

## SIMULASI KEKUATAN MEKANIS MEJA DAN *FRAME AXIS* SUMBU-Z PADA MESIN *ROUTER CNC FRAIS 3 AXIS*

Aqso Ridho\*<sup>1</sup>, Irfan Santosa<sup>2</sup>, Galuh Renggani Wilis<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik & Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal

\*E-mail: [ci\\_ulya@yahoo.co.id](mailto:ci_ulya@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

Kemajuan teknologi dibidang industri otomatisasi sekarang berkembang pesat, dimana tujuan otomatisasi adalah untuk meningkatkan kualitas produk, meminimalisir ongkos produksi serta mengefektifkan waktu produksi. Maka untuk meminimalisir tingkat kesalahan khususnya dalam penggunaan material untuk pembuatan mesin CNC *Milling router 3 axis*, dilakukan sebuah penelitian yaitu mensimulasi kekuatan meja mesin dan *frame axis-Z router CNC Frais 3 Axis* karena meja dan *axis-z* ini yang banyak menerima pembebanan pada saat mesin beroperasi. Metode yang digunakan adalah menjelaskan operasional prosedur simulasi desain meja mesin dan *frame axis-Z router CNC Frais 3 Axis*, kemudian membuat simulasi desain meja dengan material meja adalah besi cor atau *malleable cast iron* dengan dimensi panjang 650 mm, lebar meja 250 mm dan tebal 6 mm dengan nilai beban sebesar 50 N serta membuat simulasi *frame axis-Z router CNC Frais 3 Axis* dengan beban 80 N menggunakan *software solidwork*. Hasil analisa kekuatan mekanis pada meja mesin sebesar 357.711kgf/cm<sup>2</sup> masih dibawah angka *yield strength* yaitu 2.881.786 kgf/cm<sup>2</sup>, serta nilai *displacement* sebesar 0.025cm dan nilai *FOS* sebesar 7,5 (>1) dimana nilai *FOS* melebihi dari nilai satu menandakan bahwa meja mesin dinyatakan aman. Kemudian pada *frame axis-Z router* dengan pembebanan yang diberikan sebesar 80 N di dapat nilai kekuatan mekanisnya sebesar 188.184 kgf/cm<sup>2</sup> dan nilai *displacement* sebesar 0.06 cm dan nilai *FOS* sebesar 15 (>1) yang menandakan bahwa *frame axis-Z router* masih aman untuk digunakan.

**Kata kunci:** Simulasi Kekuatan mekanis, *Yield strength*, *Displacement*, *Factor of Safety (FOS)*

### ABSTRACT

*Technological advances in the automation industry are now overgrowing, where the goal is to improve product quality, minimize production costs and streamline production time. Therefore, to reduce the error rate, especially in the use of materials in the manufacture of 3 axis CNC Milling router machines, the research was carried out to simulate the strength of the machine table and Z-axis frame of the 3 Axis CNC Milling router because both of them received a lot of loading when the machine was operating. The method of this research is to explain the operational procedures for simulating the design of the machine table and Z-axis frame of the CNC Frais 3 Axis router, then making a table design simulation with both malleable cast iron materials with table dimensions: 650 mm long, 250 mm wide and 6 mm thick with a load value of 50 N and simulate the Z-axis frame of the CNC Frais 3 Axis router with a load of 80 N using solid work software. The results of the mechanical strength analysis on the machine table of 357.711kgf/cm<sup>2</sup> are still below the yield strength figure of 2.881.786 kgf/cm<sup>2</sup>, and the displacement value is 0.025cm, and the FOS value is 7.5 (>1) where the FOS value is more significant than one indicating that the machine table is declared safe. The frame axis-Z router with a load of 80N, the value of the mechanical strength of 188,184 kgf/cm<sup>2</sup> and the displacement value of 0.06 cm, and the FOS value of 15 (>1) which indicates that the frame axis-Z router is still safe to use.*

