

DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA LEMARI PERKAKAS DI BALAI LAPAN GARUT MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Lasinta Ari Nendra Wibawa¹

¹ Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Garut, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

Jln. Cilauteureun, Cikelet, Garut, Indonesia

Email penulis¹: lasinta.ari@lapan.go.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji tentang perancangan dan analisis kekuatan rangka lemari perkakas menggunakan metode elemen hingga. Lemari perkakas didesain lima tingkat dengan ukuran 800 mm (panjang), 400 mm (lebar), dan 1750 mm (tinggi). Analisis dilakukan menggunakan software Autodesk Inventor Professional 2017. Material rangka yang digunakan adalah Aluminium paduan 3003-H12 dengan standar DIN EN 10056-1 (Equal angles) dengan ukuran 25 x 25 x 3 mm. Variabel beban tiap tingkat lemari perkakas yaitu 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg. Hasil simulasi menunjukkan untuk beban lemari perkakas tiap tingkat dengan berat 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg memiliki faktor keamanan berturut-turut yaitu 2,49, 2,24, 2,04, dan 1,87.

Kata kunci: lemari perkakas, aluminium paduan 3003-H2, metode elemen hingga, autodesk inventor 2017

Abstract

This study examined the design and strength analysis of tool cabinet frame using the finite element method. Tool cabinet was designed five levels with sizes of 800 mm (length), 400 mm (width), and 1750 mm (height). The analysis was carried out using Autodesk Inventor Professional 2017 software. The frame material used was Aluminum alloy 3003-H12 with DIN EN 10056-1 (Equal angles) standards with a size of 25 x 25 x 3 mm. Load variables for each tool cabinet level were 45 kg, 50 kg, 55 kg and 60 kg. The simulation results show that the tool cabinets for each level weighing 45 kg, 50 kg, 55 kg, and 60 kg have safety factors of 2.49, 2.24, 2.04 and 1.87.

Keywords: tool cabinet, aluminum alloy 3003-H2, finite element method, autodesk inventor 2017

PENDAHULUAN

Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer (Balai LAPAN Garut) merupakan balai tempat melaksanakan kegiatan uji teknologi penerbangan dan antariksa, khususnya uji statik dan terbang roket serta pesawat LSU (*LAPAN Surveillance UAV*). Balai LAPAN Garut terletak di tepi Pantai Cilauteureun sehingga mengakibatkan lingkungan Balai LAPAN Garut sangat rentan dengan serangan korosi (Wibawa, 2019a).

Kondisi lingkungan dengan tingkat kandungan asam yang tinggi di tepi pantai menimbulkan banyak kerugian yang disebabkan oleh tingginya laju korosi (Wibawa, 2019b). Laju korosi yang tinggi berdampak pada berkurangnya umur pakai dari komponen yang terbuat dari material logam, khususnya besi dan baja yang paling dominan terkena dampaknya.

Belum adanya lemari perkakas yang sesuai di Gedung Integrasi Roket menyebabkan masalah dalam menyimpan peralatan-peralatan permesinan dan komponen benda kerja. Lemari perkakas yang ada saat ini masih terbuat dari material *mild steel* yang dilapis dengan cat besi. Hal ini kurang tepat mengingat laju korosi di kantor Balai LAPAN Garut sangat tinggi sehingga harus dilakukan pengecatan ulang secara teratur dan berkala. Desain lemari yang ada saat ini juga kurang sesuai karena masih menggunakan lemari arsip kantor yang banyak tersedia di pasaran, bukan lemari perkakas permesinan.

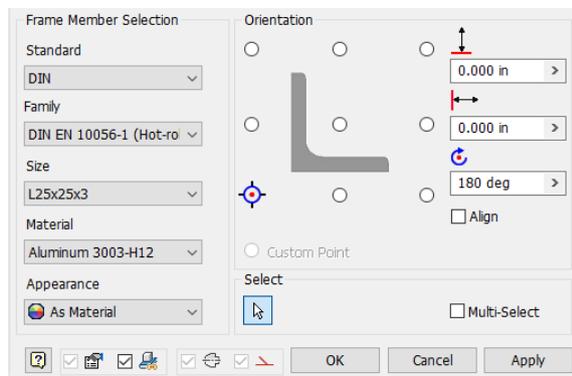
Penelitian ini bertujuan merancang lemari perkakas menggunakan material Aluminium paduan 3003-H12. Aluminium paduan 3003-H12 merupakan material yang tahan korosi, ringan, mampu las baik (*good weldability*), dan memiliki kekuatan luluh hingga 124 MPa (*Autodesk Material Library*). Penelitian ini secara khusus mengkaji pengaruh beban tiap tingkat terhadap tegangan *Von Mises*, deformasi, dan faktor

keamanan dari rancangan lemari perkakas. Penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam menetapkan beban maksimum yang diperbolehkan agar rancangan lemari perkakas tetap aman menahan beban dinamis.

