terjangkau, semakin tinggi kualitas mesin yang digunakan maka semakin tinggi juga biaya yang dikeluarkan yang mana akan sangat berkaitan dari harga produk yang akan dijual. Akan tetapi terlihat pada matriks HOQ pelanggan juga memerlukan hasil pemotongan yang stabil atau reliabel dan juga mesin bisa digunakan untuk pemotongan plat yang tebal serta keamanan alat juga dibutuhkan pelanggan dimana semua aspek tersebut diperlukan mesin yang berkualitas. Kemudian dilanjutkan pada aspek material rangka. Pada aspek ini sangat mempengaruhi dari harga yang akan dijual dan tentunya semakin berkualitas dan tepat material yang digunakan maka semakin kuat rangka tersebut bisa menerima beban. Kemudian aspek dimensi rangka. Pada aspek ini sangat berhubungan dengan mesin yang *portable* atau mudah dipindahkan dan kapasitas beban yang diterima mesin. Semakin besar dimensi rangka maka mesin juga semakin susah untuk dipindahkan dan tentunya juga mempengaruhi aspek kapasitas beban yang bisa ditopang mesin. Selanjutnya aspek transmisi rel. Pada tahap ini hal yang cukup berhubungan adalah harga yang terjangkau, kemudahan dalam perawatan, dan reliabel. Pada aspek bak air cukup berhubungan dengan harga yang terjangkau, portabel dan *safe*. Terakhir aspek berat. Tentunya aspek ini sangat berhubungan dengan kemudahan alat bisa dipindahkan. Dengan didapatkan hasil data dari matriks HOQ maka bisa dilakukan pembuatan alat yang mengacu pada data hasil matriks HOQ. Semakin tinggi nilai *importance rating*-nya maka semakin tinggi juga acuan yang diperhatikan terhadap aspek tersebut dalam pembuatan alat.

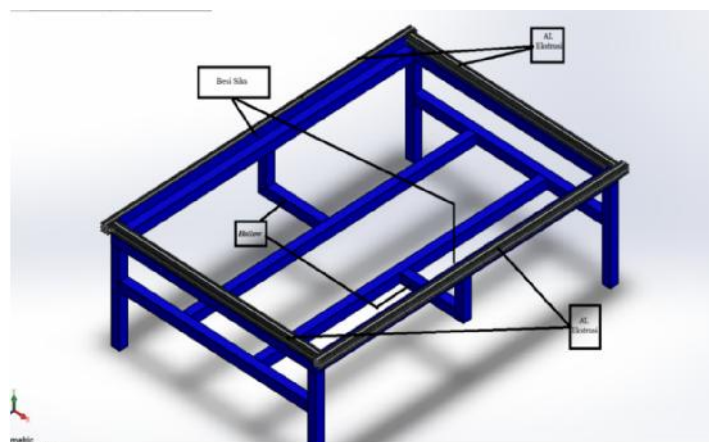
3.2 Optimalisasi desain hasil rancangan menggunakan DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*)

Berikut adalah beberapa alternatif desain yang mengalami perubahan dari beberapa komponen yang telah dibuat sebelumnya seperti rangka meja, rel sumbu z menggunakan *software Solidworks*.

3.2.1 Rangka Meja



Gambar 3. Desain Awal Rangka Meja



Gambar 4. Desain Akhir Rangka Meja

Tabel 3. Desain Awal Rangka Meja

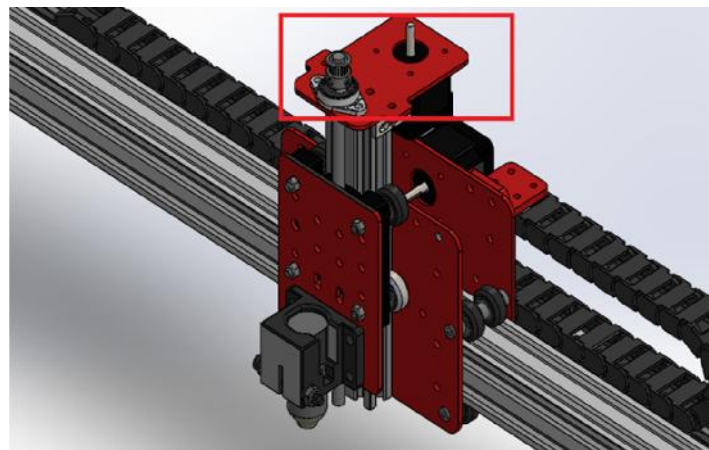
Material Komponen	Jumlah Komponen
Besi Hollow	12
Tapak kaki meja	4

