

Pengaruh Beban terhadap Prediksi Umur Fatik Rangka Meja Kerja Balai LAPAN Garut Menggunakan *Ansys Workbench*

Lasinta Ari Nendra Wibawa^{1,2,a)}, Kuncoro Diharjo^{1,b)}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Jebres, Surakarta, 57126

²Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Jl. Cilauteuren, Cikelet, Garut, 44177

^{a)} lasinta.ari@lapan.go.id (corresponding author), ^{b)} kuncorodiharjo@ft.uns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji tentang pengaruh beban terhadap prediksi umur fatik rangka meja kerja menggunakan metode elemen hingga. Desain rangka meja kerja menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017, sedangkan analisis elemen hingga menggunakan *Ansys Workbench*. Rangka meja kerja dikenakan beban 150, 175, 200, dan 225 kg dengan jenis pembebanan *fully-reserved*. Prediksi umur fatik menggunakan teori tegangan rata-rata Gerber. Material rangka meja kerja menggunakan Aluminium paduan 6061. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangka meja kerja memiliki umur fatik minimum untuk beban 150, 175, 200, dan 225 kg berturut-turut yaitu 1×10^8 , $6,61 \times 10^7$, $1,69 \times 10^7$, dan $4,09 \times 10^6$ siklus. Sedangkan faktor keamanan umur fatik minimum untuk beban 150, 175, 200, dan 225 kg berturut-turut yaitu 1,395; 1,196; 1,046; dan 0,930. Hal ini menunjukkan rangka meja kerja mampu menahan umur fatik hingga minimal 10^7 siklus untuk beban 150, 175, dan 200 kg karena memiliki faktor keamanan lebih dari nilai 1. Sedangkan untuk beban 225 kg rangka meja kerja gagal untuk mencapai umur fatik minimal 10^7 siklus karena prediksi umur fatik hanya mencapai $4,09 \times 10^6$ siklus dengan faktor keamanan kurang dari 1, yaitu 0,930.

Kata kunci: aluminium paduan 6061, *ansys*, rangka meja kerja, metode elemen hingga, prediksi umur fatik

Abstract

The study examines the effect of the load on fatigue life prediction of a workbench frame using the finite element method. The design of the workbench frame uses Autodesk Inventor Professional 2017, while finite element analysis uses Ansys Workbench. The workbench frame is subjected to loads 150, 175, 200, and 225 kg with a fully-reserved type of loading. Fatigue life prediction using Gerber's mean stress theory. The material of the workbench frame using Aluminum alloy 6061. The simulation results show that the workbench frame has a minimum fatigue life for loads of 150, 175, 200, and 225 kg, respectively 1×10^8 , 6.61×10^7 , 1.69×10^7 , and 4.09×10^6 cycles. Whereas the minimum safety factor for fatigue life is 150, 175, 200, and 225 kg, respectively 1.395; 1.196; 1.046; and 0.930. It shows the workbench frame can withstand the fatigue life to a minimum of 10^7 cycles for a load of 150, 175, and 200 kg because it has a safety factor of more than 1. While for the 225 kg load, the workbench frame fails to reach a minimum age of 10^7 cycles due to fatigue life prediction is only 4.09×10^6 cycles with a safety factor of less than 1, which is 0.930.

Keywords: aluminum alloy 6061, *ansys*, workbench frame, finite element method, fatigue life prediction

I. PENDAHULUAN

Meja kerja (*workbench*) merupakan salah satu komponen yang harus ada di dalam suatu fasilitas perbengkelan. Meja kerja (*workbench*) digunakan untuk pengerjaan benda kerja pada lokasi bengkel kerja (*workshop*). Beberapa fungsi meja kerja antara lain untuk tempat meletakkan benda kerja saat dilakukan proses pengelasan, penggerindaan, dan pemotongan.

Meja kerja di LAPAN Garut biasa digunakan untuk meletakkan benda kerja khususnya komponen pesawat UAV, roket, dan perkakas permesinan yang sesuai dengan dimensi meja kerja. Meja kerja hanya menerima beban dari komponen dan alat permesinan yang diletakkan di atasnya.