**Keywords:** *Mechanical strength simulation, yield streth, displacement, factor of safety (FOS).*

## 1. PENDAHULUAN

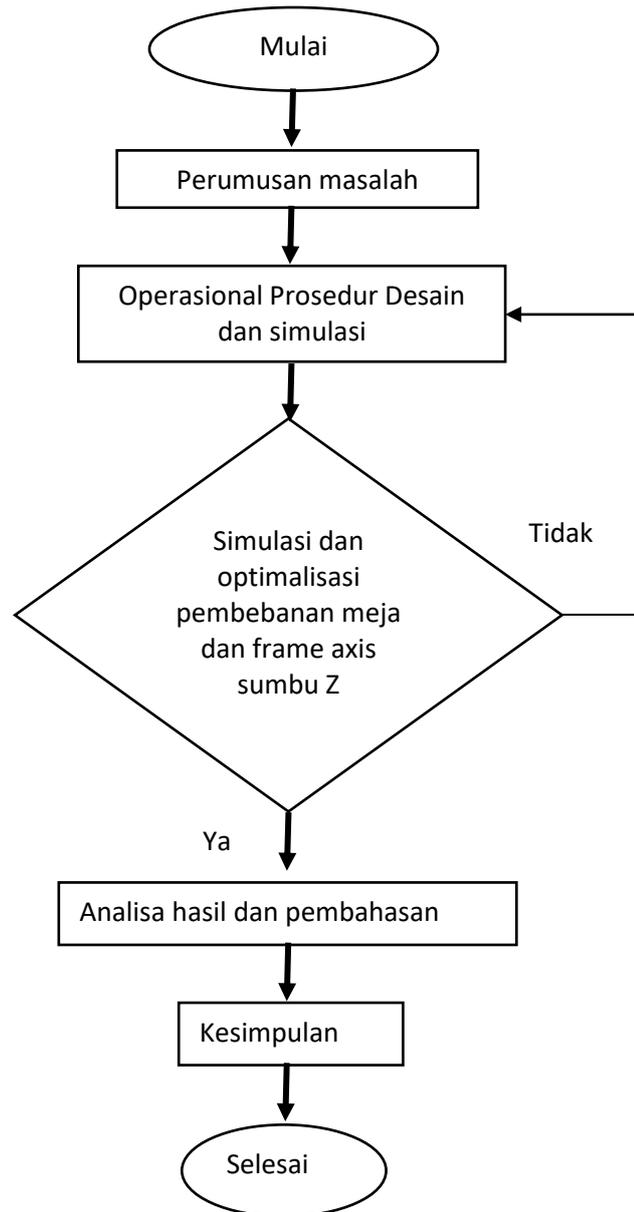
Kemajuan teknologi terutama industri otomatisasi sekarang berkembang pesat, dimana tujuan otomatisasi adalah untuk meningkatkan kualitas produk, meminimalisir ongkos produksi serta mengefektifkan waktu produksi [1]. Salah satunya pengembangan mesin berbasis *Numerically Control* (NC) yang bisa bergerak dua atau lebih gerak *axis* nya yaitu gerak *axis X*, *axis Y* dan *axis Z* [2]. Adapun mesin-mesin berbasis NC yang dikembangkan antara lain: laser CNC [3][4], *milling CNC* [5][6], *drilling CNC* [7], dan mesin perkakas lainnya. Proses pembuatan mesin berbasis NC adalah dimulai dari desain serta optimalisasi desain [8][9], kemudian proses merakit dan memproduksi [10], menguji coba performansi mesin NC tersebut [11] kemudian menggunakannya untuk model pembelajaran praktikum [12]. Beberapa penelitian mengenai perkembangan CNC yang telah dilakukan, salah satunya adalah membuat simulasi atau permodelan dan penelitian ini semakin banyak dilakukan contohnya adalah menganalisa getaran mesin [13], dimana hasil simulasi *frame* mesin untuk nilai *stress* minimum  $2.262 \times 10^{-1}$  N/cm<sup>2</sup> dengan nilai *displacement* minimum  $1.000 \times 10^{-30}$  cm. Dari latar belakang diatas, maka untuk meminimalisir tingkat kesalahan khususnya dalam penggunaan material untuk pembuatan mesin CNC *Milling router 3 axis*, dilakukan sebuah penelitian yaitu mensimulasi kekuatan meja mesin dan *frame axis-Z router CNC Frais 3 Axis* karena meja dan *axis-z* ini yang banyak menerima pembebanan pada saat mesin *milling 3 axis* ini beroperasi.