METODE PENELITIAN

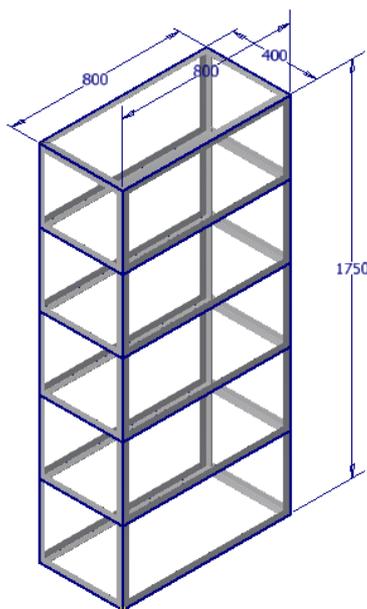
Material

Material yang digunakan untuk rangka lemari perkakas yaitu material Aluminium paduan 3003-H12. Standar rangka yang digunakan adalah DIN EN 10056-1 (*Equal angles*) ukuran 25 x 25 x 3 mm (Gambar 1).



Gambar 1 Standar material rangka lemari perkakas

Desain 3 (tiga) dimensi rangka tempat sampah ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Dimensi rangka lemari perkakas (dalam mm)

Perangkat lunak (software)

Autodesk Inventor merupakan perangkat lunak untuk aplikasi desain mekanik 3D, simulasi, visualisasi, dan dokumentasi yang dikembangkan oleh Autodesk yang telah lebih dulu familier dengan produk AutoCAD (Wibawa, 2018a). Autodesk Inventor ditujukan untuk penggambaran teknik pemesinan yang menyediakan fasilitas untuk memvisualisasikan model dalam bentuk 3D, gambar rakitan (*assembly*), gambar kerja (*drawing*), dan animasi dari benda yang akan dibuat secara digital. Model digital tersebut dapat digunakan untuk membantu memvisualisasikan, mensimulasikan, dan menganalisis produk sebelum dibuat.

Autodesk Inventor menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisis kekuatan suatu komponen. Metode ini sangat efektif dan efisien untuk menentukan besarnya tegangan *Von Mises*, deformasi, dan faktor keamanan. Salah satu keunggulan utama dari perangkat lunak untuk pemodelan 3D yaitu luas dan volume suatu desain dapat dihitung dengan mudah, meskipun desain yang dibuat sangat kompleks dan rumit. Hal ini tentu sangat memudahkan dalam menghitung berat komponen dengan mengalikan volume desain dengan massa jenis dari material. Hal ini memudahkan dalam mengatur dan merencanakan kebutuhan dari material yang akan digunakan.

Parameter Analisis Tegangan menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017 secara lengkap dapat dilihat dari Tabel 1 berikut ini.

Tabel 4 Parameter analisis tegangan

Tipe Simulasi		<i>Single Point</i>
Variabel beban lemari perkakas tiap tingkat	45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg	
Percepatan gravitasi	9,81 m/s ²	
Total muatan	441,45 N, 490,50 N, 539,55 N, dan 588,60 N	
<i>Average element size</i>	0,1 mm	
<i>Minimum element size</i>	0,2 mm	
<i>Safety factor</i>	Berdasarkan <i>yield strength</i>	
Jumlah node	165232	
Jumlah elemen	74897	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sifat Fisik Material

Tabel 2 menunjukkan sifat fisik material Aluminium paduan 3003-H12. Material Aluminium 3003-H12 memiliki massa jenis sebesar 2,73 gram/cm³ dan volume rangka lemari perkakas sebesar 2.968.600 mm³ sehingga massa total rangka lemari perkakas yaitu 8,10 kg.