Tabel 4. Desain Akhir Rangka Meja

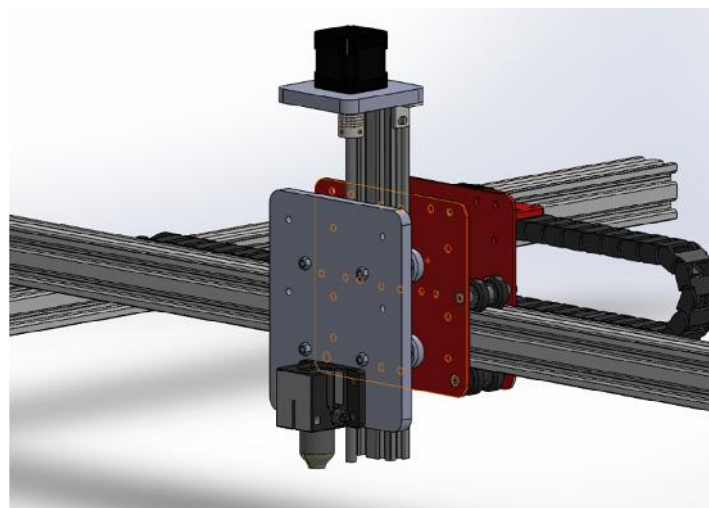
Material Komponen	Jumlah Komponen
Alumunium Ekstruksi	4
Besi Hollow	14
Besi L	2

Terjadi penyederhanaan dan penambahan komponen. Pada kaki desain awal terdapat beberapa *part* yang dihilangkan. Hal ini dilakukan karena komponen yang dihilangkan tidak mempengaruhi secara signifikan kekuatan dari rangka meja yang dibuat dikarenakan fungsi utamanya sebagai penopang tidak hilang pada rangka desain awal sehingga meningkatkan tingkat efisiennya. Sedangkan pada desain akhir merupakan penambahan komponen dari desain awal. Hal ini dikarenakan kebutuhan teknis dari pengoperasian alat yang dibuat. Sehingga ditambahkan alumunium ekstrusi yang dijadikan landasan rel sumbu y untuk meningkatkan kepresisian alat pada saat roda berjalan di rel dan membuat perakitan lebih mudah dilakukan. Penambahan komponen besi siku dimaksudkan sebagai penopang alumunium ekstrusi sumbu y dengan cara dibaut antara besi siku dan alumunium ekstrusinya selain itu besi siku dimanfaatkan untuk *belt* yang dipasang pada sumbu y agar tetap aman dari percikkan api pada saat pemotongan plat oleh plasma.

3.2.2 Rel Sumbu Z



Gambar 5. Bagian Komponen yang Dihilangkan Pada Desain Awal Rel



Gambar 6. Bagian Komponen yang Ditambahkan Pada Desain Akhir

Tabel 5. Desain Awal Rel Sumbu Z

Material Komponen	Jumlah Komponen
Pulley	1
Bearing	1

Tabel 6. Desain Akhir Rel Sumbu Z

Material Komponen	Jumlah Komponen
Kopling	1

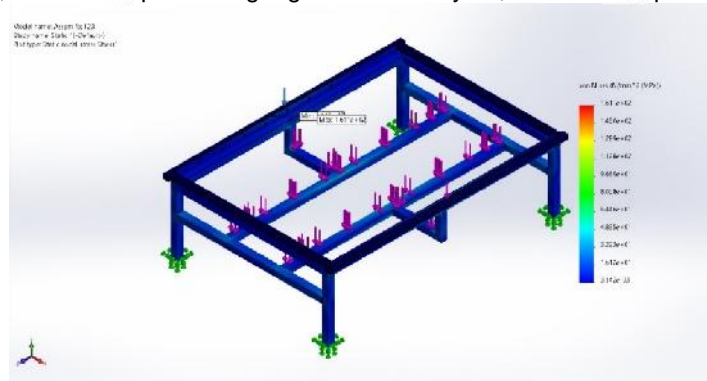
Pada Gambar 5 yang telah ditandai terdapat komponen puli dan bantalan. Komponen tersebut dihilangkan. Hal ini dikarenakan komponen tersebut tidak terlalu diperlukan sehingga dilakukan penghilangan pada komponen tersebut dan digantikan dengan kopling yang langsung terhubung dengan *as drat* seperti pada Gambar 6 untuk meningkatkan ke efisiensi komponen yang digunakan.