## 2. BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah menjelaskan operasional prosedur simulasi desain meja mesin dan *frame axis-Z router CNC Frais 3 Axis*. Pada tahap ini dijelaskan langkah dalam pengoperasian dan langkah simulasi meja dan *frame axis-Z*. Kemudian mensimulasikan pembebanan pada meja dengan diberi beban sebesar 50 N dan *frame axis-Z router CNC Frais 3 Axis* diberi beban 80 N. Nilai pembebanan ini diambil nilai maksimal berdasarkan pada gaya yang bekerja pada saat mesin beroperasi.

Pada tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi desain meja berdasarkan material meja yang digunakan adalah besi cor atau malleable cast iron yang mempunyai dimensi panjang 650 mm, lebar meja 250 mm dan tebal 6 mm menggunakan software solidwork.

Adapun flow chart dari penelitian ini digambarkan pada gambar 1 di bawah ini:



**Gambar 1.** Flow chart penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

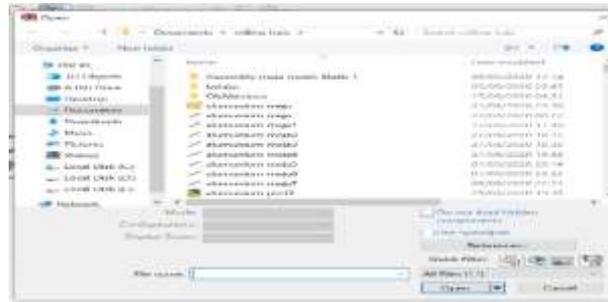
#### Desain Mesin



**Gambar 2.** Desain mesin router CNC

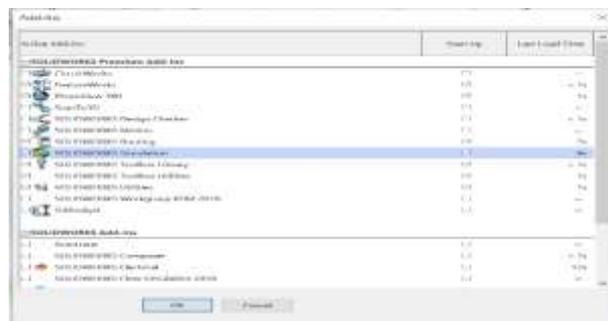
**Proses Analisa**

1. Membuka aplikasi dan membuka gambar



**Gambar 3.** Langkah awal analisa

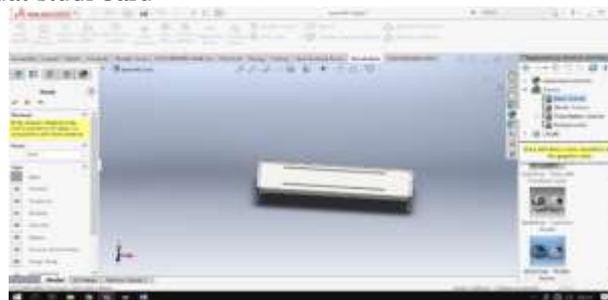
2. Mengaktifkan fitur simulasi



**Gambar 4.** Mengaktifkan fitur simulasi

Untuk dapat menggunakan fitur simulasi kita harus mengaktifkannya terlebih dahulu dengan memilih tab Add-In dan menceklis kolom solidworks somulasi.

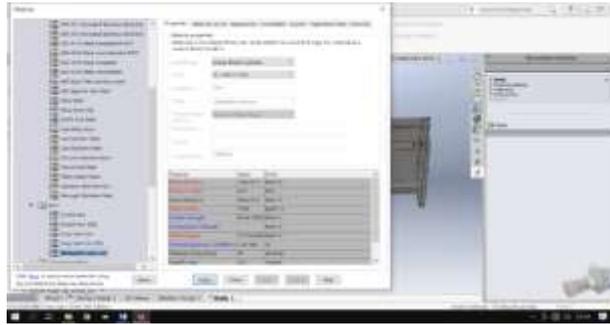
3. Melakukan simulasi  
a. Membuat studi baru



