

OPTIMASI PEMILIHAN DIMENSI MATERIAL UNTUK MEREDUKSI BERAT RANGKA MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK PADA TEMPAT TIDUR PASIEN OTOMATIS

Gibran Dzikri Nakhwa Rabbani

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: gibran.20034@mhs.unesa.ac.id

Diastian Vinaya Wijanarko

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: diastianwijanarko@unesa.ac.id

Agung Prijo Budijono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: agungbudijono@unesa.ac.id

Abstrak

Salah satu bidang teknologi yang mengalami perkembangan adalah pada dunia kesehatan, mulai dari peralatan yang digunakan, kebutuhan pasien seperti tempat tidur pasien. Tempat tidur pasien merupakan tempat tidur yang dirancang dan didesain khusus untuk mempermudah perawat dalam merawat dan mengobati pasien yang sedang sakit. Pada umumnya tempat tidur untuk pasien yang terdapat di rumah sakit masih banyak yang menggunakan konvensional dengan material berbahan baja, sehingga menjadi keluhan para perawat yang dirasa cukup berat saat memindahkan pasien. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas pengurangan berat rangka dengan memperhatikan distribusi tegangan dan faktor keamanan yang diterima oleh rangka tempat tidur pasien otomatis. Jenis metode pendekatan dalam penelitian ini adalah metode numerik berbasis komputasi Metode Elemen Hingga dengan memvariasikan dimensi ukuran hollow pada rangka tempat tidur pasien otomatis. Material yang digunakan adalah Besi Hollow ASTM A36 dengan dimensi 30 x 30 mm, 25 x 25 mm dan 20 x 20 mm yang akan diuji dengan diberikan beban sebesar 3000 N. Hasil dari penelitian ini didapat material terbaik yaitu dimensi 20 x 20 mm yang memiliki berat paling ringan yaitu sebesar 2,383 Kg sehingga mampu mengurangi berat rangka sebanyak 34,4%. Distribusi tegangan pada dimensi material hollow 20 x 20 mm adalah sebesar 39,353 MPa dengan minimum faktor keamanan sebesar 6,353. Distribusi tegangan pada dimensi material hollow 25 x 25 mm adalah sebesar 22,998 MPa dengan nilai minimum faktor keamanan sebesar 10,871. Distribusi tegangan pada dimensi material hollow 30 x 30 mm adalah sebesar 15,142 MPa dengan nilai minimum faktor keamanan adalah 16,510.

Kata Kunci: Tempat Tidur Pasien Otomatis, Metode Elemen Hingga

Abstract

One of the characteristics of progress in the field of science and technology is the rapid development. One area of technology that is experiencing development is in the world of health, starting from the equipment used, patient needs such as patient beds. A patient bed is a bed that is specifically designed and designed to make it easier for nurses to care for and treat sick patients. In general, many beds for patients in hospitals still use conventional steel materials, so this is a complaint from nurses who find it quite heavy when moving patients. The aim of this research is to determine the effectiveness of reducing the weight of the frame by paying attention to the stress distribution and safety factors received by the automatic patient bed frame. The type of approach method in this research is a numerical method based on computing the Finite Element Method by varying the dimensions of the hollow size in the automatic patient bed frame. The material used is ASTM A36 Hollow Iron with dimensions of 30 x 30 mm, 25 x 25 mm and 20 x 20 mm which will be tested with a load of 3000 N. The results of this research obtained the best material, namely hollow dimensions 20 x 20 mm which has the lightest weight, namely 2,383 Kg, so it can reduce the weight of the frame by 34.4%. The stress distribution in the hollow material dimensions of 20 x 20 mm is 39.353 MPa with a minimum safety factor of 6.353. The stress distribution in the hollow material dimensions of 25 x 25 mm is 22.998 MPa with a minimum safety factor value of 10.871. The stress distribution in the hollow material dimensions of 30 x 30 mm is 15,142 MPa with a minimum value of safety factor of 16,510.

Keywords: Automatic Patient Bed, Finite Element Method

PENDAHULUAN

Salah satu ciri kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi adalah pesatnya pengembangan. Salah satu bidang teknologi yang mengalami perkembangan adalah teknologi pada dunia kesehatan, mulai dari peralatan

yang digunakan, seperti kursi roda, tempat tidur pasien, dan lain-lain.

Tempat tidur pasien merupakan tempat tidur yang dirancang dan didesain khusus untuk mempermudah perawat dalam merawat dan mengobati pasien yang sedang sakit. Pada umumnya tempat tidur untuk pasien yang terdapat di rumah sakit maupun puskesmas masih

banyak yang menggunakan konvensional/manual dengan menggunakan tenaga manusia. Dengan cara konvensional tersebut, perawat membutuhkan energi lebih untuk memposisikan pasien.(Ockikiryanto dkk., 2019)

Tempat tidur pasien di rumah sakit sekarang ini masih menggunakan bahan baja dan *stainless steel* dari data spesifikasi tempat tidur pasien dimana berat total berkisar dari 100 kg sampai 200 kg, sehingga dari keluhan perawat rumah sakit untuk tempat tidur pasien saat ini yang berbahan baja dan *stainless steel* masih berat disaat memindahkan tempat tidur dari ruang satu ke ruang yang lain. Data standar tempat tidur pasien dengan panjang 2 m, lebar 90 cm, tinggi 60 cm, dan berat total 200 kg.(Suyitno & Yudha, 2019)

Beratnya tempat tidur pasien saat ini menjadi salah satu alasan dilakukan penelitian dalam optimasi pemilihan material untuk mereduksi berat rangka tempat tidur pasien otomatis. Rangka tempat tidur pasien otomatis dianalisa menggunakan simulasi numerik dengan diberikan beban 3000 N. Pemilihan beban untuk pengujian rangka ini dipilih karena tempat tidur pasien bisa digunakan untuk semua kalangan dan setiap pasien memiliki beban yang berbeda-beda, Adapun pasien yang memiliki beban berlebih sehingga diharapkan rangka tempat tidur pasien.

