

## Analisis Konstruksi Rancang Bangun Mesin Uji Universal Menggunakan Sistem Komputasi

Faizal Tanjung<sup>1\*</sup>, Shinta Tri Kismanti<sup>2</sup>, Muhammad Firdan Nurdin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

E-mail: <sup>1\*</sup>faisalrastaman17@gmail.com, <sup>2</sup>kismanti88@gmail.com, <sup>3</sup>firdan@borneo.ac.id  
Corresponding author\*

### ABSTRACT

*The purpose of this study was to design a universal testing machine and analyze the construction strength of the universal testing machine before testing, to design and analyze the construction strength using solid works software and simulation features, where in this feature was observed the output process for the results of von misses stress, strain, displacement and safety factor. In this study, variations of loading of 100 kg, 200 kg and 300 kg were carried out at the point where the construction frame was tested. The result of this study were obtained for the largest value of tensile testing for a maximum load of 300 kg with a maximum von misses stress value of 109 N/mm<sup>2</sup>, a maximum strain of 0.00038, a maximum displacement of 0.077 mm and a minimum safety factor of 2.6, then the largest value of bending testing for a maximum load of 300 kg with a maximum von misses stress value of 20 N/mm<sup>2</sup>, maximum strain of 0.00038, maximum displacement 0.009 mm and minimum safety factor 14. From the results of the second loading test, the results of von misses stress did not exceed the yield of strength material of 290 N/mm<sup>2</sup>, then for the results of strains and displacement were still elastic and the safety factor results were safe. After that, the results of comparing manual calculations with solid works results obtained the largest percentage of errors for displacement calculations with a difference of 44% errors and the smallest percentage of errors in safety factor calculation with an error difference was 0%.*

**Keywords:** construction, displacement, safety factor, solidworks, strain, stress, universal testing machine

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang mesin uji universal dan menganalisis kekuatan konstruksi mesin uji universal sebelum dilakukan pengujian, untuk merancang dan menganalisis kekuatan konstruksi menggunakan *software solidworks* dan fitur simulasi, dimana dalam fitur ini akan diamati proses keluaran untuk hasil *von misses stress*, *strain*, *displacement* dan *safety factor*. Dalam penelitian ini dilakukan variasi pembebanan 100 kg, 200 kg dan 300 kg di titik tempat pengujian rangka konstruksi. Hasil dari penelitian ini didapatkan untuk nilai terbesar pengujian tarik untuk beban maksimal 300 kg dengan nilai *von misses stress* maksimal 109 N/mm<sup>2</sup>, *strain* maksimal 0,00038, *displacement* maksimal 0,077 mm dan *safety factor* minimum 2,6, kemudian nilai terbesar pengujian bending untuk beban maksimal 300 kg dengan nilai *von misses stress* maksimal 20 N/mm<sup>2</sup>, *strain* maksimal 0,00038, *displacement* maksimal 0,009 mm dan *safety factor* minimum 14. Dari hasil pembebanan kedua pengujian hasil *von misses stress* tidak melebihi *yield strenght* material sebesar 290 N/mm<sup>2</sup> kemudian untuk hasil *strain* dan *displacement* masih bersifat elastis dan hasil *safety factor* aman. Setelah itu hasil dari perbandingan perhitungan manual dengan hasil *solidworks* didapatkan persentase galat terbesar –

untuk perhitungan *displacement* dengan selisih error 44% dan persentase galat terkecil pada perhitungan *safety factor* dengan selisih error 0%.

**Kata Kunci:** deformasi, faktor keamanan, konstruksi, mesin uji universal, regangan, *solidworks*, tekanan

## I. PENDAHULUAN

Mesin uji universal atau *Universal Testing Machine* (UTM) juga dikenal sebagai mesin pengujian material atau kerangka uji material, dimana dapat disimpulkan mesin uji universal adalah suatu mesin uji mekanis terhadap material yang dapat digunakan untuk melakukan lebih dari satu metode pengujian sifat mekanis [1]. Adapun pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis dari material tersebut adalah pengujian tarik, tekan dan *bending*. Dimana uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui sifat mekanis suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu [2]. Selanjutnya pengujian tekan dan *bending* pada dasarnya bekerja dengan prinsip yang sama yaitu dengan memberikan beban tekan pada dudukan yang diam [3]. UTM sangat dibutuhkan oleh Perguruan Tinggi untuk menunjang sarana dan prasana laboratorium khususnya di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka dilakukan rancang bangun UTM Sederhana. Dalam proses rancang bangun tersebut, beberapa hal penting perlu diperhatikan, salah satunya adalah konstruksi rangka UTM. Konstruksi UTM memerlukan material yang kuat untuk menopang beban yang besar. Untuk mengetahui spesifikasi dan sifat-sifat bahan tersebut maka diperlukan adanya analisis kekuatan konstruksi, salah satunya menggunakan sistem komputasi simulasi. Untuk mengetahui kekuatan desain rancangan konstruksi yang kuat pada mesin uji universal atau UTM ini diperlukan adanya perhitungan menggunakan sistem komputasi simulasi agar kekuatan konstruksi kuat untuk menampung beban, untuk mensimulasi kekuatan konstruksi yang kuat maka pemanfaatan *software solidworks* digunakan dalam menyelesaikan analisis kekuatan konstruksi ini, dikarenakan lebih akuratnya hasil, mudah, dan cepat [4]. Di samping itu juga dengan mensimulasikan mesin uji universal ini lebih menghemat biaya produksi bahan dikarenakan akan berkurangnya pengeluaran biaya dikarenakan gagalnya perhitungan atau kurang akuratnya hasil perhitungan sehingga konstruksi mengalami kerusakan. Dalam proses menganalisis kekuatan material menggunakan fitur *solidworks simulation* yang dilengkapi dengan metode *finite element analysis (FEA)*, maka dapat digunakan untuk melihat fenomena pada struktur rangka konstruksi mesin uji universal yaitu dengan melihat hasil keluaran *von misses stress*, *displacement* dan *safety factor* yang ada di dalam fitur *software solidworks* [4].