Tabel 5 Sifat fisik material lemari perkakas

Parameter	Keterangan
Material	Aluminum 3003-H12
Density	2,73 g/cm ³
Mass	8,10 kg
Area	2040280 mm ²
Volume	2968600 mm ³
Yield Strength	124 MPa
Ultimate Tensile Strength	131 MPa
Young's Modulus	69 GPa
Poisson's Ratio	0,33 ul
Shear Modulus	25,94 GPa

Analisis Tegangan Von Mises

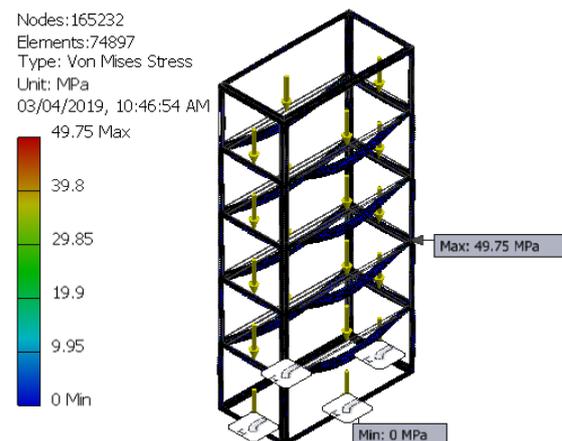
Hasil simulasi menggunakan Autodesk Inventor menggunakan analisis statik linier. Analisis statik adalah disiplin teknik yang menentukan tegangan pada material dan struktur yang mengalami gaya atau beban statis maupun dinamis (Younis, 2010). Analisis statik menggunakan metode elemen hingga dan bertujuan untuk menentukan struktur atau komponen, dapat dengan aman menahan kekuatan dan beban yang telah ditentukan. Kondisi ini dapat tercapai saat tegangan yang ditentukan dari gaya yang diaplikasikan kurang dari kekuatan luluh material dalam menahan beban (Wibawa, 2019c). Hubungan tegangan ini sering disebut sebagai faktor keamanan (*safety factor*) dan digunakan dalam banyak analisis sebagai indikator keberhasilan atau kegagalan dalam sebuah analisis (Wibawa, 2018b).

Kekuatan material merupakan kemampuan material untuk menahan beban maksimum sebelum patah. Saat mendesain suatu rancangan, kriteria yang digunakan adalah kekuatan luluh (*yield strength*), bukan kekuatan maksimum (*ultimate tensile strength*). Kekuatan luluh adalah kekuatan yang dimiliki material untuk menahan beban sebelum mengalami deformasi plastis. Artinya, saat beban masih berada di bawah kekuatan luluh, maka material dapat kembali ke bentuk semula.

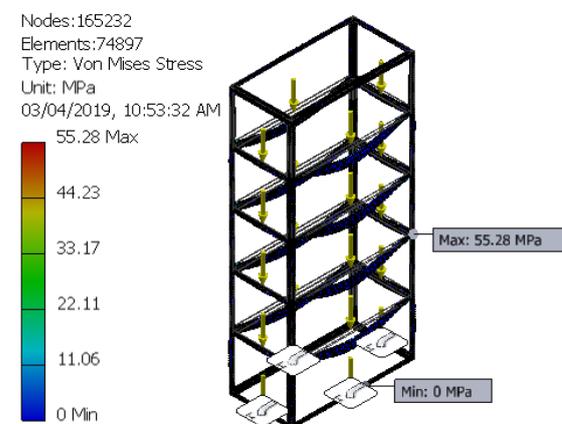
Teori tegangan maksimum menyatakan bahwa kegagalan akan terjadi bila tegangan utama

maksimum dalam suatu komponen mencapai nilai tegangan maksimum pada batas elastis. Teori ini digunakan untuk memprediksi kegagalan material getas. Namun, pada benda elastis yang berlaku beban tiga dimensi, tegangan kompleks bakal terjadi, yang berarti bahwa pada setiap titik di dalam benda ada tekanan yang bekerja dalam berbagai arah. Kriteria *Von Mises* menghitung apakah kombinasi tegangan pada titik tertentu akan menyebabkan kegagalan (Wibawa, 2018b). Tegangan *Von Mises* juga disebut sebagai tegangan setara atau ekuivalen.