Konstruksi rangka meja kerja dapat mengalami kegagalan karena beban yang berlebihan, kurangnya perawatan, korosi, dan fatik. Fatik merupakan penyebab terbanyak kegagalan suatu komponen atau struktur [1]. Hal ini menjadikan penelitian tentang prediksi umur fatik menarik untuk dipelajari [2], [3].

Penelitian ini bertujuan melakukan investigasi untuk mengetahui pengaruh beban terhadap umur fatik rangka meja kerja menggunakan *Ansys Workbench*. *Ansys* merupakan perangkat lunak yang sering digunakan untuk analisis tentang prediksi umur fatik [4], [5], [6,7].

Fatik atau kelelahan adalah jenis kegagalan pada komponen karena beban dinamik yang fluktuatif di bawah kekuatan luluh yang terjadi berulang-ulang dalam

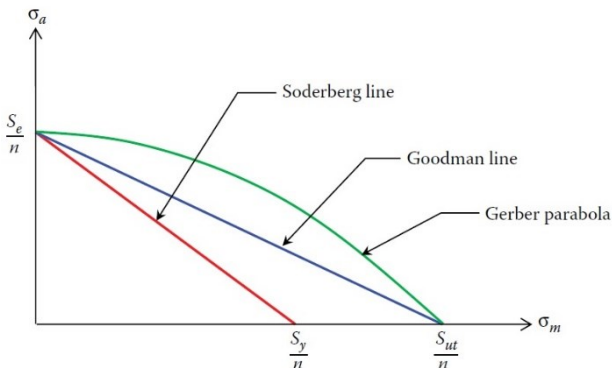
waktu yang lama. Sedangkan umur fatik (*fatigue life*) adalah jumlah siklus tegangan dan regangan yang fluktuatif dari sifat tertentu yang material pertahankan sebelum terjadi kegagalan [8].

Prediksi umur fatik sangat penting dan harus dipertimbangkan pada tahap desain suatu komponen atau benda kerja [9]. Hal ini dikarenakan kegagalan fatik dapat terjadi secara tiba-tiba dan tanpa peringatan.

Ada tiga teori kegagalan fatik yang umum digunakan, yaitu *Soderberg*, *Goodman*, dan *Gerber*. Pada penelitian ini, teori yang digunakan adalah teori *Gerber*. Teori *Gerber* menyatakan struktur akan aman jika:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \left(\frac{\sigma_m}{S_{ut}}\right)^2 < \frac{1}{n} \tag{1}$$

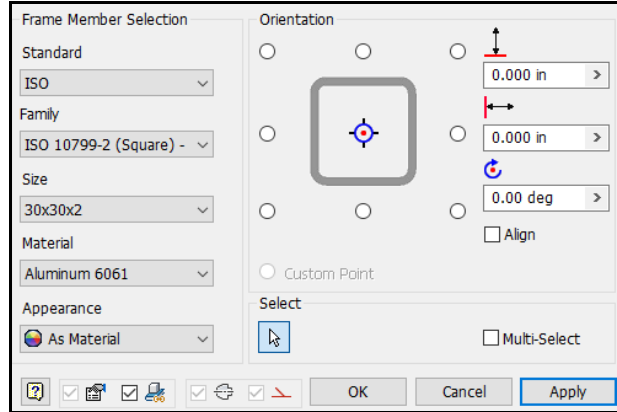
di mana S_{ut} adalah kekuatan tarik maksimum dan n adalah faktor keamanan. Ketika tegangan bolak-balik (σ_a) diplotkan versus tegangan rata-rata (σ_m), parabola *Gerber* dapat digambarkan di antara titik-titik $\sigma_a = S_e/n$ dan $\sigma_m = S_{ut}/n$. Jika tegangannya di bawah parabola *Gerber* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, maka desain tersebut aman.



Gambar 1. Diagram fatik *Soderberg*, *Goodman*, dan *Gerber* [10]

II. METODE PENELITIAN

Material yang digunakan untuk rangka meja kerja (*workbench*) yaitu material Aluminium 6061. Rangka yang digunakan adalah standar ISO 10799-2 (*Square*) ukuran 30 x 30 x 2 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Tabel 1 menunjukkan sifat mekanik dari Aluminium 6061.