Salah satu cara untuk menganalisa pengujian kekuatan rangka adalah dengan melakukan pengujian fisis dan mekanis, salah satunya adalah dengan cara menggunakan metode numerik untuk mendapatkan optimasi pemilihan material yang terbaik dalam mereduksi berat rangka serta bisa mengurasi biaya dan waktu produksi.

Metode Elemen Hingga adalah teknik numerik untuk menyelesaikan masalah yang dijelaskan dengan persamaan diferensial parsial atau dapat dirumuskan sebagai minimalisasi fungsional. Domain yang diminati direpresentasikan sebagai kumpulan elemen hingga. Perkiraan fungsi dalam elemen hingga ditentukan berdasarkan nilai nodal medan fisik yang dicari. Masalah fisis kontinu diubah menjadi masalah elemen hingga terdiskritisasi dengan nilai nodal yang tidak diketahui.(Nikishkov, 2004)

Rumusan Masalah

- Bagaimana optimasi pemilihan dimensi material terhadap berat rangka pada tempat tidur pasien otomatis?
- Bagaimana distribusi tegangan dan faktor keamanan pada rangka tempat tidur pasien otomatis menggunakan simulasi numerik dengan variasi dimensi material?

Tujuan Penelitian

- Untuk mengetahui pemilihan dimensi material yang terbaik dalam mereduksi berat rangka tempat tidur pasien otomatis.
- Untuk mengetahui distribusi tegangan dan faktor keamanan yang diterima oleh rangka

tempat tidur pasien otomatis menggunakan simulasi numerik dengan variasi dimensi material.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numerik berbasis komputasi Metode Elemen Hingga. Yang bertujuan untuk mempermudah dalam mendapatkan hasil dari pengujian kekuatan rangka secara simulasi tanpa harus dilakukan pengujian mekanis dan fisis. Metode numerik membantu dalam mengetahui pola distribusi gaya yang bekerja pada rangka tempat tidur pasien otomatis dengan variasi dimensi material hollow. Nilai parameter yang diperoleh dari simulasi numerik kemudian disajikan berupa gambaran kontur lalu dilakukan analisa, hasil analisa kemudian ditarik kesimpulan dan dilakukan pemilihan material yang terbaik.

Lokasi dan Waktu Penelitian

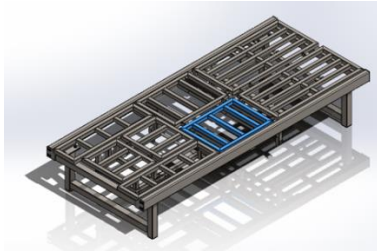
- Lokasi Penelitian
Adapun lokasi pelaksanaan penelitian analisa numerik kekuatan rangka tempat tidur pasien otomatis menggunakan perangkat lunak solidworks yaitu dilaksanakan di Laboratorium CAD Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
- Waktu Penelitian
Penelitian ini dilaksanakan mulai dari 22 Agustus 2023 hingga 29 Maret 2024.

Objek dan Alat Penelitian

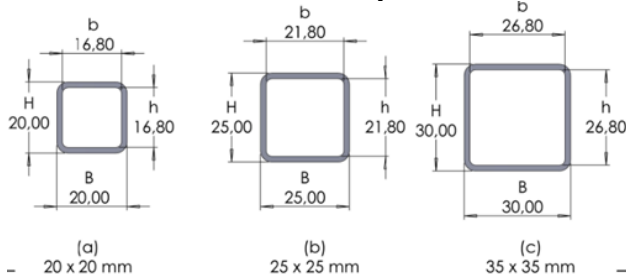
- Objek Penelitian
Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain rangka tempat tidur pasien otomatis dengan referensi model yang dibuat oleh CV. Cahaya Berkah Gusti dan didesain sdalam bentuk virtual tiga dimensi dengan variasi dimensi hollow. Kemudian diberi beban 3000 N.
- Alat Penelitian
Adapun alat yang digunakan dalam penelitian yaitu laptop Asus TUF FX505DT dan perangkat lunak Solidworks.

Variabel Penelitian

- Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:
Variabel Bebas
Dimensi material hollow yaitu: 30 x 30 mm, 25 x 25 mm dan 20 x 20 mm. Variasi dimensi material dilakukan dibagian rangka penunpu tubuh pasien pada tempat tidur pasien otomatis. Ditunjukkan pada gambar dengan rangka yang berwarna biru.



Gambar 1. Rangka Penunpu Tubuh Pasien
Sumber: Dukumen CV. Cahaya Berkah Gusti



Gambar 2. Profile Dimensi Material
Sumber: Perangkat Lunak Solidworks

- Variabel Terikat
Variabel Terikat dalam penelitian ini adalah distribusi tegangan dan faktor keamanan tempat tidur pasien otomatis untuk mendapatkan optimasi pemilihan material.
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Beban yang diberikan yaitu 3000 N.
 - b. Material menggunakan Baja Hollow ASTM A36 atau dipasaran disebut dengan Besi Hollow Hitam.
 - c. Model rangka tempat tidur pasien otomatis adalah referensi yang dibuat oleh CV. Cahaya Berkah Gusti.