## II. METODE PENELITIAN

Pada studi literatur ini adalah kegiatan yang dilakukan dengan mengambil data-data dari sumber-sumber misalnya jurnal, *thesis*, buku dan lain-lain, yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu analisis kekuatan konstruksi pada mesin uji universal, selain itu dilakukan observasi di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin, Universitas Borneo Tarakan. Penelitian ini meliputi menentukan bahan material rangka konstruksi, dimensi konstruksi dan komponen konstruksi rancang bangun mesin uji universal. Setelah itu munculah suatu permasalahan yang ada pada sumber-sumber pada jurnal, *thesis*, buku, dll di mana permasalahan tersebut dirumuskan sebagai berikut yaitu analisis konstruksi rancang bangun mesin uji universal menggunakan sistem komputasi, dengan mengembangkan alat yang sudah ada sebelumnya. Rumusan masalah yang sudah ada nantinya akan terjawab dengan tujuan penelitian dan kesimpulan dari hasil perbandingan analisis simulasi *von misses stress*, *displacement*, *strain* dan *safety factor*, setelah itu dilakukan pemilihan material untuk rangka konstruksi guna untuk menampung beban yang besar, setelah dilakukan studi literatur dan studi lapangan maka bahan material yang mendominasi dipakai untuk suatu rangka konstruksi yaitu material besi kanal UNP (DIN 1026-1), material ini digunakan dikarenakan memiliki tingkat kekerasan yang cukup tinggi untuk suatu pembuatan kerangka konstruksi, selain itu juga material ini sering digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan seperti jembatan rangka rumah dan lain-lain.

Setelah memilih material tahap selanjutnya merancang gambar mesin uji universal menggunakan *software solidworks*, dalam perancangan ini diambil bentuk dari penelitian sebelumnya kemudian dimodifikasi dengan mengacu pada beberapa sumber jurnal untuk ukuran bentuk dimensi, selanjutnya ialah menentukan variasi pembebanan menggunakan rumus hukum *Newton I* dimana dalam proses ini diambil dari *maximum* beban yang dapat diterima alat ukur timbangan digital yaitu 300 kg kemudian nantinya dilakukan pembebanan 100 kg, 200 kg, dan 300 kg pada tempat pengujian tarik dan *bending* kemudian 27,05 kg pada dudukan motor, *gearbox*, kopling, baut dan poros, kemudian dikonversikan menjadi newton. Pada proses selanjutnya akan dilakukan simulasi menggunakan fitur simulasi yang ada pada *software solidworks* menggunakan variasi pembebanan berbeda yang sudah dihitung, dengan mengacu pada batas *maximal* timbangan digital sesuai yang ada dipasaran, dimana simulasi yang akan dilakukan yaitu simulasi *von misses stress, displacement/* deformasi, *strain* dan *safety factor* pada rangka konstruksi tersebut, setelah itu dianalisis apakah rangka konstruksi mesin uji universal aman untuk digunakan pengujian tarik dan bending, kemudian yang terakhir dilakukan perbandingan hasil dari perhitungan manual dengan hasil perhitungan simulasi menggunakan *mean absolut* persentase error, dimana dalam menganalisis hasil ini menggunakan rumus dari beberapa sumber jurnal, buku maupun internet sesuai dengan rumus yang berlaku.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Menentukan Ukuran Konstruksi Mesin Uji Universal

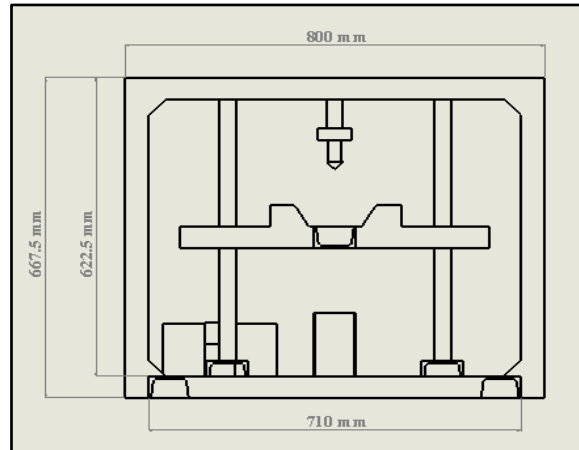
Tabel 1. Ukuran Konstruksi Mesin Uji Universal