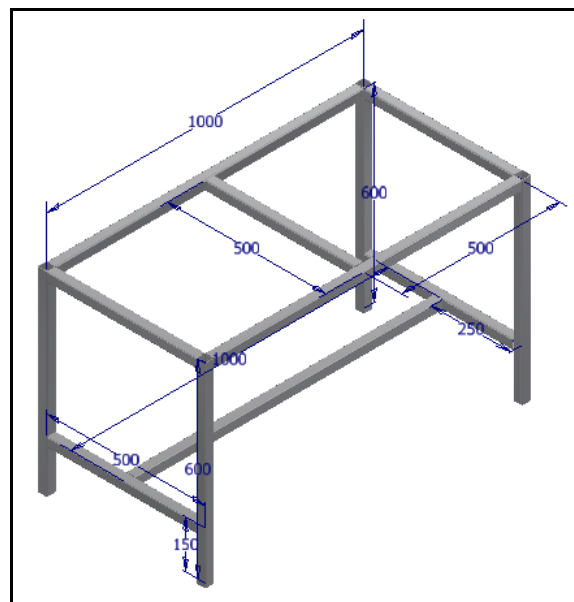


Gambar 2. Standar material rangka meja kerja [11]

Tabel 1. Sifat Mekanik Material Meja Kerja [11].

Parameter	Keterangan
<i>Material</i>	Aluminium 6061
<i>Density</i>	2,70 g/cm ³
<i>Yield Strength</i>	275 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	310 MPa

Desain meja kerja sesuai dengan penelitian sebelumnya [11]. Dimensi meja kerja secara detail ditunjukkan pada Gambar 3. Pembuatan meja kerja menggunakan perangkat lunak (*software*) Autodesk Inventor Professional 2017. Autodesk Inventor Professional merupakan salah satu produk dari Autodesk Inc. USA yang dulu lebih familier dengan produk AutoCAD [12].



Gambar 3. Dimensi meja kerja dalam mm [11]

Analisis umur fatik dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak *Ansys Workbench 2019 R1*. Metode elemen hingga adalah teknik matematika numerik untuk menghitung kekuatan struktur komponen teknik dengan membagi obyek menjadi bentuk jala (*mesh*). Faktor kunci dalam analisis elemen hingga

(FEA) adalah perhitungan numerik dengan maksud memperkirakan semua parameter dan kondisi batas yang disepakati [13].

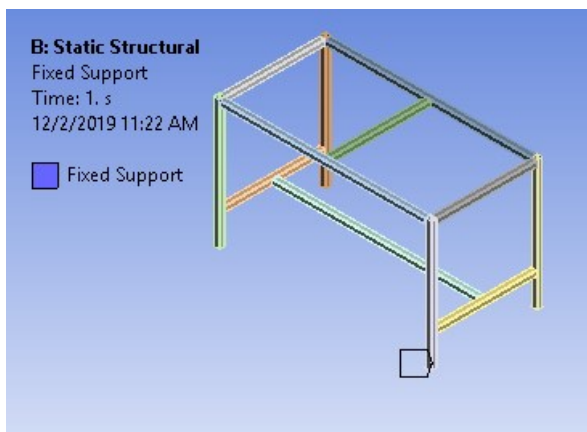
Analisis menggunakan metode elemen hingga memiliki banyak kelebihan dibanding analisis tegangan konvensional dan pengujian eksperimental. Beberapa kelebihannya yaitu:

1. Memberikan hasil defleksi dan tegangan di seluruh bagian, bukan hanya di lokasi di mana alat pengukur regangan (*strain gauge*) ditempatkan, seperti dalam kasus pengujian eksperimental [14];
2. Memungkinkan bagian-bagian yang dibuat dari kombinasi beberapa jenis material yang berbeda dengan mudah untuk dianalisis;
3. Memudahkan perbaikan dilakukan pada model sehingga diperoleh desain yang paling optimal.