Material Propertis

Material yang akan digunakan dalam analisa kekuatan rangka tempat tidur pasien otomatis adalah Baja ASTM A36 yang memiliki material properti sebagai berikut:

Tabel 1. Material Properties ASTM A36

Properties	ASTM A36	Satuan
Elastic Modulus	200	Gpa
Shear Modulus	79,3	GPa
Mass Density	7850	Kg/m ³
Tensile Strength	500	MPa
Yield Strength	250	MPa

Tahapan Simulasi

Pada umumnya tahapan pada simulasi berbasis metode elemen hingga dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

- *Pre-Processing*
Pre-Processing merupakan tahap awal sebelum melakukan simulasi seperti pembuatan model, menentukan material, *connections advisor*, *fixtures advisor*, dan *external loads*.
- *Solution*

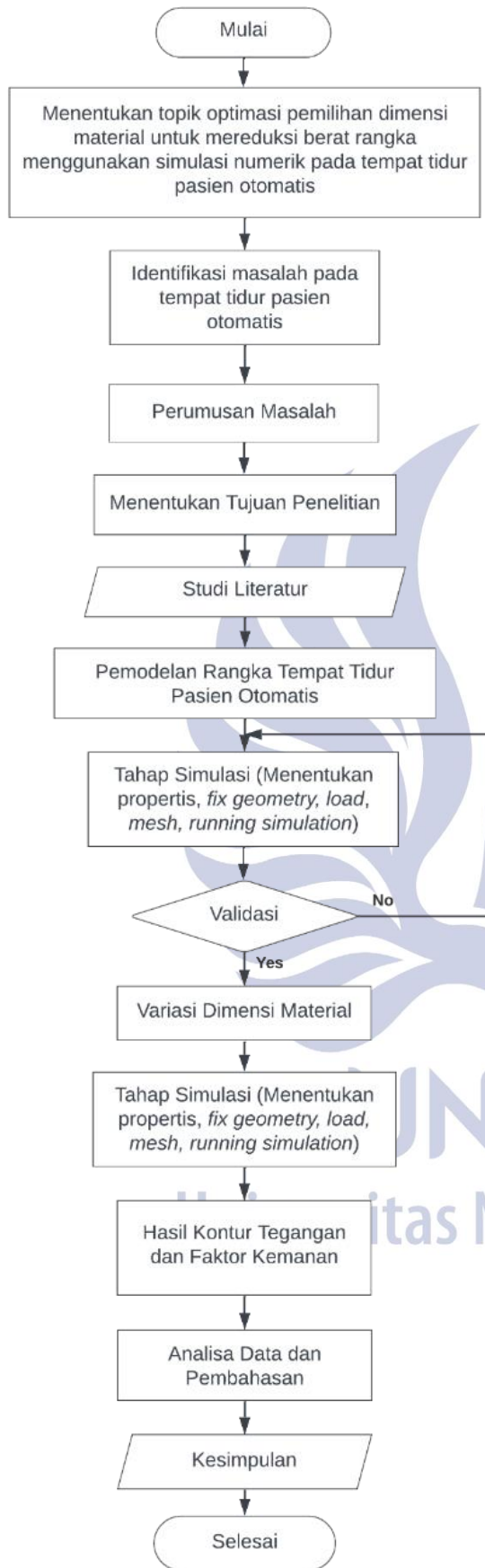
Solution merupakan tahap dimana menentukan kondisi akhir yang diharapkan sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Dalam tahap ini dibagi dua yaitu *Meshing* dan *Run Simulation*. *Running simulation* dikatakan berhenti simulasinya apabila parameter simulasi telah konvergen

- *Post-Processing*

Post-Processing adalah tahap terakhir dalam proses simulasi yang menghasilkan kontur tegangan dan faktor keamanan. Dalam tahap ini juga dilakukan validasi dari tahap solusi, lalu dilakukan pengambilan data hasil simulasi.

Diagram Alir Penelitian





Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

Validasi

Langkah validasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara membandingkan kerapatan mesh dari berbagai ukuran elemen pada material Baja ASTM A36 terhadap faktor keamanan. Dari hasil simulasi nilai faktor keamanan tersebut akan menghasilkan mesh yang optimal, selanjutnya mesh yang optimal tersebut yang akan digunakan untuk proses simulasi numerik.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melalui pengujian simulasi berbasis metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak Solidworks, pengambilan data didasarkan pada hasil simulasi yaitu distribusi tegangan dan faktor kermanan menggunakan Solidworks.