Keterangan	Ukuran (mm)
Panjangrangka tengah atas	800 mm
Panjang rangka tengah kiri dan kanan	622,50 mm
Panjang rangka tengah bawah	710 mm
Panjang rangka kaki penopang depan	375 mm, 560 mm, 400 mm
Panjang rangka kakipenopang belakang	400 mm, 560 mm, 400 mm
Diameter suling as shock kiri dan kanan	31 mm
Panjang suling as shock	544,50 mm
Dudukan suling as shock	33 mm
Panjang rangka tengah tempat uji spesimen	590 mm
Tinggi dudukan tempatuji bending	54,08 mm
Diameter dudukan atasmata bending	30 mm
Panjang dudukan bawahmata bending	60 mm
Diameter dudukan bawah mata bending	64,64 mm
Panjang dudukan bawah mata bending	25 mm
Diameter batang mata bending	24 mm
Panjang batang mata bending	45 mm
Panjang mata bending	60 mm
Lebar tiap sisimata bending	32,53 mm
Panjang ke 2 sisi dudukan motor dan gearbox	600 mm
Tinggi dudukan motor dan gearbox	110 mm
Lebar dudukan motor dan gearbox	216 mm
Jarak antara dudukan motor dan gearbox dengan rangka tengah	5 mm
Jarak kedua panjang dudukan motor dan gearbox	56 mm
Panjang tambahan dudukan motor dan gearbox depan	200 mm
Panjang tambahan dudukanmotor dan gearbox belakang	205 mm
Panjang dudukan hidrolik	131,25 mm
Lebar dudukan hidrolik	80 mm

## 2. Merancang Mesin Uji Universal

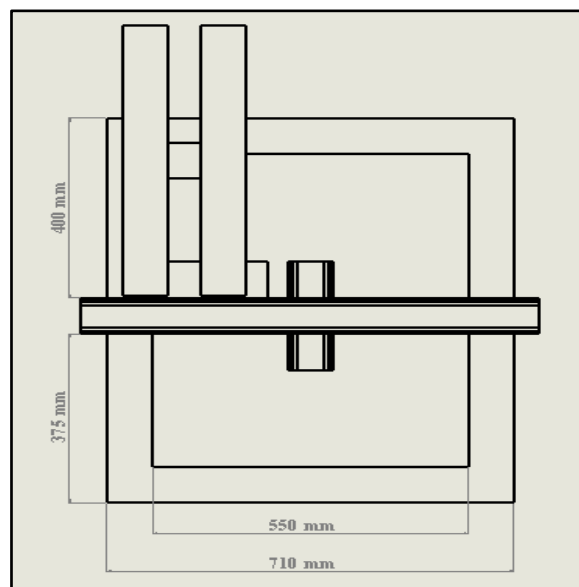
Dalam proses rancangan bentuk konstruksi ada beberapa bentuk dan ukuran diameter yang mengalami perubahan setelah proses pembuatan rangka di lapangan, mengacu pada beberapa hambatan dalam proses pembuatan, dari beberapa perubahan tersebut maka dilakukan gambar ulang untuk rangka konstruksi mesin uji universal tersebut, proses penggambaran dilakukan menggunakan laptop dan menggunakan *software solidworks 2018*, proses langkah-langkah menggambar rangka konstruksi mesin uji universal sebagai berikut:

- a. Menggambar konstruksi rangka tengah



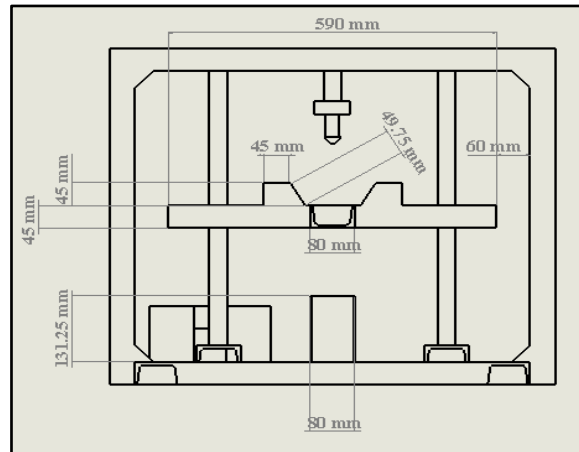
Gambar 1. Konstruksi Rangka Tengah

- b. Menggambar kaki-kaki tumpuan konstruksi



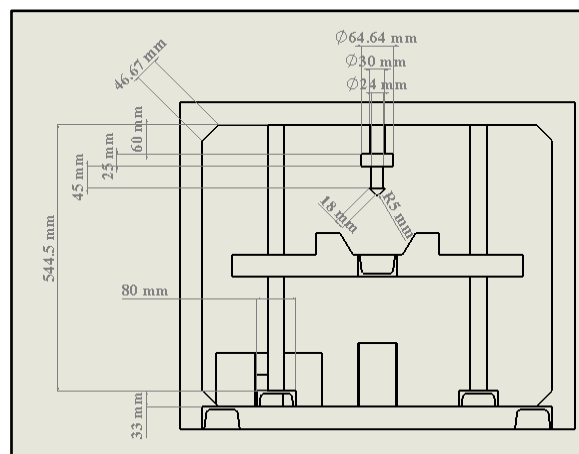
Gambar 2. Kaki-Kaki Tumpuan Konstruksi

- c. Menggambar rangka dudukan hidrolik dan *frame* uji spesimen



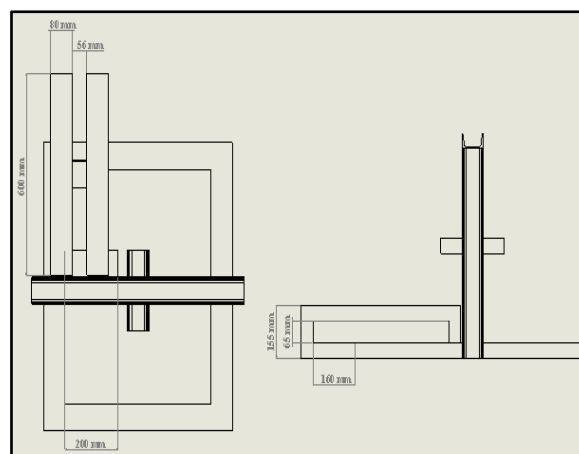
Gambar 3. Rangka Dudukan Hidrolik dan *Frame* Uji Spesimen