**Gambar 5.** Membuat studi simulasi

Dengan mengklik *tab study advisor* dan *memilih new study*

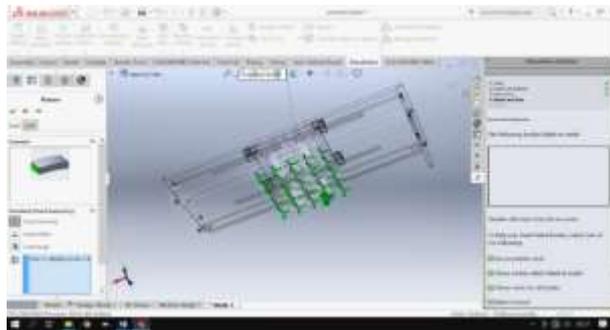
#### 4. Penginputan Bahan



**Gambar 6.** Penginputan bahan

Disini bahan yang digunakan adalah besi cor atau malleable cast iron

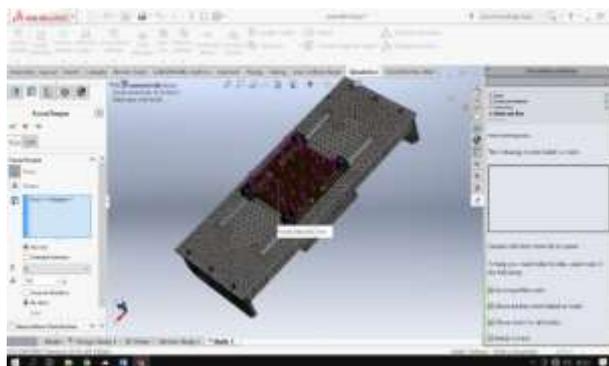
#### 5. Memilih sisi yang diam



**Gambar 7.** Memilih tumpuan

Sisi yang diam berada pada bawah meja yaitu tempat dudukan linier bearing shaft.

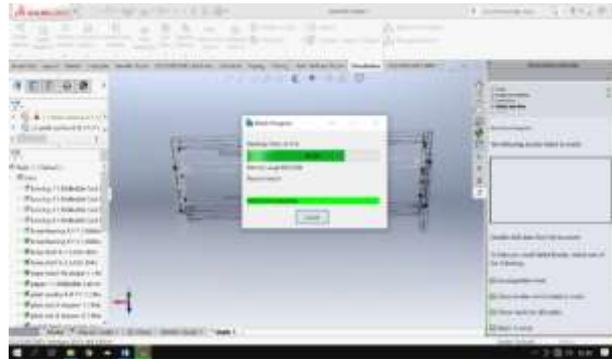
#### 6. Memberi beban pada sisi meja



**Gambar 8.** Memberi beban

Pada simulasi pembebanan untuk titik tengah dan nilai simulasi beban meja pada posisi tengah meja sebesar 50N. Nilai ini diberikan dengan estimasi bahwa meja mendapat beban 50N pada saat pengoperasian mesin.

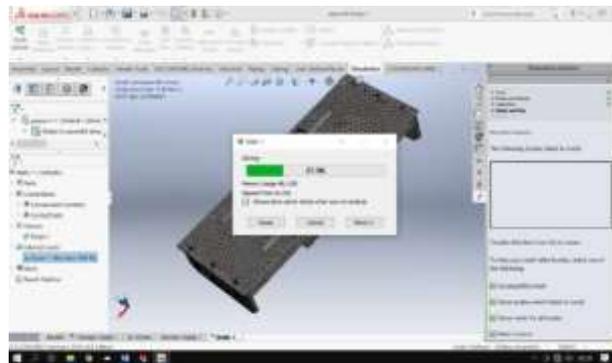
## 7. Proses meshing



**Gambar 9.** Proses mesh

*Meshing* atau pembagian elemen menjadi beberapa elemen.