Teknik Analisa Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan teknik analisis data kuantitatif deskriptif, data yang dihasilkan oleh pengujian simulasi rangka tempat tidur pasein otomatis kemudian dideskripsikan secara sistematis, factual dan akurat. Data yang akan dianalisis adalah nilai yang diperoleh dari pengujian analisis tegangan dan faktor kermanan menggunakan perangkat lunak Solidworks, kemudian dimasukkan kedalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik kemudian dianalisa dan dapat ditarik kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hollow Dimensi 30 × 30 mm

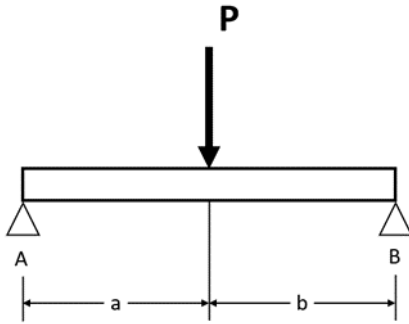
Tabel 2. Grid Independency Hollow Dimensi 30 × 30 mm

No.	Ukuran Elemen (mm)	Jumlah Total Elemen	Hasil Simulasi Faktor Keamanan	Hasil Teori Faktor Keamanan	Error (%)
1.	55	126619	15,489	26,77	0,421
2.	45	127676	15,260		0,430
3.	35	129160	16,510		0,383
4.	25	129180	15,254		0,430
5.	15	129167	16,317		0,390
6.	5	143400	15,761		0,411

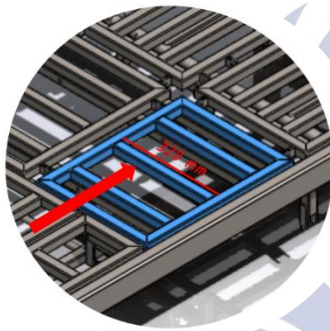
Grid Independency ini merupakan tahap validasi simulasi numerik yang bertujuan membandingkan ukuran mesh atau elemen dan didapatkan ukuran yang optimal, sehingga didapatkan hasil simulasi yang akurat dan tidak memberatkan perangkat yang digunakan. Tabel di atas menunjukkan nilai faktor keamanan yang berbeda dan error yang berbeda dari setiap ukuran elemen yang digunakan. Hasil nilai teori faktor keamanan didapatkan dari perhitungan.

Dalam menentukan nilai momen lentur ada pertimbangan untuk menentukan titik gaya yang bekerja adalah pada bagian tengah pada batang rangka tempat tidur pasien otomatis karena pada bagian tersebut yang

akan menerima beban dari pasien, dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 4. Skema titik gaya pada batang rangka tempat tidur pasien otomatis



Gambar 5. Detail batang rangka pada tempat tidur pasien otomatis

Diketahui : $L = 0,32m$

$$a = b = \frac{L}{2} = \frac{0,5 m}{2} = 0,25 m$$

$$\text{Total beban } (F) = 3000N$$

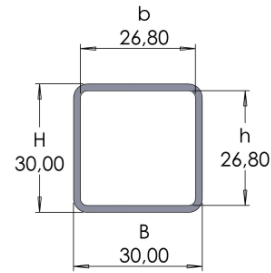
$$\text{Beban pada setiap batang } (F) = \frac{3000N}{7} = 428,5714 N$$

Maka momen lengkungnya adalah:

$$M_A = M_B = -\frac{F a \cdot b^2}{L^2} = -\frac{(428,5714 N)(0,16 m)(0,0256 m^2)}{(0,1024 m^2)}$$

$$M_A = M_B = -17,14 N \cdot m$$

Nilai momen inersia adalah:



Gambar 6. Dimensi Profile Material 30 x 30 mm

$$I_x = \frac{BH^3}{12} - \frac{bh^3}{12}$$

$$I_x = \frac{(0,03 m)(0,03 m)^3}{12} - \frac{(0,0268 m)(0,0268 m)^3}{12}$$

$$I_x = 2,46 \times 10^{-8} m^4$$

Tegangan permukaan yang terjadi adalah:

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I} = \frac{M(\frac{h}{2})}{I} = \frac{M h}{2I}$$

$$\sigma_x = \frac{17,14 N \cdot m \times 0,0268 m}{2 (2,46 \times 10^{-8} m^4)}$$

$$\sigma_x = 9336422,76 N/m^2$$

Persamaan tegangan maksimum dimana $\sigma_y = 0$ untuk analisa dua dimensi, maka tegangan maksimumnya adalah:

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2}$$

$$= \frac{9336422,76 N/m^2 - 0}{2}$$

$$+ \sqrt{\left(\frac{6378617N/m^2 - 0}{2}\right)^2}$$

$$\sigma_{max} = 9336422,76 N/m^2$$

Maka faktor keamanannya adalah:

$$SF = \frac{\text{Tegangan Luluh}}{\text{Tegangan yang diijinkan}}$$

$$= \frac{250000000 N/m^2}{9336422,76 N/m^2}$$

$$= 26,77$$

Ukuran elemen yang digunakan memiliki pengaruh penting terhadap hasil ketelitian simulasi numerik. Sama halnya dengan nilai *error*, semakin kecil nilai *error* maka akan menghasilkan simulasi numerik yang

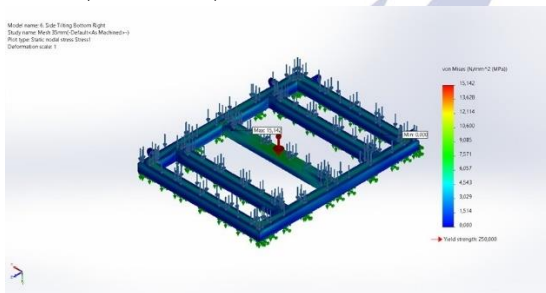
semakin baik. Nilai *error* di dapatkan dari selisih nilai simulasi faktor keamanan dengan nilai teori faktor keamanan, seperti salah satu perhitungan berikut:

$$error = \frac{teori SF - simulasi SF}{teori SF}$$

$$error = \frac{26,77 - 15,254}{26,77} = 0,611$$

Dari Tabel 2. Dapat diketahui bahwa nilai *error* yang terkecil adalah pada ukuran element 35 mm, sehingga proses simulasi numerik pada hollow dimensi 30 × 30 mm menggunakan ukuran element 35 mm. Hasil simlasi numerik pada hollow dimensi 30 × 30 mm ditampilkan sebagai berikut:

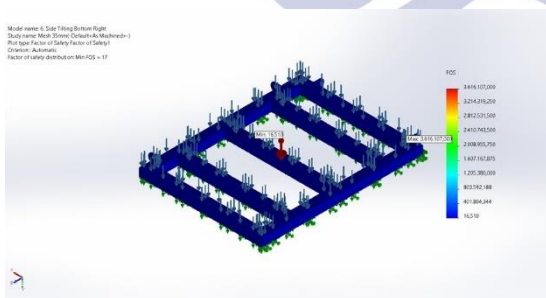
- Stress (Von Mises)



Gambar 7. Hasil Simulasi *Stress* Hollow Dimensi 30 × 30 mm

Pada gambar 7. merupakan hasil dari simulasi numerik *stress* dengan tegangan terbesar ditunjukkan pada gradasi warna merah yaitu sebesar 15,142 N/mm² (MPa).

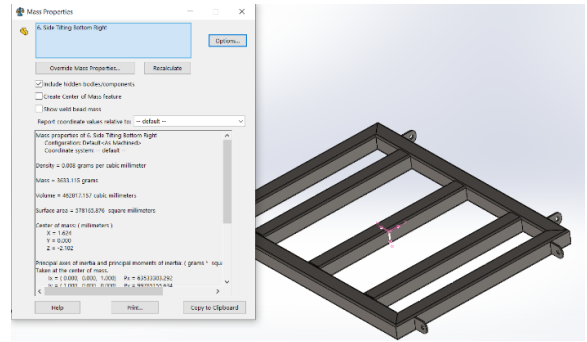
- Faktor Keamanan



Gambar 8. Hasil Simulasi Faktor Keamanan Hollow Dimensi 30 × 30 mm

Gambar 8. hasil dari simulasi numerik faktor keamanan pada rangka hollow dimensi 30 × 30 mm menghasilkan nilai faktor keamanan minimal adalah 16,510.

- Berat Rangka



Gambar 9. Berat Rangka Hollow Dimensi 30 × 30 mm

Berdasarkan dari gambar 4. 6 desain rangka hollow berdimensi 30 × 30 memiliki massa yaitu 3633,115 gram atau 3,633 Kg.

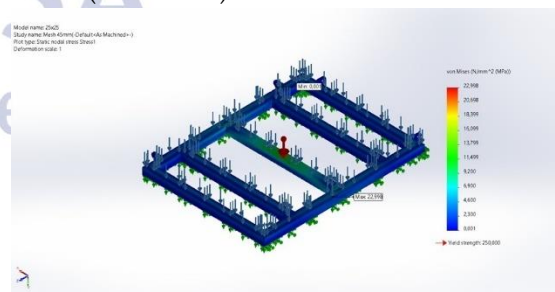
Analisis Hollow Dimensi 25 × 25 mm

Tabel 3. Grid Independency Hollow Dimensi 25 × 25 mm

No.	Ukuran Elemen (mm)	Jumlah Total Elemen	Hasil Simulasi Faktor Keamanan	Hasil Teori Faktor Keamanan	Error (%)
1.	55	106520	11	18,35	0,401
2.	45	107305	10,871		0,408
3.	35	107813	11,199		0,390
4.	25	107841	11,736		0,360
5.	15	107786	11,706		0,362
6.	5	114328	11,403		0,379

Dari tabel 3 didapatkan hasil grid independency bahwa nilai *error* yang terkecil adalah pada ukuran element 25 mm, sehingga proses simulasi numerik pada hollow dimensi 25 × 25 mm menggunakan ukuran element 25 mm. Hasil simlasi numerik pada hollow dimensi 25 × 25 mm ditampilkan sebagai berikut:

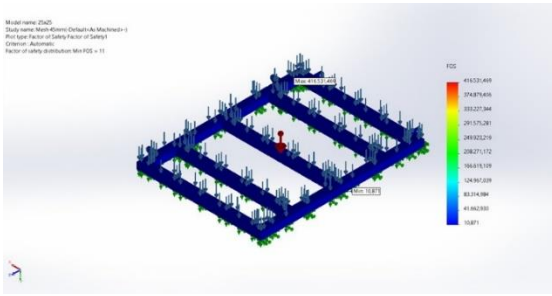
- Stress (Von Mises)



Gambar 10. Hasil Simulasi *Stress* Hollow Dimensi 25 × 25 mm

Pada gambar 10 merupakan hasil dari simulasi numerik *stress* dengan tegangan terbesar ditunjukkan pada gradasi warna merah yaitu sebesar 22,998 N/mm² (MPa) dan tegangan terendah ditunjukkan pada gradasi berwarna biru dengan nilai tegangan sebesar 0,001 N/mm² (MPa).

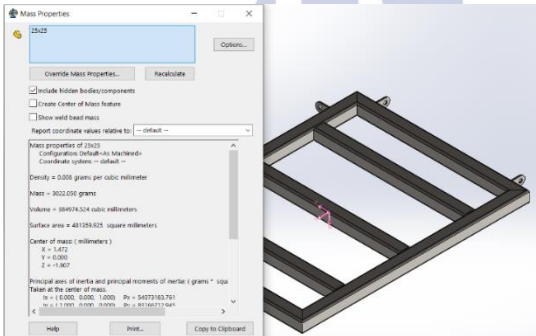
- Faktor Keamanan



Gambar 11. Hasil Simulasi Faktor Keamanan Hollow Dimensi 25 × 25 mm

Gambar 11 Merupakan hasil dari simulasi numerik faktor keamanan pada rangka hollow dimensi 25 × 25 mm dengan nilai faktor keamanan minimal adalah 10,871.