- d. Menggambar *part-part* tempat uji spesimen



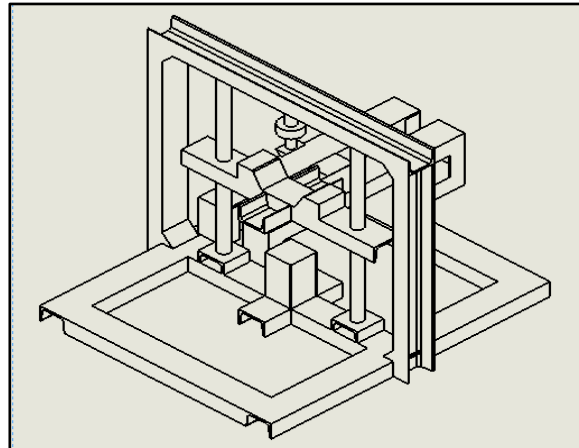
Gambar 4. *Part-Part* Tempat Uji Spesimen

- e. Menggambar dudukan motor dan *gearbox*



Gambar 5. Dudukan Motor dan *Gearbox*

f. Hasil gambar konstruksi mesin uji universal bentuk *isometri*



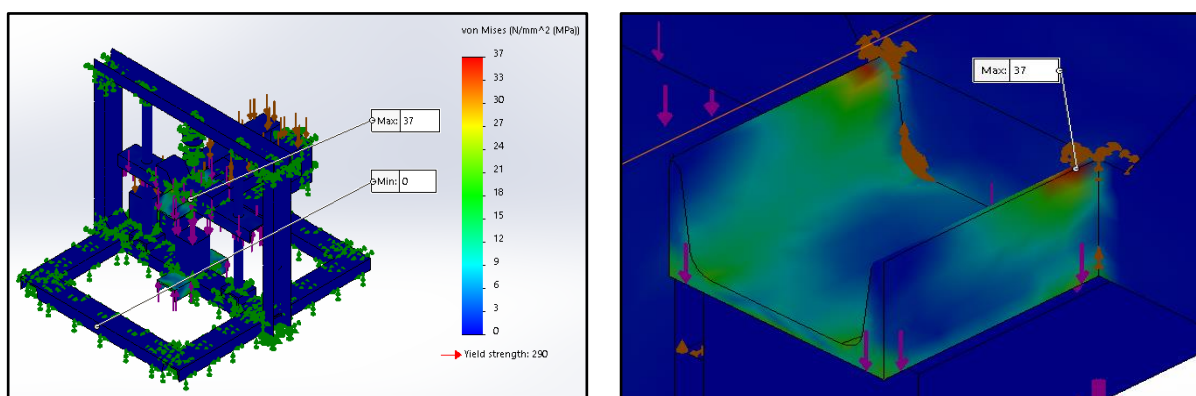
Gambar 6. konstruksi mesin uji universal bentuk *isometri*

Pada proses menggambar 3D atau 3 dimensi konstruksi keseluruhan ukuran besi yang digunakan adalah ukuran besi kanal UNP berukuran 80 x 45 x 45 mm, tebal 5 mm, tebal sayap 8 mm, radius dalam sayap 8 mm dan 4 mm, dan diameter suling *as shock* 31 mm panjang 544,50 mm kemudian menggambar keseluruhan rangka konstruksi dengan ukuran yang sudah ditentukan, dengan menggunakan fitur *extruded boss/base* yang ada di *solidworks* agar mempermudah dan mempercepat proses desain gambar 3D, *toolbar* yang digunakan yaitu *fitur sketch* 2 dimensi kemudian menggunakan *fitur extruded boss/base* untuk menjadikan 3D.

### 3. Hasil Simulasi

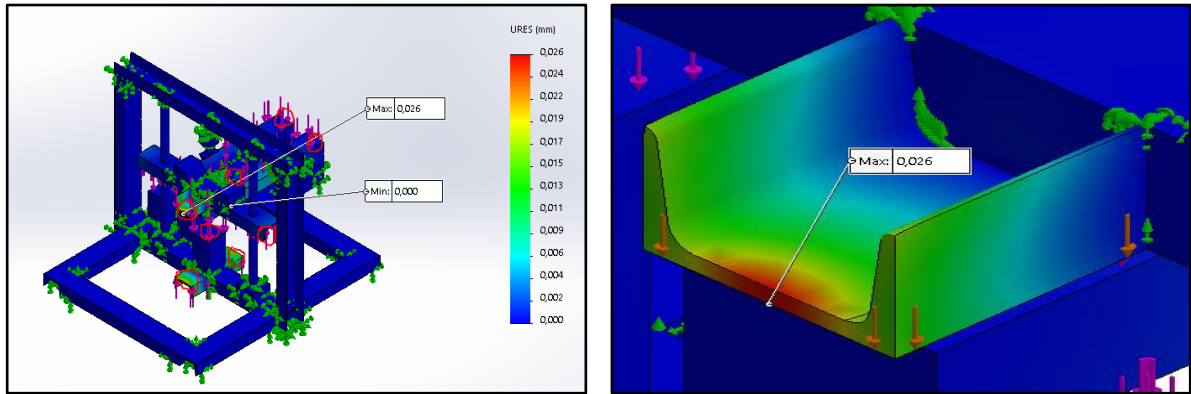
Pada bagian ini dilakukan tahapan-tahapan dan proses simulasi pada rangka konstruksi mesin uji universal dengan dua kali simulasi, yaitu memberikan pembebanan pada pengujian tarik dan pembebanan pada pengujian *bending* dengan variasi pembebanan yang sama, setelah itu disimulasikan menggunakan variasi pembebanan yang sudah dihitung. Berikut tahapan-tahapan simulasi yang dilakukan pada rangka konstruksi mesin uji universal.

