

## ANALISIS UMUR FATIK RANGKA PENYANGGA AILERON FLIGHT CONTROL SIMULATOR BERKAPASITAS 101KG DI PT MMF

Ready Kresna Nanda Suprpto

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Tangerang, Banten 15820

Email: kresnaready@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini mengkaji tentang umur fatik rangka penyangga *aileron flight control simulator* menggunakan metode elemen hingga. Desain dan perhitungan umur fatik rangka menggunakan perangkat lunak *Solidworks 2020*. Dalam penelitian ini menggunakan 3 variabel desain yaitu: Awal, Baru, dan Alternatif. Sedangkan material yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan ASTM A500. Hasil simulasi memperlihatkan rangka penyangga *aileron* desain Awal, Baru dan Alternatif dengan material ASTM A36 memiliki umur fatik minimum berturut-turut yaitu  $1,41 \times 10^5$ ,  $6,50 \times 10^6$ , dan  $1,00 \times 10^7$  siklus. Sedangkan pada desain Awal, Baru dan Alternatif dengan material ASTM A500 memiliki umur fatik minimum berturut-turut  $1,04 \times 10^4$ ,  $3,71 \times 10^4$ , dan  $1,00 \times 10^7$  siklus.

**Kata Kunci:** Umur fatik, simulator, solidworks, elemen hingga, pesawat

### Abstract

*This study examines the fatigue life of the aileron flight control simulator support frame using the finite element method. Design and calculation of frame fatigue life using Solidworks 2020 software. In this study, 3 design variables were used, namely: Initial, New, and Alternative. While the material used in this study using ASTM A500. The simulation results of the initial, new and alternative design aileron support frames using ASTM A36 material have a minimum fatigue life of  $1.41 \times 10^5$ ,  $6.50 \times 10^6$ , and  $1.00 \times 10^7$  cycles, respectively. While the Initial, New and Alternative designs with ASTM A500 material have a minimum fatigue life of  $1.04 \times 10^4$ ,  $3.71 \times 10^4$ , and  $1.00 \times 10^7$  cycles.*

**Keywords:** Fatigue life, simulation, solidworks, finite element, aircraft

### PENDAHULUAN

PT. Merpati Maintenance Facility memiliki beberapa pesawat yang secara ekonomis sudah tidak mungkin dihidupkan lagi. Salah satu upaya pemanfaatannya yaitu dirancang menjadi Simulator [1]. Akan tetapi dalam proses perancangannya perlu diperhatikan bagian-bagian yang mengalami pembebanan, seperti pada rangka penyangga *aileron*. Karena komponen tersebut harus mampu menahan beban statis dan dinamis berulang akibat pergerakan *aileron*.

Rancangan rangka penyangga *aileron* dapat mengalami kegagalan melalui beberapa faktor. Kurangnya proses *maintenance*, Deformasi plastis, karat, dan fatik merupakan

kemungkinan penyebab kegagalan rangka penyangga *aileron*. Fatik mempunyai persentase tertinggi pada kegagalan suatu rangka [2].

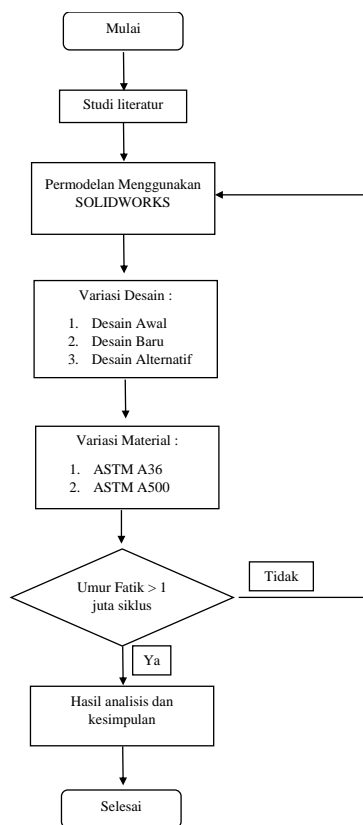
Fatik dapat didefinisikan sebagai jenis kegagalan pada komponen akibat dari beban dinamik yang berulang [3]. Proses awal terjadinya kegagalan fatik ini tidak dapat terlihat oleh mata, sehingga kegagalan ini bisa terjadi tiba-tiba tanpa adanya tanda-tanda yang kasat mata [4]. Hal ini membuat pentingnya penelitian umur fatik pada saat perancangan alat [5]. Sedangkan tingkat ketahanan umur fatik yang harus dicapai yaitu 1 juta siklus pembebanan yang dapat diklasifikasikan sebagai *high cycle fatigue* [6][7].