3.3 Hasil Analisis Statik Rangka Dengan *Solidworks*

Hasil analisis rangka dengan perangkat lunak *Solidworks* menghasilkan *von mises*, *Displacement*, dan *Factor of Safety*. Material yang digunakan pada rangka merupakan besi hollow ASTM A36.

3.3.1 *Von Mises Stress*

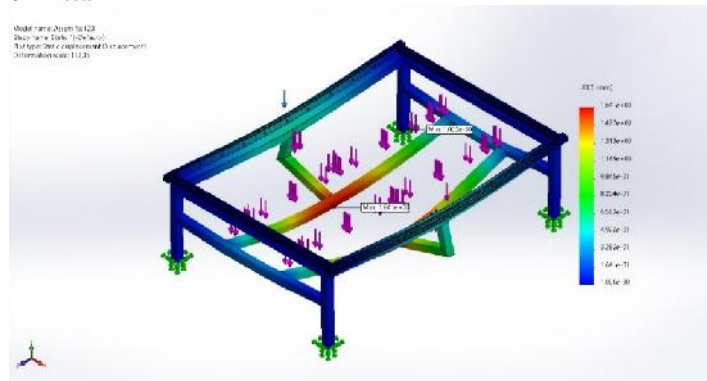
Hasil analisis dari tegangan atau *von mises stress* dengan pembebanan 600 N didapatkan tegangan maksimum sebesar $1,611 \times 10^2$ Mpa dan tegangan minimumnya $3,142 \times 10^{-3}$ Mpa.



Gambar 7. Hasil Simulasi *Von Mises Stress*

3.3.2 *Displacement*

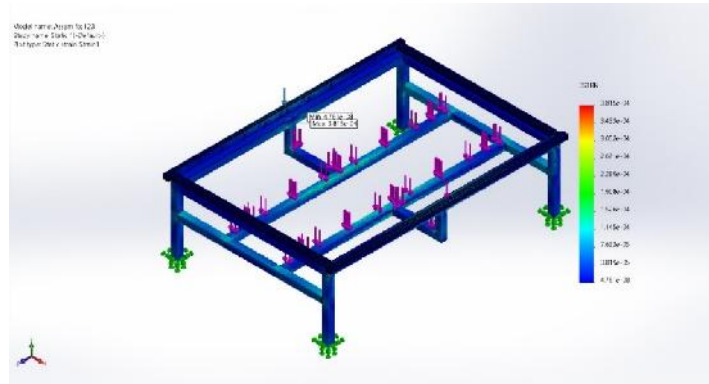
Hasil analisis dari *Displacement* dengan pembebanan 600 N didapatkan nilai terbesar 1,641 mm dan nilai minimumnya 1×10^{-30} mm.



Gambar 8. Hasil Simulasi *Displacement*

3.3.3 Strain

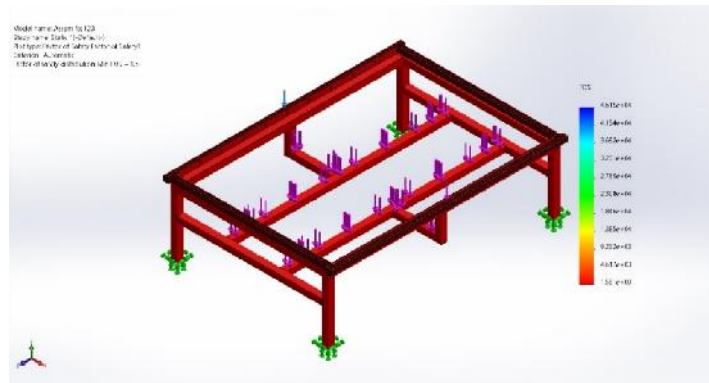
Hasil analisis dari regangan atau *strain* dengan pembebanan 600 N didapatkan nilai terbesar $3,815 \times 10^{-4}$ dan nilai minimumnya $4,761 \times 10^{-8}$.



Gambar 9. Hasil Simulasi *Strain*

3.3.4 Factor of Safety

Hasil analisis dari faktor keamanan atau *factor of safety* dengan pembebanan 600 N didapatkan nilai sebesar 1,6.