- Hasil simulasi *von mises stress* untuk pengujian tarik beban 980 N dan 265,09 N



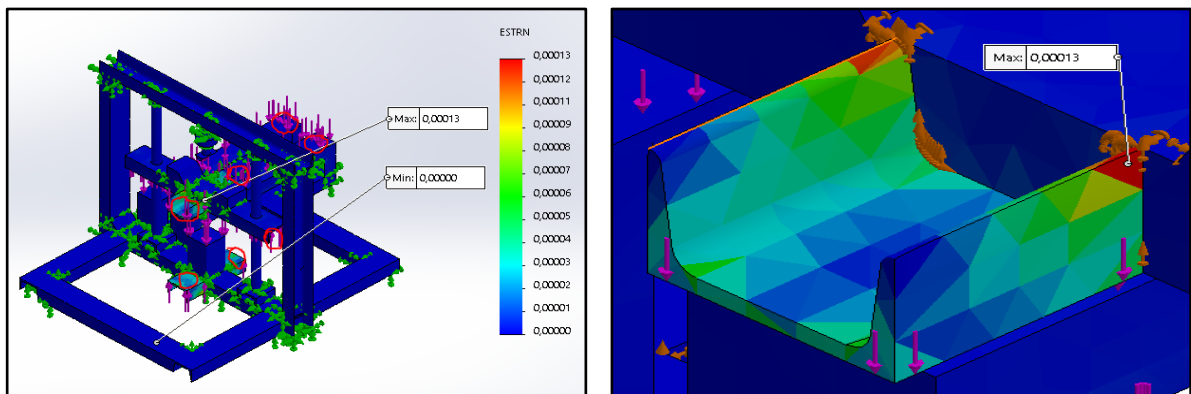
Gambar 7. Hasil Simulasi *Von Mises Stress* untuk Pengujian Tarik Beban 980 N dan 265,09 N

- Hasil simulasi *displacement* untuk pengujian tarik beban 980 N dan 265,09 N



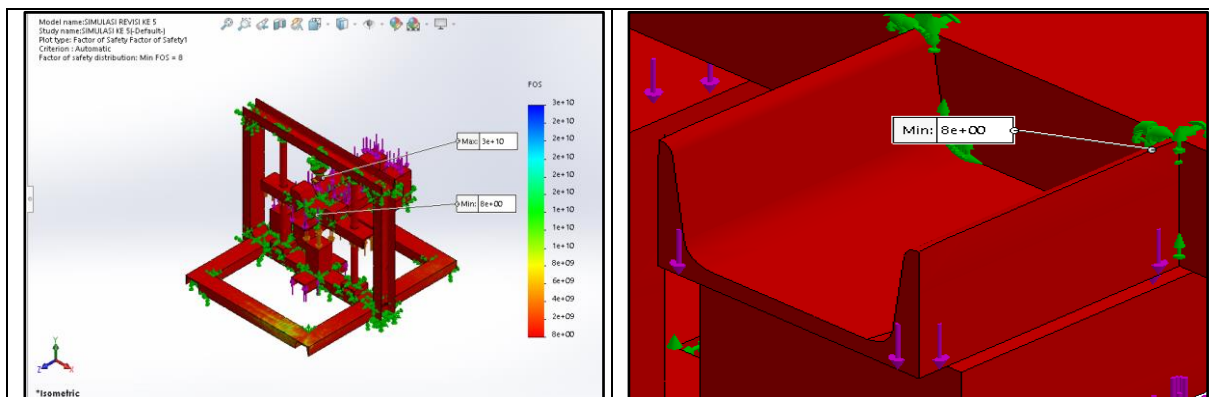
Gambar 8. Hasil Simulasi *Displacement* untuk Pengujian Tarik Beban 980 N dan 265,09 N

- Hasil simulasi *strain* untuk pengujian tarik beban 980 N dan 265,09 N



Gambar 9. Hasil Simulasi *Strain* untuk Pengujian Tarik Beban 980 N dan 265,09 N

- Hasil simulasi *safety factor* untuk pengujian tarik beban 980 N dan 265,09 N



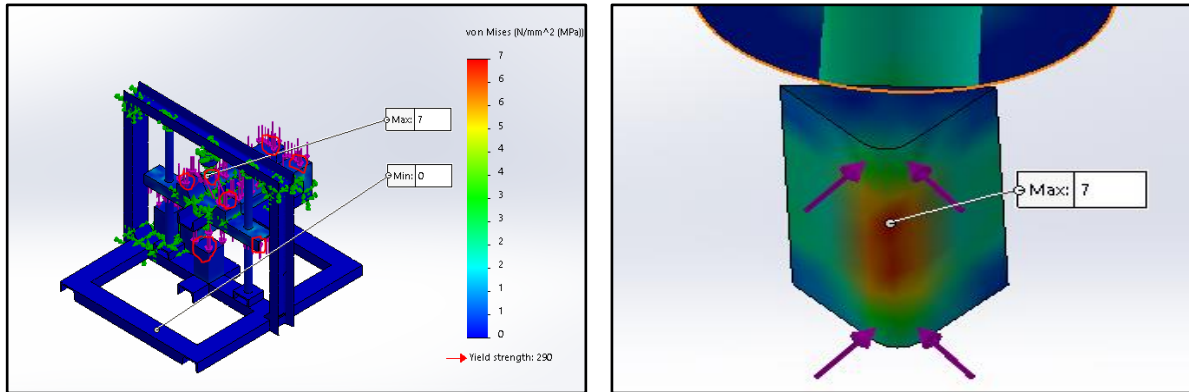
Gambar 10. Hasil Simulasi *Safety Factor* untuk Pengujian Tarik Beban 980 N dan 265,09 N