Pada penelitian ini dipilih 3 variasi desain yaitu: Awal, Baru, dan Alternatif. Sedangkan material yang digunakan yaitu ASTM A36 dan A500.

Penelitian ini bertujuan untuk memilih variasi desain dan material yang mampu melewati 1 juta siklus pembebanan menggunakan perangkat lunak *Solidworks*. Perangkat lunak ini telah sering digunakan dalam pengujian umur fatik rangka [2], [4], [8].

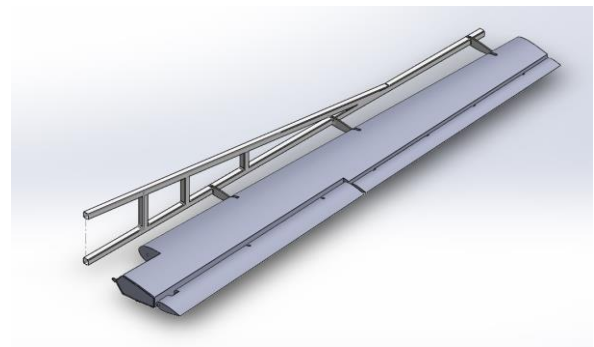
**METODE**

Pada analisis rancangan penyangga *aileron* ini, dilakukan metodologi penelitian seperti diagram alir pada Gambar 1.



**Gambar 1 Diagram Alir**

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* menyesuaikan dimensi *aileron* [1]. *Solidworks* sudah menjadi salah satu jenis *software* pemodelan yang marak digunakan oleh para peneliti [9], [10], [11]. Pemodelan rangka penyangga *aileron* dapat dilihat seperti pada Gambar 2.



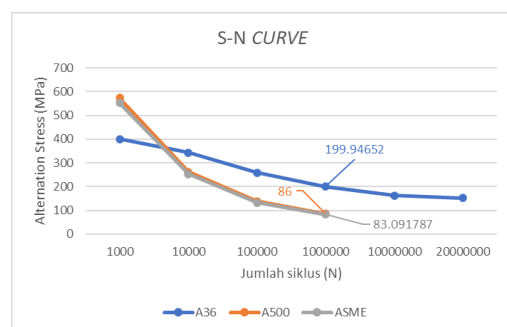
**Gambar 2 Pemodelan rangka penyangga aileron**

Pada pengujian umur fatik material yang akan digunakan pada rancangan alat penyangga *aileron* yaitu ASTM A36 yang mempunyai nilai *yield strength* 250 MPa dan ASTM A500 yang mempunyai kekuatan luluh 315 MPa [12], [13].

**Tabel 1 Karakteristik material**

No.	Parameter	ASTM A36	ASTM A500
1	Massa jenis	75850 kg/m <sup>3</sup>	75850 kg/m <sup>3</sup>
2	Kekuatan luluh	250 MPa	315 MPa
3	<i>Shear modulus</i>	79,3 GPa	80 GPa
4	<i>Tensile strength</i>	310 MPa	400 MPa

Sedangkan nilai kurva SN material sangat diperlukan dalam menganalisis umur fatik[14]. Pada material ASTM A36 telah dilakukan pengujian spesimen dan mendapatkan kurva SN seperti pada Gambar 2. Sedangkan pada material ASTM A500 menggunakan kurva SN standar ASME yaitu ASME *carbon steel SN Curve* [15].