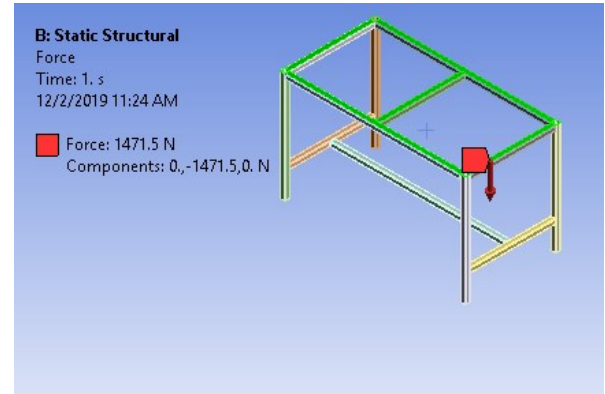
Asumsi dan parameter analisis umur fatik menggunakan *Ansys Workbench* dijabarkan secara lengkap pada Tabel 2. Gambar 4 menunjukkan kondisi batas (*boundary condition*) dengan *fixed support* pada keempat kaki meja kerja. Gambar 5 menunjukkan lokasi pembebanan pada meja kerja.

Tabel 2. Asumsi dan Parameter Analisis Umur Fatik.

Parameter	Keterangan
Beban	150, 175, 200, dan 225 kg
Percepatan gravitasi	9,81 m/s ²
Jumlah beban	1.471,5 N; 1716,75 N; 1962 N; dan 2.207,25 N
<i>Element size</i>	30 mm
<i>Number of nodes</i>	45.624
<i>Number of elements</i>	6.312
<i>Safety factor</i>	Berdasarkan <i>yield strength</i>
<i>Loading type</i>	<i>Fully-reserved</i>
<i>Analysis type</i>	<i>Stress life</i>
<i>Mean stress theory</i>	<i>Gerber</i>
<i>Stress component</i>	<i>Equivalent (von-Mises)</i>
<i>Design life</i>	10^7 cycles



Gambar 4. Lokasi *fixed support* meja kerja



Gambar 5. Lokasi pembebanan meja kerja

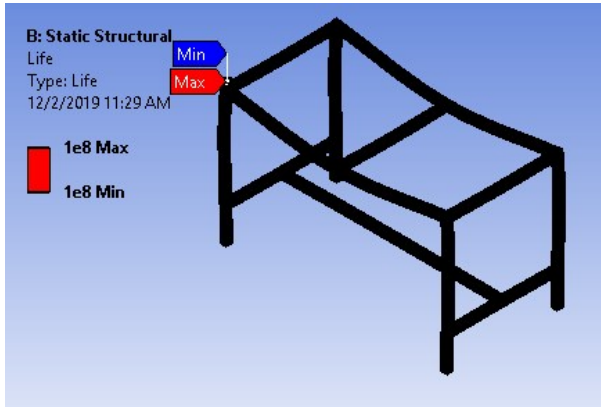
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis umur fatik (fatigue life)

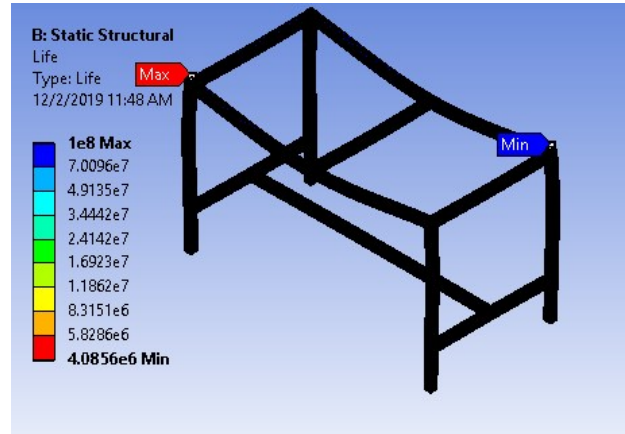
Dalam ilmu desain, kegagalan seharusnya tidak terjadi jika tegangan yang diterima suatu struktur berada jauh di bawah kekuatan material dalam menahan beban. Namun ketika mengalami jutaan beban berulang kecil, struktur mungkin memiliki pertumbuhan retak permukaan yang lambat yang dapat menyebabkan degradasi kekuatan material dan kegagalan mendadak. Kegagalan ini dapat terjadi karena material mengalami kelelahan (*fatigue*). Kegagalan fatik seringkali tiba-tiba tanpa peringatan lanjut dan dapat menyebabkan bencana [10].