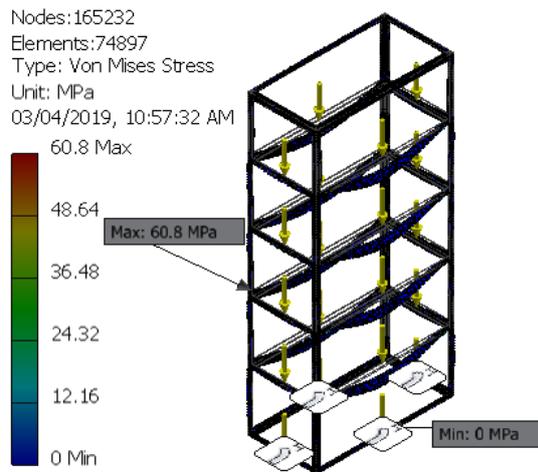
Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi tegangan *Von Mises* rangka lemari perkakas terhadap variasi beban tiap tingkat. Tegangan *Von Mises* maksimal untuk beban tiap tingkat sebesar 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg berturut-turut sebesar 49,75 MPa, 55,28 MPa, 60,80 MPa, dan 66,33 MPa. Tegangan *Von Mises* masih berada di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material Aluminium paduan 3003-H12, yaitu sebesar 124 MPa.



Gambar 3 Tegangan Von Mises rangka lemari perkakas dengan beban 45 kg/tingkat.

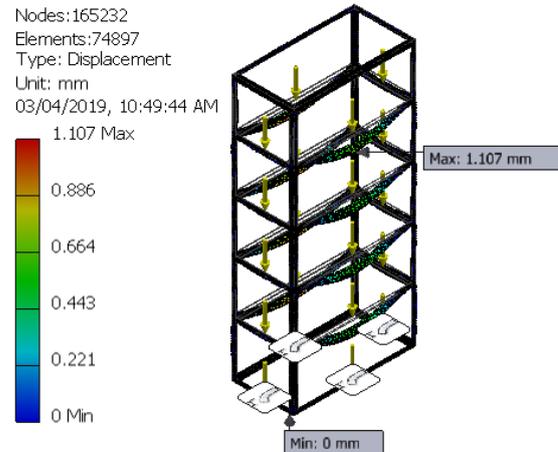


Gambar 4 Tegangan Von Mises rangka lemari perkakas dengan beban 50 kg/tingkat.

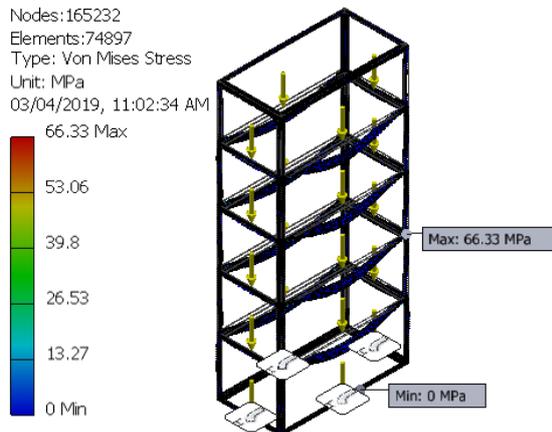


Gambar 5 Tegangan *Von Mises* rangka lemari perkakas dengan beban 55 kg/tingkat.

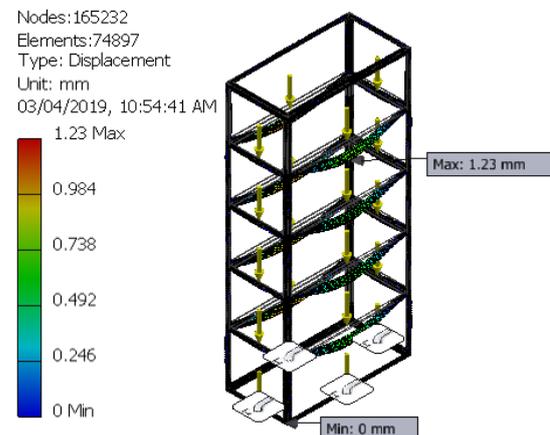
kekuatan luluh material, maka deformasi yang terjadi adalah deformasi elastis.



Gambar 7 Deformasi rangka lemari perkakas dengan beban 45 kg/tingkat.



Gambar 6 Tegangan *Von Mises* rangka lemari perkakas dengan beban 60 kg/tingkat.

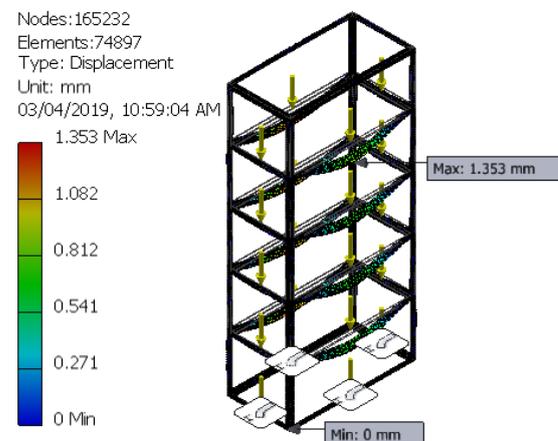


Gambar 8 Deformasi rangka lemari perkakas dengan beban 50 kg/tingkat.