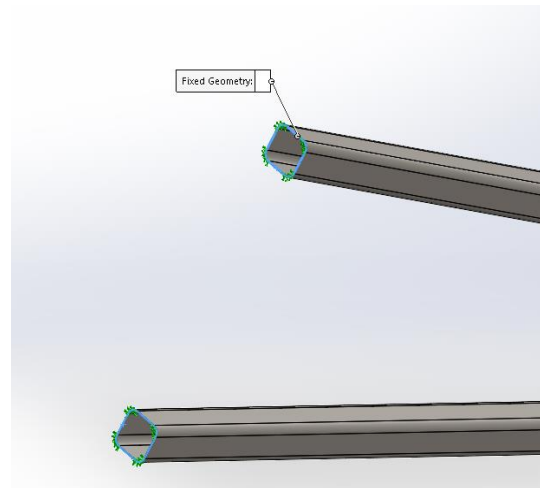
**Gambar 3 Grafik kurva SN**

Selanjutnya penggunaan variasi desain pada pengujian ini memiliki 3 jenis desain yaitu Desain Awal, Desain Baru, dan Desain Alternatif. Desain Awal adalah rancangan alat penyangga dengan dimensi profil 50 mm x 50 mm x 1,2 mm yang mengacu pada penelitian sebelumnya [1]. Desain Baru adalah suatu desain yang memberikan perubahan pada desain awal yaitu dengan menambahkan 3 *support* pada alat penyangga *aileron*, yang diharapkan mampu untuk meredam getaran yang terjadi akibat pembebanan berulang [16]. Desain Alternatif adalah suatu desain yang menambahkan ketebalan pada dimensi profil menjadi 50 mm x 50 mm x 2,0 mm .

Metode elemen hingga merupakan metode yang akan digunakan dalam analisis umur fatik rangka. Metode ini merupakan sebuah perhitungan numerik untuk menghitung kekuatan rangka dengan cara membagi obyek menjadi beberapa bagian kecil seperti jala (*mesh*) [17]. Yang harus diperhatikan dalam menggunakan metode ini adalah *mesh* dan *boundary condition* yang disepakati [18]. *Software Solidworks* mempunyai standarisasi dalam menentukan kriteria *Goodmesh* yaitu dengan membatasi nilai *Aspect ratio* yang kurang dari 3 lebih dari 90 %. *Aspect Ratio* didefinisikan sebagai rasio antara tepi terpanjang elemen dengan tepi terpendek elemen pada tetrahedron [17], [19], [20].

**Tabel 2 Detail mesh information**

Parameter	Awal	Baru	Alternatif
Jacobian Points	16	16	16
Maximum element size	2,6 mm	2,6 mm	2,6 mm
Minimum element size	0,52 mm	0,52 mm	0,52 mm
Total nodal	3.324.152	4.228.452	5.33.722
Total elemen	1.723.608	2.203.016	2.928.902
<i>Mesh Quality</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>
<i>Aspect Ratio &lt; 3</i>	93,4 %	96,5 %	99 %

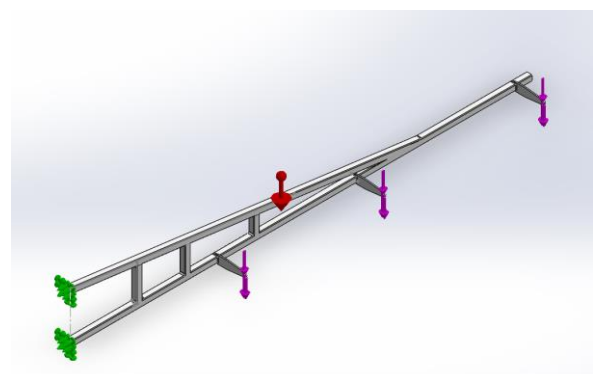


**Gambar 4 Peletakan *fixed geometry***

Batasan dan parameter yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3 Parameter uji**

No.	Parameter	Keterangan
1	Material	ASTM A36, ASTM A500
2	Beban	101,055 kg
3	Gaya gravitasi	9,81 m/s <sup>2</sup>
4	<i>Loading type</i>	<i>Fully-reversed</i>
5	<i>Design life</i>	10 <sup>6</sup> cycles
6	<i>Mean stress theory</i>	<i>Goodman</i>
7	<i>Maximum Element Size</i>	2,6 mm
8	<i>Aspect Ratio &lt; 3</i>	≥ 90 %
9	<i>SN-Curve</i>	ASTM A36, ASME carbon steel <i>SN Curve</i>