Fatig adalah kegagalan yang terjadi akibat beban yang berulang-ulang dalam waktu yang lama. Mayoritas kegagalan ini terjadi karena fluktuasi akibat adanya tegangan tarik-tekan pada komponen. Fase terjadinya proses fatik yaitu retak awal (*initial crack*), perambatan retak (*crack propagation*), dan patah akhir (*final fracture*). Retak awal dapat terjadi akibat adanya cacat pada proses manufaktur [15]

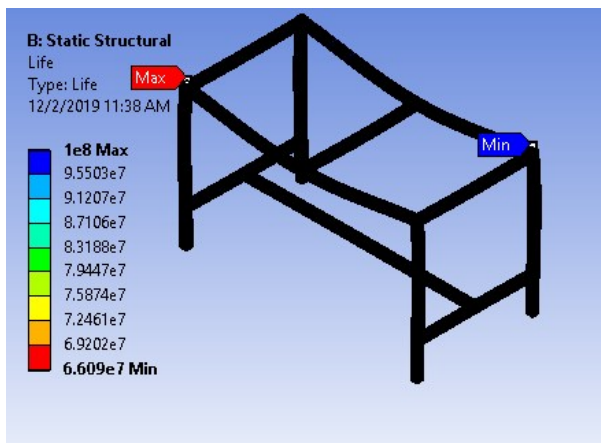
Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi prediksi umur fatik alat rangka meja kerja. Hasil simulasi menunjukkan rangka meja kerja memiliki umur fatik minimum untuk beban 150, 175, 200, dan 225 kg berturut-turut yaitu 1×10^8 , $6,61 \times 10^7$, $1,69 \times 10^7$, dan $4,09 \times 10^6$ siklus. Hal ini menunjukkan umur fatik semakin menurun seiring kenaikan pembebanan. Dari hasil simulasi umur fatik, dapat disimpulkan bahwa pada pembebanan 225 kg rangka meja kerja tidak akan selamat dari pengujian fatik dengan asumsi umur desain 10^7 siklus.



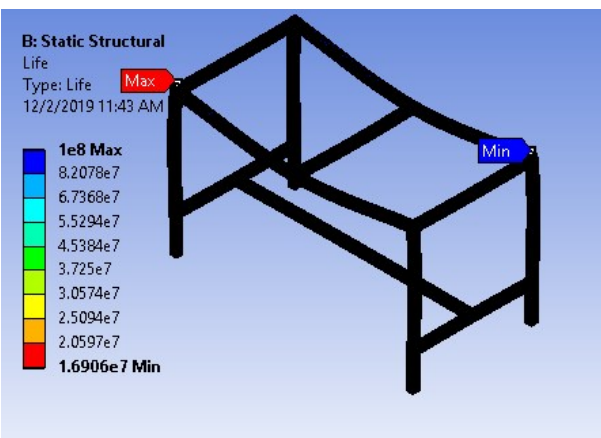
Gambar 6. Prediksi umur fatik rangka meja kerja (*workbench*) dengan beban 150 kg



Gambar 9. Prediksi umur fatik rangka meja kerja (*workbench*) dengan beban 225 kg



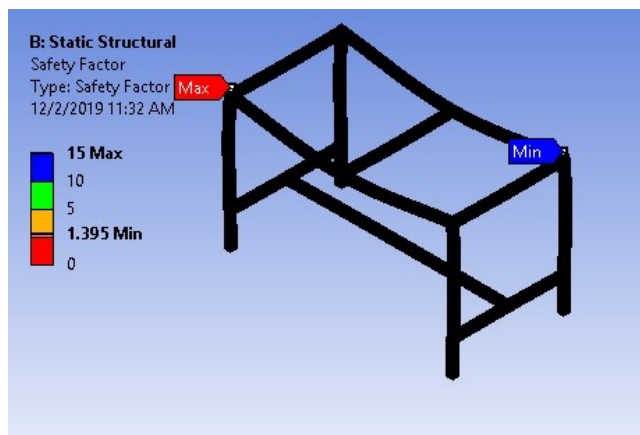
Gambar 7. Prediksi umur fatik rangka meja kerja (*workbench*) dengan beban 175 kg