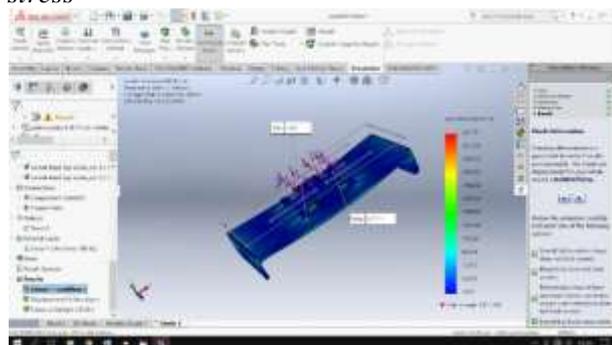
## 8. Menjalankan simulasi atau proses Run



**Gambar 10.** Proses simulasi

## Hasil simulasi meja

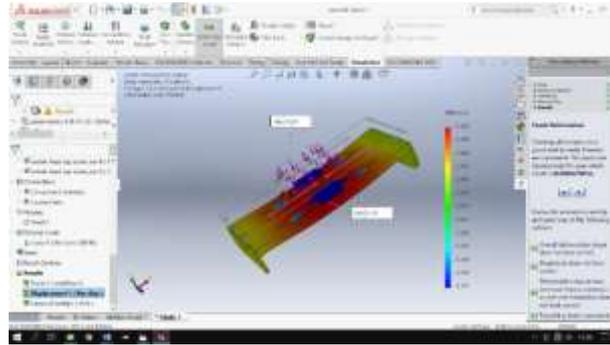
### 1. *Von mises stress*



**Gambar 11.** Hasil *von mises stress* meja

*Von mises stress* terjadi pada bagian tengah meja sebesar 357.711kgf/cm<sup>2</sup>, masih dibawah angka *yield strength* sebesar 2.811.786 kgf/cm<sup>2</sup>. sehingga meja masih dikatakan aman apabila mendapat beban sebesar 50 N.

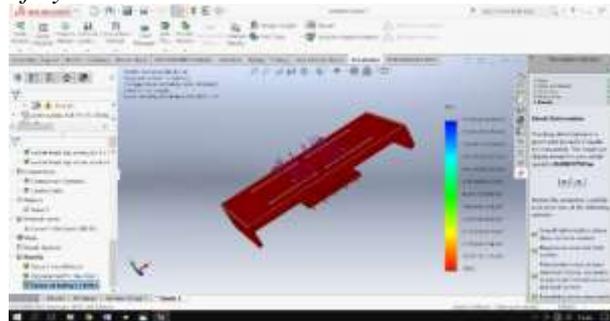
## 2. Displacement



**Gambar 12.** Hasil *displacement* meja

Pada simulasi *displacement* terjadi pada posisi bagian tengah meja sebesar 2.5 mm. nilai ini masih aman karena pada simulasi beban 50 N meja tidak langsung *crack*/patah.

## 3. Factor of safety

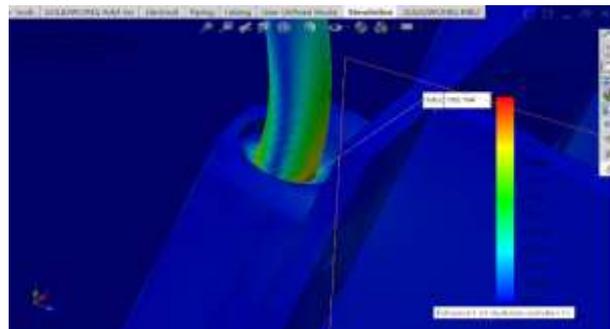


**Gambar 13.** Hasil FOS meja

Nilai *factor of safety* menunjukkan sebesar 7.5 yaitu melebihi dari angka 1 yang menandakan desain dalam keadaan baik.