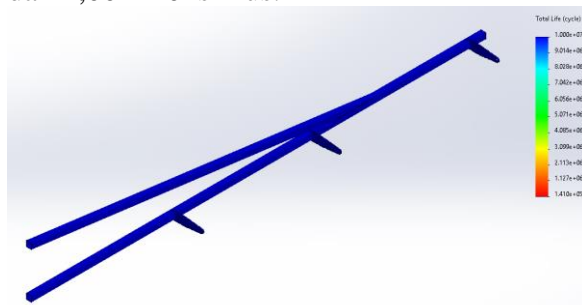
**Gambar 5 Pembebanan pada penyangga**

## aileron

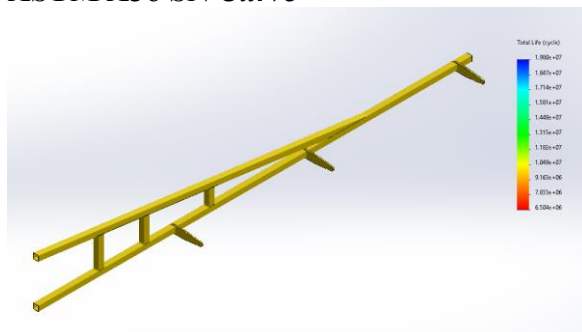
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan rancangan, *failure* seharusnya tidak terjadi jika nilai *stress* di bawah kekuatan materialnya. Akan tetapi ketika kejadian tersebut diulang berkali-kali, rangka akan mengalami keretakan yang nantinya akan menyebabkan kegagalan secara tiba-tiba.

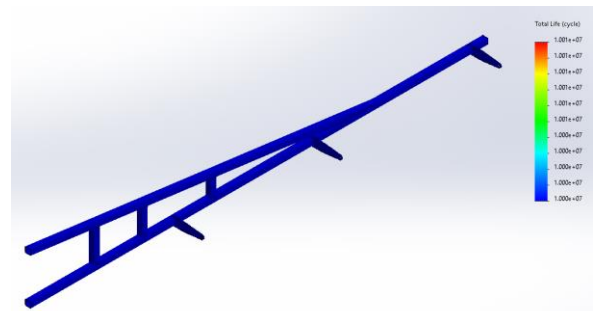
Hasil simulasi umur fatik menggunakan material ASTM A36 pada rangka penyangga *aileron* terhadap desain ditunjukkan pada Gambar, Gambar dan Gambar. Nilai umur fatik untuk Desain Awal, Desain Baru, dan Desain Alternatif secara berturut-turut sebesar  $1,41 \times 10^5$  siklus,  $6,50 \times 10^6$  siklus, dan  $1,00 \times 10^7$  siklus.