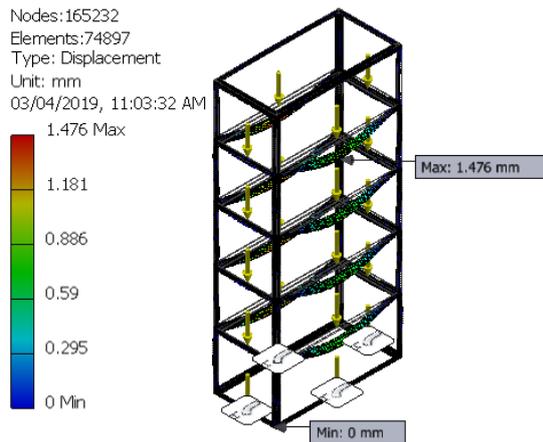
Deformasi

Deformasi menunjukkan bentuk model yang cacat dari representasi skala, berdasarkan kondisi beban spesifik. Kegunaan deformasi untuk menentukan lokasi dan luasnya komponen yang akan ditekuk dan berapa banyak gaya yang dibutuhkan untuk menekuk model dengan jarak tertentu.

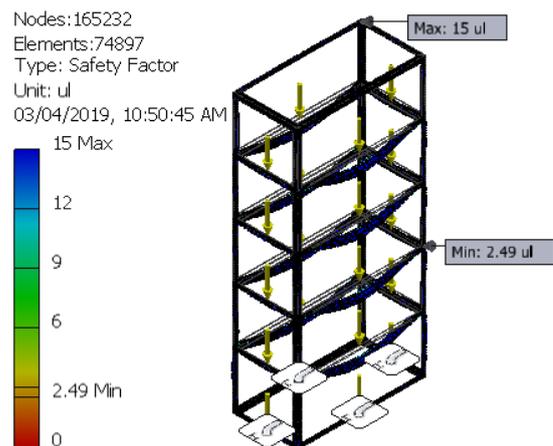
Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10 menunjukkan nilai deformasi (*displacement*) material terhadap variasi beban tiap tingkat. Nilai deformasi maksimal rangka lemari perkakas terhadap beban tiap tingkat sebesar 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg berturut-turut sebesar 1,107 mm, 1,230 mm, 1,353 mm, dan 1,476 mm. Nilai deformasi ini relatif kecil. Karena nilai tegangan *Von Mises* kurang dari tngangan atau



Gambar 9 Deformasi rangka lemari perkakas dengan beban 55 kg/tingkat.



Gambar 10 Deformasi rangka lemari perkakas dengan beban 60 kg/tingkat.



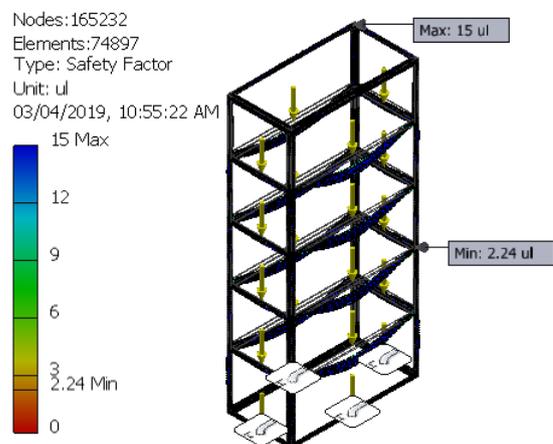
Gambar 11 Faktor keamanan rangka lemari perkakas dengan beban 45 kg/tingkat.