## Hasil simulasi kedudukan spindel /Axis Z

### 1. Von mises stress

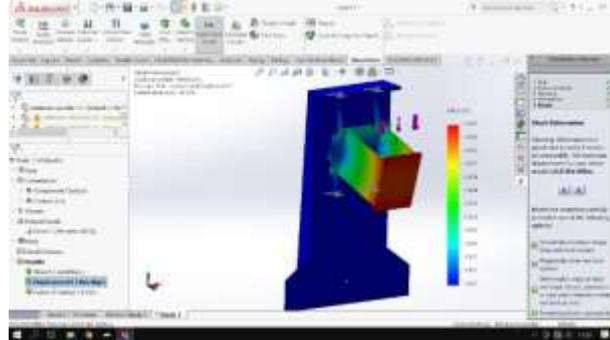


**Gambar 14.** Hasil *von mises stress axis Z*

Pada simulasi *frame axis-Z*, prosedurnya sama seperti diatas dan pemberian material yang sama yaitu jenis besi cor namun pembebanan yang dibedakan yaitu sebesar 80 N. Beban ini diambil dengan dasar bahwa *frame axis-Z* merupakan *frame* yang bekerja maksimal pada saat pemakanan/pengoperasian mesin. Kemudian titik fokus pembebanan diletakan pada kedudukan *spindel*. Hasil simulasi *von mises*

*stressframe* axis-Z sebesar 188.184 kgf/cm<sup>2</sup> yang terjadi pada *linier shaft*. Nilai 188.184 kgf/cm<sup>2</sup> dikatakan masih aman pada pebebanan 80 N pada frame axis sumbu Z.

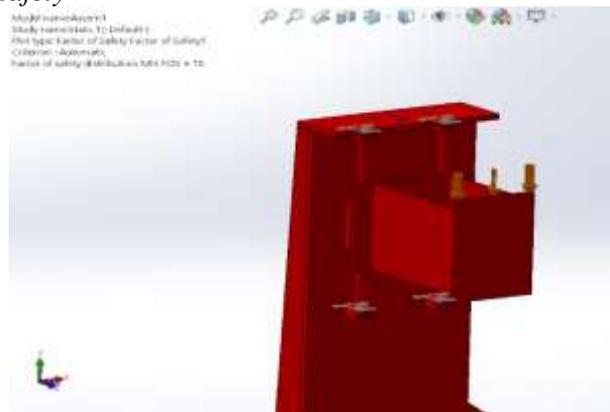
## 2. Displacement



Gambar 15. Hasil *displacement* axis Z

Simulasi *frame axis-Z* untuk *displacement* menghasilkan pada pembebanan 80 N menghasilkan nilai sebesar 0.06 mm. Nilai ini masih dikatakan aman karena *displacement* nilai nya hanya  $10^{-2}$ .

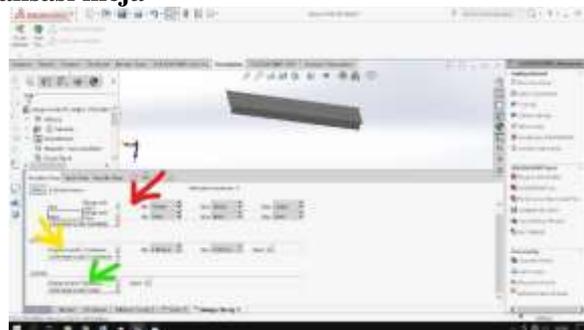
## 3. Factor of safety



Gambar 16. Hasil FOS *axis Z*

Untuk faktor keamanan pada *frame axis Z* didapat nilai sebesar 15 dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai 1, yang menandakan bahwa dengan pembebanan 80 N *frame axis-Z* masih aman.

## Proses Optimalisasi meja

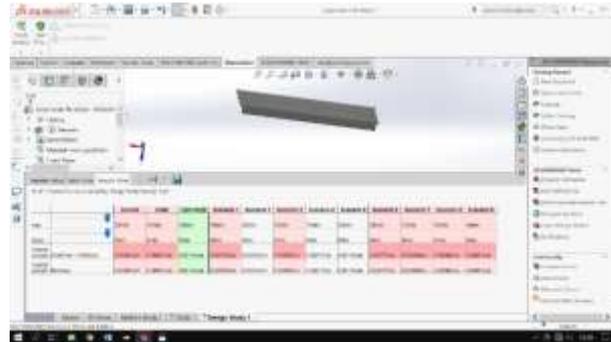


Gambar 17. Proses penginputan variabel, batasan dan optimasi

Pada gambar 17 terlihat kolom bertanda panah merah yaitu untuk memasukan variabel ukuran atau material, untuk kolom berwarna kuning yaitu sebagai batasan optimalisasi, sedangkan kolom bertanda panah hijau adalah tujuan dari optimalisasi.