- Berat Rangka



Gambar 12. Berat Rangka Hollow Dimensi 25 x 25 mm

Pada gambar 4. 9 desain rangka hollow berdimensi 25 × 25 mm memiliki massa yaitu 3022,050 gram atau 3,022 Kg

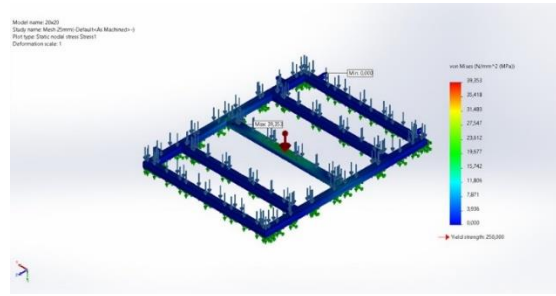
Analisis Hollow Dimensi 20 × 20 mm

Tabel 4. Grid Independency Hollow Dimensi 20 x 20 mm

No	Ukuran Elemen (mm)	Jumlah Total Elemen	Hasil Simulasi Faktor Keamanan	Hasil Teori Faktor Keamanan	Error (%)
1.	55	88084	6,415	11,63	0,448
2.	45	88572	6,985		0,399
3.	35	89752	7,324		0,370
4.	25	90219	6,353		0,454
5.	15	90271	6,352		0,454
6.	5	96905	6,780		0,417

Tabel 4. Merupakan hasil *grid independency* bahwa nilai *error* yang terkecil berada pada ukuran *element* 25 mm, sehingga proses simulasi numerik pada hollow dimensi 20 × 20 mm menggunakan ukuran *element* 25 mm. Hasil simulasi numerik pada hollow dimensi 20 × 20 mm ditampilkan sebagai berikut.

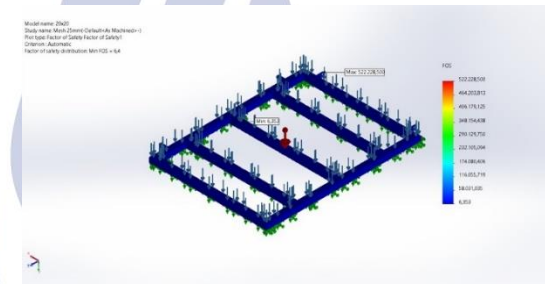
- Stress (Von Mises)



Gambar 13. Hasil Simulasi Stress Hollow Dimensi 20 × 20 mm

Gambar 13 merupakan hasil dari simulasi numerik *stress* dengan tegangan terbesar ditunjukkan pada gradasi warna merah yaitu sebesar 39,353 N/mm² (MPa).

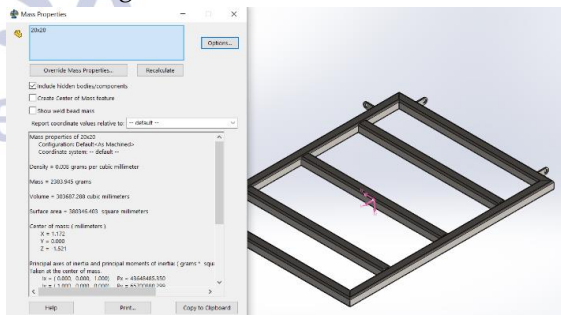
- Faktor Keamanan



Gambar 14. Hasil Simulasi Faktor Keamanan Hollow Dimensi 20 × 20 mm

Gambar 14 Merupakan hasil dari simulasi numerik faktor keamanan pada rangka hollow dimensi 20 × 20 mm dengan nilai faktor keamanan minimal adalah 6,353.

- Berat Rangka



Gambar 15. Berat Rangka Hollow Dimensi 20 × 20 mm

Gambar 15 merupakan berat rangka hollow dimensi 20 × 20 mm dengan massa sebesar 2383,945 gram atau 2,383 Kg

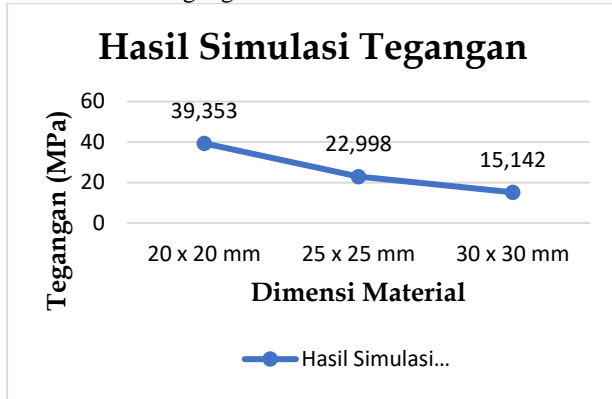
Berdasarkan hasil dari pengujian pada rangka tempat tidur pasien otomatis dengan variasi dimensi hollow

ukuran 30×30 mm, 25×25 mm dan 20×20 mm dengan menggunakan simulasi numerik memiliki hasil yang signifikan antar ukuran dimensi rangka.