Gambar 10. Hasil Simulasi *Factor Of Safety*

3.4 Hasil perhitungan Beban Maksimal Dan Syarat Aman

Untuk mengetahui beban maksimal yang bisa diterima rangka maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Faktor keamanan dirumuskan :

$$n = \frac{\text{Kekuatan sebenarnya}}{\text{kekuatan yang dibutuhkan}} \quad (1)$$

Diketahui

$$P_e = 600 \text{ N} = 61,18 \text{ kg}$$

$$n = 1,6$$

Maka,

$$n = \frac{P_{max}}{P_e}$$

$$P_{max} = n \times P_e$$

$$= 1,6 \times 61,18$$

$$= 97,88 \text{ kg}$$

Jadi, beban maksimum yang bisa diterima rangka adalah sebesar 97,88 kg.

$$n = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_e}$$

$$1,6 = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_e}$$
$$\sigma_{yield} = 1,6 \times 161,1$$
$$= 257,76 \text{ Mpa}$$

Tegangan maksimum pada rangka yang dihasilkan setelah melakukan analisis adalah 161,1 Mpa sedangkan tegangan yield-nya 257,76 Mpa artinya berdasarkan teori kegagalan Teori Energi Distorsi (*Distortion Energy*), jika tegangan maksimum yang terjadi akibat beban yang diterimanya lebih kecil daripada tegangan *yield*-nya maka dinyatakan aman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari data pembuatan matriks HOQ, didapatkan nilai tingkat kepentingan/*Importance Rating* antara hubungan persyaratan teknis dengan kebutuhan konsumen. Berdasarkan nilai urutan tertinggi-nya aspek mesin merupakan nilai tertinggi jadi diperlukan perhatian lebih pada aspek mesin yang akan digunakan, dilanjutkan pada aspek material rangka, aspek dimensi rangka, aspek transmisi rel, aspek bak air, dan aspek berat.
2. Penentuan desain akhir menggunakan metode DFMA merupakan desain yang telah disesuaikan dengan fungsi alat dan kebutuhan mesin yang diperlukan seperti posisi *belt* yang disesuaikan agar tidak terkena percikkan api dari plasma pada saat pemotongan plat dan penggunaan aluminium ekstrusi untuk rel sumbu y serta beberapa komponen yang dihilangkan pada desain awal dan digantikan seperti pada desain rel sumbu z.
3. Hasil simulasi menggunakan *software solidworks* menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada alat pada saat pembebanan dengan total 600 N tidak melebihi tegangan luluhnya. Tegangan maksimum yang terjadi adalah sebesar 161,1 Mpa lebih kecil dari tegangan luluhnya yang bernilai 257,76 Mpa. Artinya rangka dapat dinyatakan aman. Dan faktor keamanan yang terjadi adalah sebesar 1,3 dengan nilai faktor keamanan tersebut melebihi 1 maka dapat dinyatakan juga rangka tersebut aman. Setelah dilakukan perhitungan beban maksimal yang bisa diterima rangka adalah sebesar 97,88 kg. Dan deformasi maksimum yang terjadi akibat pembebanan sebesar 1,641mm dan minimumnya 1×10^{-30} mm. Dengan nilai deformasi yang terbilang kecil maka desain cocok untuk digunakan pada pembebanan statis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A. A. N. dan W. Sumbodo. 2018. Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015. Jurnal DINAMIKA VOKASIONAL. 3(2): 110-115.
- Chan, N., Ou, T.Z, & Hlaing, A.M.S. 2019. Design and Structural Analysis of 3 Axis CNC Milling Machine Table. International Journal of Trend in Scientific Research and Development. Volume 3 Nomor 6, 943-948
- Chandra, H., Putra, D. P., & Romli. 2021. "Investigasi Tegangan pada Poros Bertingkat Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Computer Aided Engineering". Jurnal Austenit, Vol. 13 No. 1. Palembang
- Cahyono, E. 2017. Rancang Bangun Meja Mesin Plasma Cutting Dengan Gerak 3 Axis x, y, z Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Teknik Mesin ITS Surabaya.
- Rahman, A.Z, Prabowo, T.S, & Santika, P.M. 2019. Desain dan Manufaktur Mesin CNC Plasma 3 Sumbu PT. Bangun Mesin Sejahtera. Jurnal TEKNIK MESIN. Volume 3 Nomor 1