Pada penelitian ini variabel yang dipakai adalah variabel lebar dan tebal meja, sedangkan lebar material yang diinput adalah 10 sampai dengan 30 mm dengan ketebalan antara 3,6 dan 9 mm. Lalu untuk tujuan optimalisasi yang dilakukan bertujuan untuk mencari model dengan nilai *displacement* terendah.

### Hasil optimalisasi



Gambar 18. Hasil dari optimalisasi

Pada gambar 18, kolom berwarna merah menandakan desain meja sudah melampaui batas yang sudah ditentukan dan kolom yang tidak berwarna adalah desain dengan variabel yang masih bisa diterima karena tidak melampaui batas. Sementara untuk desain dengan *displacement* terkecil ditunjukkan pada kolom tabel berwarna hijau. Dengan mengklik kolom yang diinginkan maka dimensi desain yang ada akan secara otomatis mengikuti variabel yang terdaftar pada kolom.

### Perbandingan desain awal dengan hasil optimalisasi



Gambar 19. Desain awal



Gambar 20. Desain setelah optimalisasi 1



**Gambar 21.** Desain setelah optimalisasi 2



**Gambar 22.** Grafik nilai *displacement* berdasarkan diameter meja dan tinggi dudukan

Dari gambar 22, bisa dilihat pada grafik bahwa semakin tebal material yang digunakan maka nilai *displacement* nya kecil. Nilai variabel yang masih bisa diterima untuk desain awal pembuatan meja mesin dengan ketebalan meja 6 mm dan tinggi dudukan 20 mm. Kemudian didapatkan hasil yang paling optimal dengan ketebalan meja dengan tebal 6 mm dan tinggi dudukan 20 mm yaitu sama dengan ukuran awal dengan tebal total keseluruhan yaitu 26 mm dengan *displacement* sebesar 0.138 mm. Kemudian jika ingin dioptimalkan tebal yang lebih tipis kita bisa menggunakan tebal meja 3 mm dan tinggi dudukan 20 mm dengan tebal total 23 mm akan tetapi dengan nilai *displacement* yang sedikit lebih besar yaitu 0.191 mm yaitu selisih 0.053 mm lebih besar dari ketebalan meja 26 mm. Lalu jika ingin menggunakan ketebalan keseluruhan yang lebih tipis yaitu dengan tebal total 16 mm kita bisa menggunakan opsi dengan ketebalan meja 6 mm dan tinggi dudukan 10 mm akan tetapi dengan *displacement* yang lebih besar yaitu diangka 0.215 cm.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari simulasi yang dilakukan bahwa nilai tertinggi yang dialami meja dengan beban yang diberikan sebesar 50 N adalah sebesar 357.711kgf/cm<sup>2</sup> dimana nilai tersebut masih dibawah angka *yield strength* yaitu 2.881.786 kgf/cm<sup>2</sup> yang menandakan bahwa meja masih dalam keadaan aman. Kemudian nilai *displacement* menunjukkan angka sebesar 2.5 mm, dengan nilai itu kita bisa memilih langkah optimasi mengurangi nilai *displacement* atau mengurangi ketebalan plat meja dan tinggi dudukan. Untuk nilai FOS jika nilai melebihi dari angka satu (FOS > 1) menandakan bahwa benda kerja dinyatakan aman, sedangkan nilai FOS yang didapat pada simulasi ini sebesar 7.5.

Sedangkan untuk simulasi dudukan *spindle axis Z* dengan material yang sama lalu diberi beban sebesar 80 N terjadi tegangan pada *linier shaft* sebesar 188.184kgf/cm<sup>2</sup>, *displacement* sebesar 0.06 mm dan nilai FOS sebesar 15 yang menandakan mesin dalam keadaan aman.