Distribusi Tegangan Dan Faktor Keamanan

Distribusi tegangan dan faktor keamanan rangka hollow yang digunakan pada rangka tempat tidur pasien otomatis yaitu sebagai berikut:

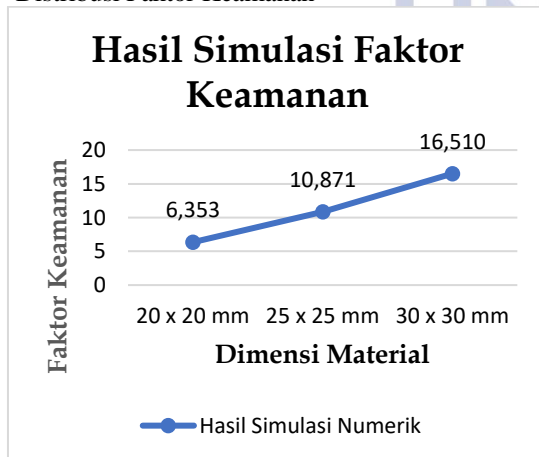
- Distribusi Tegangan



Gambar 16. Grafik Hasil Simulasi Tegangan

Dilihat dari grafik nilai yang didapatkan oleh simulasi numerik pada setiap variasi dimensi material hollow 20×20 mm, 25×25 mm dan 30×30 mm memiliki pengaruh terhadap nilai tegangan. Nilai tegangan terbesar pada dimensi hollow 20×20 mm adalah sebesar $39,353 \text{ N/mm}^2$ (MPa), Nilai tegangan terbesar pada dimensi dimensi hollow 25×25 mm adalah sebesar $22,998 \text{ N/mm}^2$ (MPa), Nilai tegangan terbesar pada dimensi dimensi hollow 30×30 mm adalah sebesar $15,142 \text{ N/mm}^2$ (MPa).

- Distribusi Faktor Keamanan



Gambar 17. Grafik Hasil Simulasi Faktor Keamanan

Grafik diatas merupakan hasil analisis faktor keamanan pada rangka dimensi 20×20 mm, 25×25 mm dan 30×30 mm. Angka keamanan rangka dimensi

20×20 mm memiliki nilai minimum sebesar 6,353. Rangka dimensi 25×25 mm memiliki nilai minimum sebesar 10,871. Sedangkan pada rangka dimensi 30×30 mm memiliki nilai minimum faktor keamanan sebesar 16,510.

Pemilihan Dimensi Material Yang Terbaik

Adapun pertimbangan-pertimbangan dalam pemilihan dimensi material untuk mereduksi berat rangka pada tempat tidur pasien otomatis yaitu sebagai berikut:

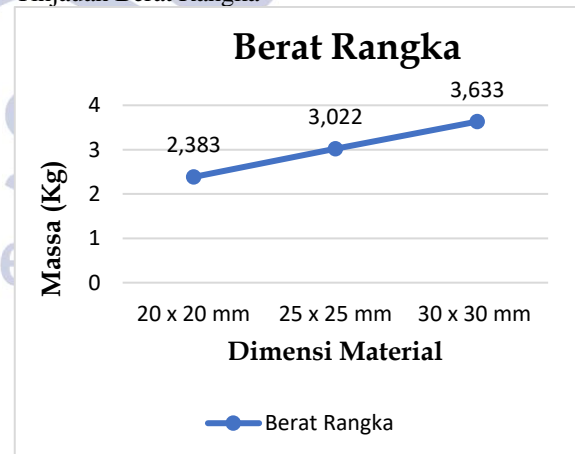
- Tinjauan Analisis Tegangan

Jika mengacu pada Tabel 2. 2 diketahui nilai *yield strength* dari material ASTM A36 adalah sebesar 250 MPa, dari ketiga hasil simulasi variasi dimensi hollow yang ditampilkan pada Gambar 4. 10 bahwa nilai tegangan maksimum yang dihasilkan masih dibawah batas nilai *yield strength* Material ASTM A36. Dengan demikian ketika dimensi material rangka ukuran 20×20 mm tersebut menerima beban sebesar 3000 N maka rangka tersebut dalam keadaan aman karena tegangan yang diterima masih lebih rendah dibandingkan kemampuan rangka dalam menerima beban.

- Tinjauan Analisis Nilai Minimum Faktor Keamanan

Dari hasil simulasi pada Gambar 17 ketiga variasi dimensi rangka telah memenuhi nilai minimum faktor keamanan yaitu 1 untuk menghindari kegagalan suatu struktur. Dengan demikian jika tempat tidur pasien otomatis menggunakan dimensi material hollow ukuran 20×20 mm masih aman, karena memiliki faktor keamanan 6,352 dimana nilai tersebut lebih dari nilai minimum faktor keamanan.

- Tinjauan Berat Rangka



Gambar 18. Grafik Berat Rangka

Berdasarkan data grafik diatas menampilkan berat pada masing-masing variasi dimensi material. Rangka dengan dimensi 20×20 mm memiliki berat 2,383 Kg, Rangka dimensi 25×25 mm memiliki berat sebesar 3,022 Kg, Sedangkan rangka dengan dimensi 30×30 mm memiliki berat sebesar 3,633

Kg. Dalam proses optimasi pemilihan dimensi material untuk mereduksi berat rangka tempat tidur pasien otomatis, maka rangka dengan dimensi 20 × 20 mm cocok untuk digunakan pada tempat tidur pasien otomatis karena memiliki berat paling ringan dan mampu mengurangi berat rangka sebanyak 34,41%. Angka tersebut didapatkan dari selisih antara dimensi material 30 × 30 mm dengan 20 × 20 mm yaitu sebagai berikut:

Selisih Persentase

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Nilai Awal} - \text{Nilai Akhir}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{3,633 \text{ Kg} - 2,383 \text{ Kg}}{3,633 \text{ Kg}} \times 100\% \\ &= 34,41\% \end{aligned}$$

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis simulasi numerik pada rangka tempat tidur pasien otomatis, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil analisis simulasi numerik dalam optimasi pemilihan dimensi material untuk mereduksi berat rangka, maka diperoleh dimensi material yang terbaik yaitu material dengan dimensi hollow 20 × 20 mm yang mampu menerima beban sebesar 3000 N dengan hasil tegangan sebesar 39,353 N/mm² (MPa) dimana nilai tersebut masih dibawah batas nilai *yield strength* material ASTM A36. Nilai minimum faktor keamanan yang didapatkan yaitu sebesar 6,353, nilai tersebut masih diatas nilai dari faktor keamanan yang disarankan. Rangka dimensi 20 × 20 mm juga memiliki berat sebesar 2,383 Kg yang merupakan berat paling ringan diantara tiga variasi dimensi material dan mampu mengurangi berat rangka sebanyak 34,41%.
- Distribusi tegangan pada dimensi material hollow 20 × 20 mm adalah sebesar 39,356 N/mm² (MPa) dengan minimum faktor keamanan sebesar 6,352. Distribusi tegangan pada dimensi material hollow 25 × 25 mm adalah sebesar 22,998 N/mm² (MPa) dengan nilai minimum faktor keamanan sebesar 10,871. Distribusi tegangan pada dimensi material hollow 30 × 30 mm adalah sebesar 15,142 N/mm² (MPa) dengan nilai minimum faktor keamanan adalah 16,510

Saran

Pada penelitian optimasi pemilihan dimensi material untuk mereduksi berat rangka menggunakan simulasi numerik pada tempat tidur pasien otomatis ada beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

- Bagi pembaca yang akan melaksanakan penelitian mengenai analisis menggunakan metode elemen hingga sebaiknya memperdalam materi mengenai metode elemen hingga, mempelajari cara mengoperasikan perangkat lunak desain dan analisis simulasi yang akan digunakan dalam penelitian.
- Bagi industri, insinyur dapat memanfaatkan penelitian sebagai bahan referensi dalam merancang rangka tempat tidur pasien otomatis dengan berat yang lebih ringan dan ekonomis.
- Diharapkan peneliti selanjutnya dapat mengembangkan penelitian menggunakan penyangga bagian tengah rangka dengan bentuk menyilang seperti x atau v agar mendapatkan hasil rangka yang optimal dalam menerima tegangan sehingga beban menjadi merata

DAFTAR PUSTAKA

- Hutahaean, Ramses Yohannes. (2017) *Mekanika Kekuatan Material edisi 2*. Cet. Ke-1. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hutahaean, Ramses Yohannes. (2020) *Mekanika Kekuatan Material edisi 3*. Cet. Ke-1. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Isworo, H. (2018). *Buku Ajar Mekanik Kekuatan Material 1 (HMKK319)*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat.
- Mott, R. L. (2009). *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis*. Translated by Rines, Agus Unggul Santoso, Wibowo Kusbandono, Rusdi Sambada, I Gusti Ketut Puja, dan A. Teguh Siswantoro. Yogyakarta: ANDI.
- Nikishkov, G. P. (2004). *INTRODUCTION TO THE FINITE ELEMENT METHOD. Lecture Note. University of Aizu, Japan.*
- Ockikiryanto, O., Widiatoro, A., & Rosyadi, M. (2019). Rancang Bangun Tempat Tidur Pasien Otomatis Dengan Sensor Accelerometer Gyroscope Untuk Mengatur Keseimbangan Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Online Universitas Muhammadiyah Surabaya*, 2.
- Prasetyo, T., Saputra, E., Muqorrobin, M., & Umrotu Sihab, W. (2022). Design of smart hospital bed for stroke patient with linear actuator motor. *UNPRI Journal of Science and Technology*, 1(1).
- Senthilkumar, S., Manivannan, S., Venkatesh, R., & Karthikeyan, M. (2023). Influence of heat input on

- the mechanical characteristics, corrosion and microstructure of ASTM A36 steel welded by GTAW technique. *Helicon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.helicon.2023.e19708>
- Suyitno, & Yudha, F. A. K. (2019). Studi Awal Perancangan Tempat Tidur Pasien Berbahan Aluminium dengan Metode Elemen Hingga. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 1(1), 73–80. <https://doi.org/10.22146/jmdt.v1i1.46745>
- Syahputra, G., Nazaruddin, Herisiswanto. (2019). RANCANG BANGUN RANGKA PENCETAK BAKSO DENGAN KAPASITAS 250 BUTIR/MENIT. *Jom FTEKNIK*, 6.
- Usmani, A. R., Kotowski, S. E., Kim, J., Huston, T. R., & Davis, K. G. (2023). Biomechanical investigation of optimal bed height for egressing and ingressing hospital beds. *Human Factors in Healthcare*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.hfh.2023.100053>
- Yunus, A. I., Kristiana, R., Dewadi, F. M., Anwar, B., Umar, S. A. H., Fuadah, N., Sarasanty, D., Endahwati, L., Murdani, E., & Tukimun, T. (2023). *MEKANIKA TEKNIK II*. <https://www.researchgate.net/publication/372230943>