Tabel 2. Hasil *Maximum* dan *Minimum* Simulasi untuk Pengujian Tarik

Newton (N)	Stress ( $\sigma$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Displacement ( $\delta$ ) (mm)	Strain ( $\epsilon$ )	Safety factor (Sf)
980	36	0,026	0,00013	8
1960	73	0,052	0,00025	4
2940	109	0,077	0,00038	2,6

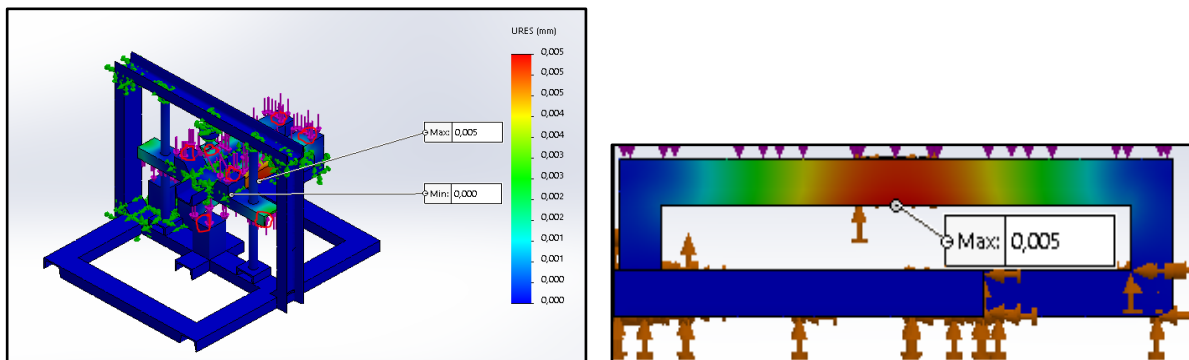
Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat untuk hasil terbesar pada beban 2940 N, yaitu untuk nilai tegangan sebesar  $109 \text{ N/mm}^2$  kemudian nilai *displacement* terbesar sebesar 0,077 mm, nilai *strain* terbesar 0,00038 dan *safety factor* terkecil sebesar 2,6. Dari data tabel di atas untuk hasil beban terbesar dari tegangan aman karena masih di bawah nilai *yield strength* material konstruksi mesin uji universal sebesar  $290 \text{ N/mm}^2$ , kemudian untuk nilai *displacement* dan *strain* masih bersifat elastis, sedangkan untuk hasil *safety factor* masih aman, karena masih di atas angka minimum *safety factor* untuk rangka konstruksi mesin uji universal yaitu sebesar 1.

- Hasil simulasi *von misses stress* untuk pengujian *bending* beban 980 N dan 265,09 N



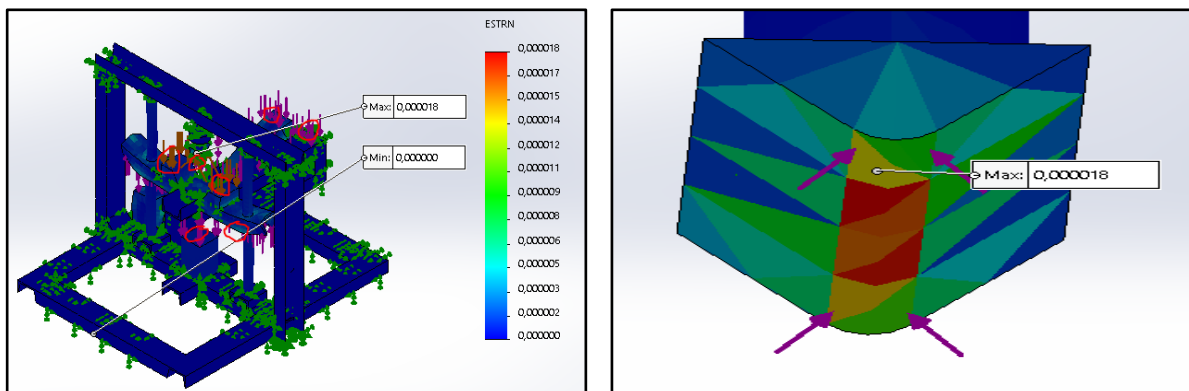
Gambar 11. Hasil Simulasi *Von Misses Stress* untuk Pengujian *Bending* Beban 980 N dan 265,09 N

- Hasil simulasi *displacement* untuk pengujian *bending* beban 980 N dan 265,09 N



Gambar 12. Hasil Simulasi *Displacement* untuk Pengujian *Bending* Beban 980 N dan 265,09 N