Dari optimalisasi ini kita dapat mengetahui nilai ketebalan yang masih dalam batas yang diizinkan, yaitu dengan ketebalan material meja 6 mm dan tinggi dudukannya 10 mm dengan nilai *displacement* 0.0215 mm, kemudian tebal material 3 mm dan tinggi dudukan 20 mm dengan *displacement* 0.0191 mm. Namun jika ingin mengurangi nilai *displacement* yang lebih kecil lagi kita bisa menggunakan tebal material meja 9 mm dan tinggi dudukan 20 mm dengan nilai *displacement* 0.061 mm akan tetapi tebal material tersebut sudah melebihi batas yang diizinkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan untuk Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal yang telah meminjamkan *software* Solidwork berlisensi untuk simulasi kekuatan mekanis pada artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. J. Daywin, D. W. Utama, W. Kosasih, and K. William, 2019. Perancangan Mesin 3d Printer Dengan Metode Reverse Engineering (Studi Kasus di Laboratorium Mekatronika dan Robotics Universitas Tarumanagara). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, volume. 7, no. 2, pp. 79–89, [10.24912/jitiuntar.v7i2.5929](https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v7i2.5929), E-ISSN:2355-6528
- [2] Widiyanto, AR. Alfi rindi, Alfi Iklima, 2018. Prototype Pembuatan Cnc Dengan Pemanfaatan Pemanfaatan Motor Stepper Berbasis Arduino Uno. Thesis, Universitas Teknologi Yogyakarta.
- [3] Suprianto,B. 2019. Rancang Bangun Mesin CNC Milling 3- Axis.Vol. 3, no. 1, pp. 40–47.
- [4] H. Fauzi, 2018, Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Laser Engraving. <http://repository.president.ac.id/xmlui/handle/123456789/534>.
- [5] Utama, D.W. Halim, A. 2018. Perancangan dan analisis rangka mesin desktop cnc milling”. *Jurnal Poros*, Volume 16 bulan Mei nomor 1, page 94-102.
- [6] Pramono, Gatot Eka. 2015. Rancang Bangun CNC Router 3 Axis untuk keperluan Praktikum CAD/CAM. *Jurnal.Aplikasi Mekanika Energi*, Volume 1, Nomor 1, E-ISSN: 2581-0979.[Doi.org/10.32832/ame.v1i1.102](https://doi.org/10.32832/ame.v1i1.102).
- [7] Mansyur. 2019. Rancang Bangun Mesin CNC *Drilling* Menggunakan Sistem Kontrol GRBL untuk Pembuatan Lubang PCB. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, Volume 3 Nomor 2, DOI : <http://dx.doi.org/10.30811/jmst.v3i2.1222>
- [8] Syaifullah, M. Kabib, Masruki. Hudaya, Akhmad Zaini. 2021. Desain dan Simulasi Tegangan Pada Mesin CNC Laser Cutting Untuk Produk Berbahan Acylic. *Jurnal Crankshaft*, Volume 4 Nomor 1 Maret, halaman 39-48, E-ISSN :2623-0720.
- [9] Desphande, Srirangga V. 2018. *Design and Fabrication Of 3-Axis CNC Milling Machine*. *Jurnal. Engineering Research and General Science* Volume 6, Issue 4, July-August, 2018. ISSN 2091-2730.
- [10] Nelson, K.A. 2018. Aplikasi Hasil Rancang Bangun CNC Router 3 Axis terhadap Proses Kalibrasi Sumbu Z. *Jurnal Austenit Politeknik Negeri Sriwijaya*, Volume 1 No 10. E-ISSN:2622-7649.
- [11] Malik, Irawan., Azharuddin., Dewi, K,C. 2019.“Aplikasi Hasil Rancang Bangun Mesin CNC Router Terhadap Proses Permesinan (*Cutting Speed, Feeding Cutting, dan Depth of Cut* Terhadap Waktu). *Jurnal Austenit*, Vol 11, No1, April 2019. p-ISSN: 2085-1286, e-ISSN:2622-7649. Politeknik Negeri Sriwijaya.

- [12] Santosa, Irfan. Nurwildan, Fajar. 2016. Perancangan model pembelajaran digital pada praktikum mesin lathe CK6132D. Proceeding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Volume 1 Nomor 1. Universitas Wahid Hasyim Semarang. [https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING\\_SNST\\_FT/index](https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/index)
- [13] Prasetyo, Andi. Malik, Irawan. Azharudin. 2020. Analisa Vibrasi Rangka CNC Router 3 Sumbu Secara Numerik. Jurnal Austenit, Volume 12 Nomor 1 April, halaman 28-33.