**Gambar 6** Batas ketahanan Desain Awal (50 mm x 50 mm x 1,2 mm) menggunakan ASTM A36 SN Curve

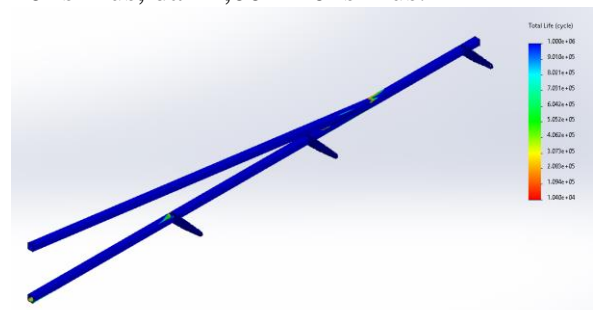


**Gambar 7** Batas ketahanan Desain Baru (50 mm x 50 mm x 1,2 mm) menggunakan ASTM A36 SN Curve

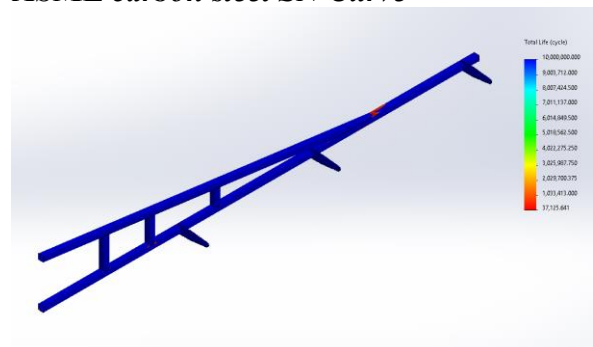


**Gambar 8** Batas ketahanan Alternatif (50 mm x 50 mm x 2,0 mm) menggunakan ASTM A36 SN Curve

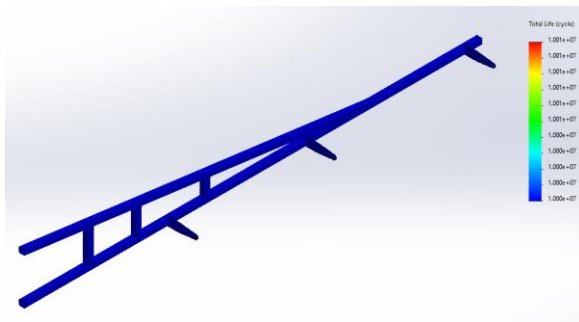
Sedangkan hasil simulasi umur fatik menggunakan material ASTM A500 pada rangka penyangga *aileron* terhadap desain ditunjukkan pada Gambar, Gambar dan Gambar. Nilai umur fatik untuk Desain Awal, Desain Baru, dan Desain Alternatif secara berturut-turut sebesar  $1,04 \times 10^4$  siklus,  $3,71 \times 10^4$  siklus, dan  $1,00 \times 10^7$  siklus.



**Gambar 9** Batas ketahanan Desain Awal (50 mm x 50 mm x 1,2 mm) menggunakan ASME carbon steel SN Curve

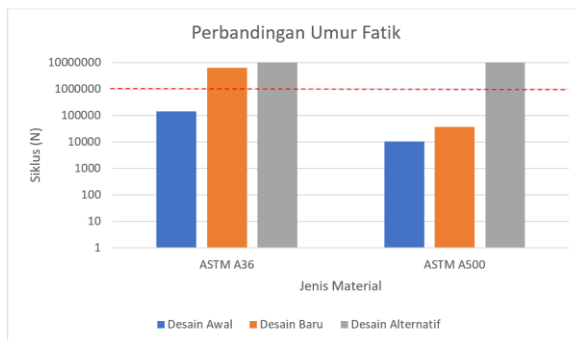


**Gambar 10** Batas ketahanan Desain Baru (50 mm x 50 mm x 1,2 mm) menggunakan ASME carbon steel SN Curve



**Gambar 11** Batas ketahanan Desain Baru (50 mm x 50 mm x 2,0 mm) menggunakan ASME carbon steel SN Curve

Hasil perbandingan analisis umur fatik rangka menggunakan metode elemen hingga dapat dilihat pada Gambar 12. Besar nilai umur fatik pada Desain Awal dengan kedua jenis material tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan pada klasifikasi *high cycle fatigue*. Sedangkan pada Desain Baru hanya material ASTM A36 saja yang mampu melewati 1 juta siklus. Hasil positif didapatkan pada Desain Alternatif yaitu mampu melewati 1 juta siklus dengan kedua material.



**Gambar 12** Grafik perbandingan umur fatik

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih diberikan kepada PT. Merpati Maintenance Facility yang telah meninisiasi topik ini dan mempercayakan pada kami untuk mengolah data dalam penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

### PENUTUP

#### A. Simpulan

Desain terbaik dalam pembuatan rangka penyangga *aileron* yaitu Desain Alternatif dengan profil rangka 50 mm x 50 mm x 2,0

mm. Hal ini karena berhasil mendapatkan nilai umur fatik  $1 \times 10^7$  siklus pada material ASTM A36 maupun ASTM A500.