Faktor Keamanan (*safety factor*)

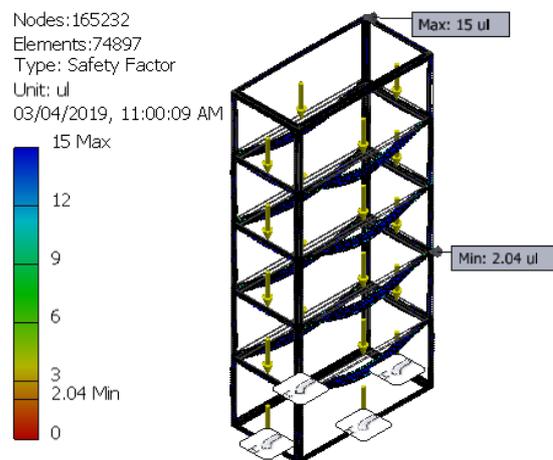
Faktor keamanan minimum menggunakan simulasi Autodesk Inventor dihitung sebagai kekuatan luluh dari material yang dibagi dengan tegangan Von Mises maksimum. Faktor keamanan kurang dari 1 (satu) menunjukkan kegagalan permanen.

Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 menunjukkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) material terhadap variasi beban tiap tingkat. Nilai faktor keamanan (*safety factor*) minimum pada saat beban rangka lemari perkakas terhadap beban tiap tingkat sebesar 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg berturut-turut sebesar 2,49, 2,24, 2,04, dan 1,87.

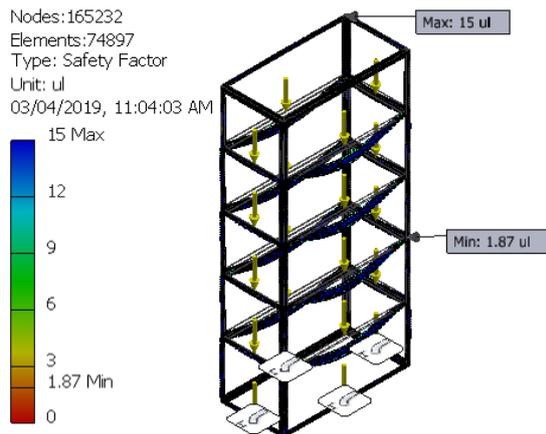
Nilai faktor keamanan saat beban 60 kg/tingkat berada di bawah standar suatu komponen mampu menahan beban dinamis. Beban dinamis adalah beban yang dapat terjadi secara tiba-tiba pada struktur. Beban dinamis umumnya kecil tetapi berubah-ubah terhadap waktu (Wibawa & Himawanto, 2018). Beban dinamis perlu diantisipasi karena rangka lemari perkakas kerap mengalami beban fluktuatif. Nilai faktor keamanan yang dipersyaratkan untuk komponen mampu menahan beban dinamis yaitu 2-3 (Dobrovolsky, 1978).



Gambar 12 Faktor keamanan rangka lemari perkakas dengan beban 50 kg/tingkat.



Gambar 13 Faktor keamanan rangka lemari perkakas dengan beban 55 kg/tingkat.



Gambar 14 Faktor keamanan rangka lemari perkakas dengan beban 60 kg/tingkat.

KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain rangka lemari perkakas menggunakan material Aluminium paduan 3003-H12 memiliki massa sebesar 8,10 kg. Desain rangka lemari perkakas yang telah dibuat cukup aman untuk menahan beban dinamis hingga 55 kg/tingkat. Hal ini karena nilai faktor keamanannya sebesar 2,04.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Dobrovolsky, K. Z. (1978). *Machine elements: a textbook*. Moscow: Peace Publisher.
- [2] Wibawa, L. A. N. (2018a). *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta.

- Retrieved from <https://play.google.com/books/reader?id=qHpKDwAAQBAJ&lr=&printsec=frontcover>
- [3] Wibawa, L. A. N. (2018b). *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta. Retrieved from <https://play.google.com/books/reader?id=BD1LDwAAQBAJ&hl=id&lr=&printsec=frontcover>
- [4] Wibawa, L. A. N. (2019a). Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Meja Kerja (*Workbench*) Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Mesin – ITI*, 3(1), 13–17.
- [5] Wibawa, L. A. N. (2019b). Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Tempat Sampah di Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Turbulen: Jurnal Teknik Mesin*, 1(2), 64–68.
- [6] Wibawa, L. A. N. (2019c). Pengaruh Diameter Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Polimesin*, 17(1), 26–32.
- [7] Wibawa, L. A. N., & Himawanto, D. A. (2018). Analisis Ketahanan Beban Dinamis Material Turbin Angin Terhadap Kecepatan Putar Rotor (rpm) Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Simetris*, 9(2), 803–808. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2343>
- [8] Younis, W. (2010). *Up and running with Autodesk Inventor Simulation 2011: a step-by-step guide to engineering design solutions*. Elsevier.