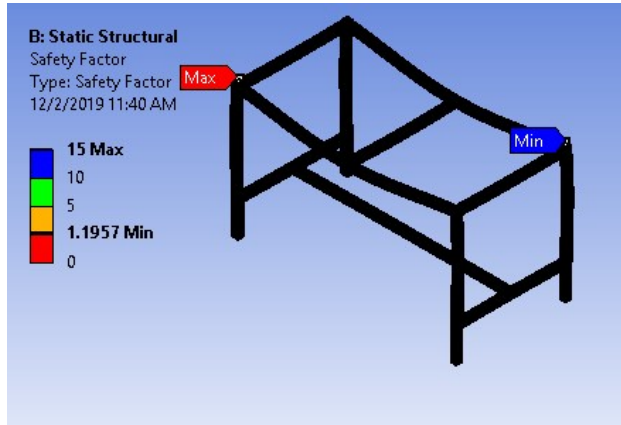
Gambar 8. Prediksi umur fatik rangka meja kerja (*workbench*) dengan beban 200 kg

Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan salah satu indikator dari kekuatan material. Faktor keamanan digunakan sebagai metode untuk mengevaluasi keamanan komponen atau struktur meskipun dimensi yang digunakan minimum [16]. Nilai faktor keamanan umur fatik harus lebih besar dari 1 karena jika kurang dari 1 menunjukkan kegagalan dari sebuah desain.

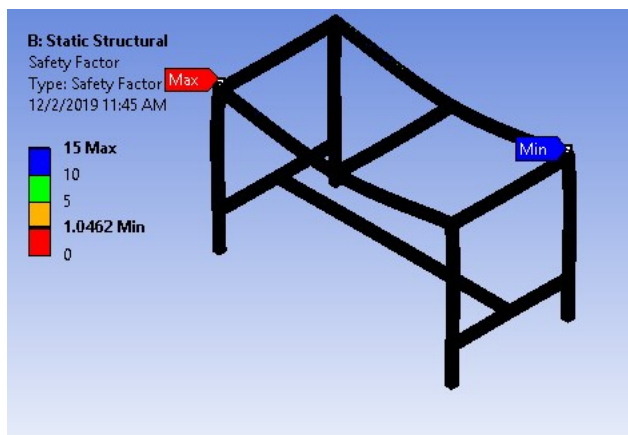
Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13 menunjukkan menunjukkan faktor keamanan minimum prediksi umur fatik. Hasil simulasi menunjukkan rangka meja kerja memiliki faktor keamanan umur fatik minimum untuk beban 150, 175, 200, dan 225 kg berturut-turut yaitu 1,395; 1,196; 1,046; dan 0,930. Hal ini menunjukkan rangka meja kerja mampu menahan umur fatik hingga minimal 10^7 siklus untuk beban 150, 175, dan 200 kg karena memiliki faktor keamanan lebih dari nilai 1. Sedangkan untuk beban 225 kg rangka meja kerja gagal untuk mencapai umur fatik minimal 10^7 siklus karena prediksi umur fatik hanya mencapai $4,09 \times 10^6$ siklus dengan faktor keamanan kurang dari 1, yaitu 0,930.



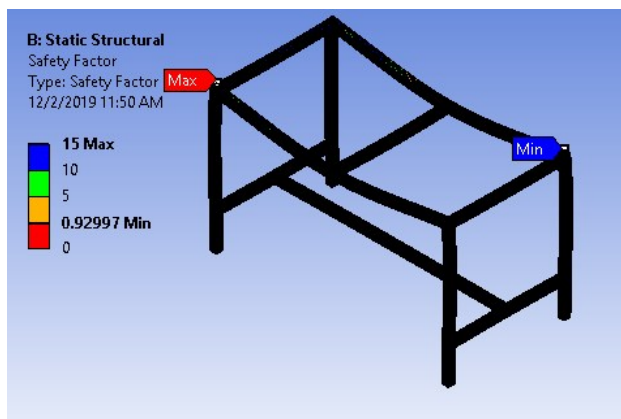
Gambar 10. Faktor keamanan rangka meja kerja (*workbench*) dengan beban 150 kg