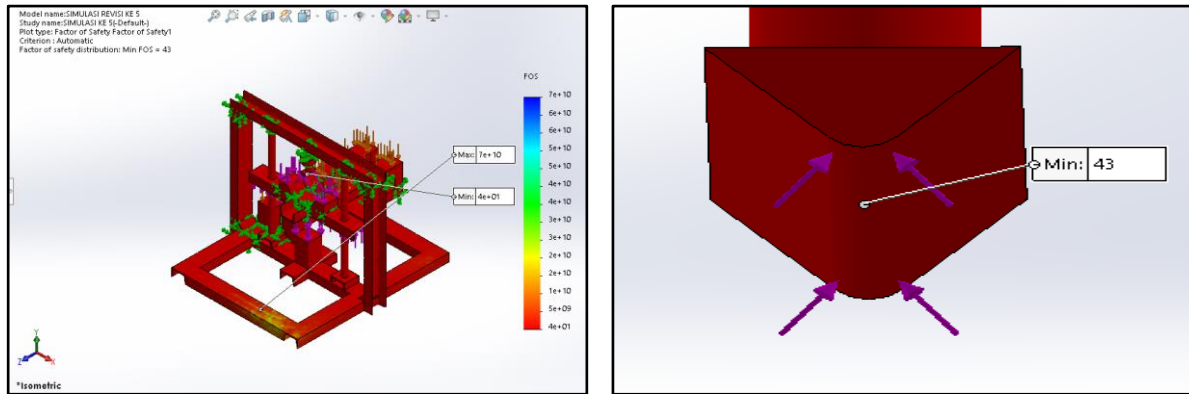
- Hasil simulasi *strain* untuk pengujian *bending* beban 980 N dan 265,09 N



Gambar 13. Hasil Simulasi *Strain* untuk Pengujian *Bending* Beban 980 N dan 265,09 N



- Hasil simulasi *safety factor* untuk pengujian *bending* beban 980 N dan 265,09 N



Gambar 14. Hasil Simulasi *Safety Factor* untuk Pengujian *Bending* Beban 980 N dan 265,09 N

Tabel 3. Hasil *Maximum* dan *Minimum* Simulasi untuk Pengujian *Bending*

Newton (N)	Stress ( $\sigma$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Displacement ( $\delta$ ) (mm)	Strain ( $\epsilon$ )	Safety factor (Sf)
980	7	0,005	0,000018	43
1960	13	0,006	0,000025	22
2940	20	0,009	0,000038	14

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat untuk hasil terbesar pada beban 2940 N, untuk nilai terbesar tegangan sebesar 20 N/mm<sup>2</sup> kemudian nilai *displacement* terbesar sebesar 0,009 mm, nilai *strain* terbesar 0,000038 dan *safety factor* terkecil sebesar 14. Dari data tabel di atas untuk hasil tegangan aman karena masih di bawah nilai *yield strength* material konstruksi mesin uji universal sebesar 290 N/mm<sup>2</sup>, kemudian untuk nilai *displacement* dan *strain* masih bersifat *elastis*, sedangkan untuk hasil *safety factor* masih sangat aman, karena masih jauh di atas nilai minimum *safety factor* untuk rangka konstruksi mesin uji universal yaitu sebesar 1.

#### 4. Perbandingan Perhitungan Manual dengan Hasil Simulasi *Solidworks*

Pada proses ini dilakukan perhitungan manual dengan rumus yang sudah ada, dengan mengambil dari beberapa sumber jurnal-jurnal terkait perhitungan manual untuk simulasi pada *software solidworks*, berikut hasil perhitungan dari maximal *von misses stress*, *displacement*, *strain* dan hasil minimum *safety factor*.

- Perhitungan hasil persentase *galat* (persentase error) *von misses stress*

Diketahui:

$$\text{Von misses stress teori} = 51 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Von misses stress simulasi} = 37 \text{ N/mm}^2$$

Penyelesaian:

$$\eta = \frac{\text{Von Misses Stress Teori} - \text{Von Misses Stress Simulasi}}{\text{Von misses Stress Teori}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{51 \text{ N/mm}^2 - 36 \text{ N/mm}^2}{51 \text{ N/mm}^2} \times 100\% = 27\%$$

Jadi, diperoleh nilai  $\eta$  *von misses stress* yaitu 27%.

- Perhitungan hasil persentase *galat displacement*

Diketahui:

*Displacement* teori = 0,018 mm

*Displacement* simulasi = 0,026 mm

Penyelesaian:

$$\eta = \frac{\text{Displacement Teori} - \text{Displacement Simulasi}}{\text{Displacement Teori}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,018 \text{ mm} - 0,026 \text{ mm}}{0,018 \text{ mm}} \times 100\% = 44\%$$

Jadi, diperoleh nilai  $\eta$  *displacement* yaitu 44%.

- c. Perhitungan hasil persentase galat *strain*.

Diketahui:

*Strain* teori = 0,00022

*Strain* simulasi = 0,00013

Penyelesaian:

$$\eta = \frac{\text{Strain Teori} - \text{Strain Simulasi}}{\text{Strain Teori}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,00022 - 0,00013}{0,00022} \times 100\% = 40\%$$

Jadi, diperoleh nilai  $\eta$  *strain* yaitu 40%.

- d. Perhitungan hasil persentase galat *safety factor*

Diketahui:

*Safety factor* teori = 8

*Safety factor* simulasi = 8

Penyelesaian:

$$\eta = \frac{\text{Safety Factor teori} - \text{Safety Factor Simulasi}}{\text{Safety Factor Teori}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{8 - 8}{8} \times 100\% = 0\%$$

Jadi, diperoleh nilai  $\eta$  *safety factor* yaitu 0%.