### B. Saran

Pengujian spesimen perlu dilakukan pada rangka penyangga *aileron* agar hasil dari simulasi ini dapat dibandingkan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. K. N. Suprpto and L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Tegangan Rangka Alat Simulasi Pergerakan Kendali Terbang Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 5, no. 1, p. 19, Mar. 2021, doi: 10.31543/jtm.v5i1.559.
- [2] I. Malik, "Analisis fatik berbantuan komputer," vol. XXXII, no. 1, pp. 7–13, 2011.
- [3] L. A. N. Wibawa, "Pengaruh Kecepatan Landing terhadap Umur Fatik Rangka Tricycle Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Ansys Workbench," *Elem. J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 38–45, 2020, doi: 10.34128/je.v7i1.118.
- [4] Nurhayati and T. R. Wijaya, "Kekuatan dan umur fatik struktur penompang jaw crusher dengan metode elemen hingga," vol. 5, no. 1, pp. 1–5.
- [5] E. Santecchia *et al.*, "A Review on Fatigue Life Prediction Methods for Metals," *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/9573524.
- [6] L. A. N. Wibawa, "The fatigue life prediction of gantry crane with load capacity variation using ansys workbench," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 1, p. 18, 2020, doi: 10.36055/tjst.v16i1.7490.
- [7] C. M. Sonsino, "Course of SN-curves especially in the high-cycle fatigue regime with regard to component design and safety," *Int. J. Fatigue*, vol. 29, no. 12, pp. 2246–2258, 2007, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2006.11.015.



- [8] E. Pranoto, E. Purwanto, P. K. Transportasi, P. K. Transportasi, and J. Tengah, “Prosedur Perhitungan Umur Wheel Rim,” pp. 61–74, 2019.
- [9] A. Sucipta and A. Saggaff, “Analisa Pola Keruntuhan Konstruksi Rangka Atap Dengan Menggunakan Profil Baja Ringan,” vol. 1, no. 1, 2013.
- [10] F. Wahyu, S. Atmawan, E. Muthoriq, and H. M.K, “Analisis Kekuatan Suspensi Pegas Daun Truk Dengan Metode Finite Element,” *Politeknologi Vol. 14 No. 3 Sept. 2015*, vol. 14, no. 3, pp. 1–8, 2015.
- [11] N. Wahyudi and Y. A. Fahrudi, “Studi Eksperimen Rancang Bangun Rangka Jenis Ladder Frame pada Kendaraan Sport,” *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.)*, vol. 1, no. 1, pp. 71–75, 2017, doi: 10.32486/jeecae.v1i1.15.
- [12] H. U. Sajid and R. Kiran, “Influence of High Stress Triaxiality on Mechanical Strength of ASTM A36, ASTM A572 and A992 steels,” *Constr. Build. Mater.*, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.05.018.
- [13] A. P. Kumar, C. H. Siva, and R. Krishna, “Sensitivity analysis of tig welding parameters for astm- 500 grade b weldments,” vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [14] Z. Bi and W. D. Pikey, *Peterson’s Stress Concentration Factors*, Fourth. 2020.
- [15] Y. Gorash and D. Mackenzie, “On cyclic yield strength in definition of limits for characterisation of fatigue and creep behaviour,” *Open Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 126–140, 2017, doi: 10.1515/eng-2017-0019.
- [16] M. A. De Rosa and F. C, “The influence of an intermediate support on the stability behavior of cantilever beams subjected to follower forces,” *J. Sound Vib.*, vol. 137, no. 1, pp. 107–115, 1990.
- [17] P. M. Kurowski, *Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2018*. United States of America: Stephen Schroff, 2018.
- [18] 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, pp. 105–111, 2019, doi: 10.1016/j.jmrt.2017.10.007.
- [19] N. N. Topare, S. J. Raut, and S. J. Attar, “3D Model design and simulation of photocatalytic reactor for degradation of dyes using solidworks software,” *Int. J. Chem. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 808–816, 2012.
- [20] F. Y. Sulistyoyo, A. Nugroho, and S. Bakhri, “3D Modelling and Static Structural Analysis of Bottom Reflector Experimental Power Reactor (RDE) using Solidworks Software,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1198, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1198/2/022077.