Gambar 11. Faktor keamanan rangka meja kerja (*workbench*) dengan beban 175 kg



Gambar 12. Faktor keamanan rangka meja kerja (*workbench*) dengan Beban 200 kg



Gambar 13. Faktor keamanan rangka meja kerja (*workbench*) dengan beban 225 kg

IV. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan rangka meja kerja memiliki umur fatik minimum untuk beban 150, 175, 200, dan 225 kg berturut-turut yaitu 1×10^8 , $6,61 \times 10^7$, $1,69 \times 10^7$, dan $4,09 \times 10^6$ siklus. Sedangkan faktor keamanan umur fatik minimum untuk beban 150, 175, 200, dan 225 kg berturut-turut yaitu 1,395; 1,196; 1,046;

dan 0,930. Hal ini menunjukkan rangka meja kerja mampu menahan umur fatik hingga minimal 10^7 siklus untuk beban 150, 175, dan 200 kg karena memiliki faktor keamanan lebih dari nilai 1. Sedangkan untuk beban 225 kg rangka meja kerja gagal untuk mencapai umur fatik minimal 10^7 siklus karena prediksi umur fatik hanya mencapai $4,09 \times 10^6$ siklus dengan faktor keamanan kurang dari 1, yaitu 0,930.

REFERENSI

- [1] L. A. N. Wibawa, Pemodelan umur fatik alat pengangkat roket kapasitas 20 ton menggunakan ansys workbench, *Turbul. J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, 2019, pp. 44–49.
- [2] M. Wang, Q. Fei, and P. Zhang, A modified fatigue damage model for high-cycle fatigue life prediction, *Adv. Mater. Sci. Eng.*, 2016, pp. 1–6.
- [3] G. Q. Sun and D. G. Shang, Prediction of fatigue lifetime under multiaxial cyclic loading using finite element analysis, *Mater. Des.*, vol. 31, no. 1, 2010, pp. 126–133.
- [4] M. M. Topaç, H. Günel, and N. S. Kuralay, Fatigue failure prediction of a rear axle housing prototype by using finite element analysis, *Eng. Fail. Anal.*, vol. 16, no. 5, 2009, pp. 1474–1482.
- [5] E. Raafat, A. Nassef, M. El-hadek, and A. El-Megharbel, Fatigue and thermal stress analysis of submerged steel pipes using ansys software, *Ocean Eng.*, vol. 193, 2019, pp. 1–10.
- [6] C. P. Okeke, A. N. Thite, J. F. Durodola, and M. T. Greenrod, Fatigue life prediction of Polymethyl methacrylate (PMMA) polymer under random vibration loading, *Procedia Struct. Integr.*, vol. 17, 2019, pp. 589–595.
- [7] O. Singh, Vikas, and S. Sharma, Analysis and comparison of total deformation of welded plates in tensile and fatigue tests using ansys, *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, 2017, pp. 8409–8417.
- [8] L. A. N. Wibawa, Simulasi umur fatik rangka main landing gear menggunakan metode elemen hingga, *Din. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, 2020.
- [9] Santecchia, E., Hamouda, A. M.S., Musharavati, F., Zalnezhad, E., Cabibbo, M., El Mehtedi, M., Spigarelli, S., A Review on fatigue life prediction methods for metals, *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2016, no. October, 2016, pp. 1–27.
- [10] X. Chen and Y. Liu, *Finite element modeling and simulation with ansys workbench*, 2nd ed. Taylor & Francis Group, 2019.
- [11] L. A. N. Wibawa, Desain dan analisis kekuatan rangka meja kerja (*workbench*) balai lapan garut menggunakan metode elemen hingga, *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, vol. 3, no. 1, 2019, pp. 13–17.
- [12] L. A. N. Wibawa, *Merancang komponen roket 3d dengan autodesk inventor professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [13] S. O. Afolabi, B. I. Oladapo, C. O. Ijagbemi, A. O. M. Adeoye, and J. F. Kayode, Design and finite

- element analysis of a fatigue life prediction for safe and economical machine shaft, *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 8, no. 1, 2019, pp. 105–111.
- [14] F. Dadkhah and J. Zecher, *Ansys workbench software tutorial with multimedia cd release 11*. Schroff Development Corporation, 2008.
- [15] L. A. N. Wibawa, Prediksi umur fatik struktur crane kapasitas 10 ton menggunakan metode elemen hingga, *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 1, 2020, pp. 18–24.
- [16] L. A. N. Wibawa, *Simulasi kekuatan komponen sarana pengujian roket menggunakan autodesk inventor professional 2017*. Buku Katta, 2018.