Tabel 4. Hasil Persentase Galat (Persentase Error)

Parameter	Persentase galat ( $\eta$ )
<i>Stress</i>	27%
<i>Displacement</i>	44%
<i>Strain</i>	40%
<i>Safety Factor</i>	0%

Berdasarkan Tabel 4 di atas telah dilakukan perbandingan perhitungan manual dan hasil simulasi, dimana telah didapatkan nilai-nilai untuk hasil simulasi dan nilai-nilai perhitungan manual untuk pengujian tarik dengan beban sebesar 980 N, kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan menentukan persentase galat sesuai dengan sumber jurnal yang berlaku dan didapatkan hasil untuk persentase galat *stress* sebesar 27%, kemudian persentase galat *displacement* sebesar 44%, persentase galat *strain* sebesar 40%, dan persentase galat *safety factor* sebesar 0%. Dari hasil persentase galat di atas dapat –

disimpulkan untuk nilai persentase galat terbesar pada hasil *displacement*, yaitu 44% dan untuk nilai persentase galat terkecil pada hasil *safety factor* yaitu 0%.

Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dapat diinterpretasikan atau ditafsirkan ke dalam 4 kategori yaitu  $< 10\%$  = sangat akurat,  $10 - 20\%$  = baik,  $20 - 50\%$  = wajar,  $> 50\%$  = tidak akurat [5]. Maka dari itu dapat disimpulkan juga bahwa semakin besar nilai persentase galat maka selisih errornya akan semakin banyak atau tidak akurat sebaliknya apabila semakin kecilnya persentase galat maka selisih errornya akan semakin sedikit atau sangat akurat, hal ini seperti yang dihitung dengan secara manual untuk hasil di atas, dimana nilai terbesar, yaitu *displacement* dimasukkan dalam kategori wajar, sedangkan untuk nilai terkecil, yaitu *safety factor* nilai dimasukkan dalam kategori sangat akurat.

#### IV. KESIMPULAN

1. Proses perancangan rangka konstruksi mesin uji universal menggunakan *software solidworks* dan menentukan dimensi ukuran rangka yang berskala laboratorium dengan meninjau dari berbagai referensi-referensi dari jurnal atau penelitian sebelumnya.
2. Hasil perancangan konstruksi disimulasikan di *software solidworks*, didapatkan hasil untuk simulasi pada pengujian tarik dan *bending* terbesar pada beban 2940 N, yaitu untuk nilai *stress maximum* terbesar didapatkan sebesar  $109 \text{ N/mm}^2$ , nilai *displacement maximum* sebesar 0,077 mm, nilai *strain maximum* sebesar 0,00038 dan *safety factor* minimum sebesar 2,6 sedangkan untuk hasil simulasi pada pengujian *bending* di dapatkan nilai *stress maximum* sebesar  $20 \text{ N/mm}^2$ , nilai *displacement* terbesar 0,009, nilai *strain maximal* sebesar 0,00038 dan *safety factor* minimum sebesar 14.
3. Hasil perancangan konstruksi mesin uji universal, untuk hasil pengujian tarik dan pengujian *bending* pada hasil, *stress* (tegangan) terbesar dapat dikatakan aman dikarenakan nilai masih jauh di bawah nilai *yield strength* material yaitu  $290 \text{ N/mm}^2$ , kemudian hasil *displacement* (deformasi) dan *strain* (regangan) terbesar masih dapat dikatakan elastis, dan hasil *safety factor* minimum dikatakan aman untuk beban *maximum* yaitu 2940 N (300 kg) karena nilai masih di atas nilai minimum dari material yaitu 1.
4. Hasil perbandingan perhitungan manual dan hasil dari *software solidworks* didapatkan nilai persentase galat *stress* sebesar 27% dikategorikan wajar, nilai persentase galat *displacement* sebesar 44% dikategorikan wajar, nilai persentase galat *strain* 40% dikategorikan wajar dan nilai persentase galat *safety factor* sebesar 0% dikategorikan sangat akurat.
5. Dari nilai persentase galat didapatkan nilai terbesar selisih error pada perhitungan *displacement* yaitu sebesar 44% dan nilai terkecil selisih error pada perhitungan *safety factor* yaitu sebesar 0%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT, semua keluarga penulis, tenaga pendidik dosen maupun staf-staf lainnya, dan juga mahasiswa seluruh angkatan di Fakultas Teknik khususnya di Jurusan Teknik Mesin karena sudah memberikan dukungan, motivasi, pembelajaran dan mental kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik masa studi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. A. Sutisna, S. Winardi, A. Suhartono, "Rancang Bangun Mesin Uji Universal untuk Pengujian Tarik dan Tekuk Bertenaga Hidrolik," *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, vol. 6, no. 1 pp. 32-41, 2021.
- [2] D. R. Askeland, *The Science and Engineering of Material*, Boston USA: Alternate Edition, 1985.
- [3] A. Triono, I.W. Puja, S. Soemantri, R. Aditianto, "Analisis Load Cell pada Perancangan Alat Uji Tekan, Bending dan Geser Sederhana," *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII)*., pp.564-566, Oktober 2013.

- [4] M. Awwaluddin, "Analisa Kekuatan Rangka Sepeda Listrik menggunakan Software Solidworks," *Jurnal of Technical Engineering*, vol. 3, no. 1 pp. 5-16, 2019.
- [5] C. D. Lewis, *Industrial and Business Forecasting Methods*, London: Butterworths, 1982.