

PENGARUH BEBAN TERHADAP PREDIKSI UMUR FATIK DUDUKAN (BRACKET) AC OUTDOOR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Lasinta Ari Nendra Wibawa^{1,2}

¹ Mahasiswa Pascasarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

² Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

Email: lasinta.ari@lapan.go.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji tentang pengaruh beban terhadap prediksi umur fatik Dudukan AC outdoor menggunakan metode elemen hingga. Desain Dudukan AC outdoor menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017, sedangkan analisis elemen hingga menggunakan Ansys Workbench. Dudukan AC outdoor dikenakan beban 20, 25, 30, dan 35 kg dengan jenis pembebanan fully-reserved. Teori tegangan rata-rata Gerber digunakan untuk prediksi umur fatik. Material Dudukan AC outdoor menggunakan Aluminium paduan 5052. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Dudukan AC outdoor memiliki umur fatik minimum untuk beban 20, 25, 30, dan 35 kg berturut-turut adalah 1×10^8 , $1,49 \times 10^7$, $1,93 \times 10^6$, dan $6,64 \times 10^5$ siklus. Sedangkan faktor keamanan umur fatik minimum untuk beban 20, 25, 30, dan 35 kg berturut-turut adalah 1,65; 1,32; 1,10; dan 0,58. Hal ini menunjukkan Dudukan AC outdoor mampu menahan umur fatik hingga minimal 10^6 siklus untuk beban 20, 25, dan 30 kg karena memiliki faktor keamanan lebih dari nilai 1. Sedangkan untuk beban 35 kg Dudukan AC outdoor gagal untuk mencapai umur fatik minimal 10^6 siklus karena prediksi umur fatik hanya mencapai $6,64 \times 10^5$ siklus dengan faktor keamanan kurang dari 1, yaitu 0,58.

Kata kunci: aluminium paduan 5052, ansys, dudukan AC outdoor, metode elemen hingga, prediksi umur fatik

ABSTRACT

The study examines the effect of the load on fatigue life prediction of an outdoor AC bracket using the finite element method. Outdoor AC bracket design uses Autodesk Inventor Professional 2017, while finite element analysis uses Ansys Workbench. The outdoor AC bracket is subjected to a load of 20, 25, 30, and 35 kg with a fully-reserved type of loading. Gerber's mean stress theory is used to predict fatigue life. The outdoor AC bracket material uses Aluminum alloy 5052. The simulation results show that the outdoor AC bracket has a minimum fatigue life for loads of 20, 25, 30, and 35 kg, respectively is 1×10^8 , 1.49×10^7 , 1.93×10^6 , and 6.64×10^5 cycles. Whereas the safety factor for minimum fatigue life for loads of 20, 25, 30, and 35 kg is 1.65; 1.32; 1.10; and 0.58. It shows the outdoor AC bracket can withstand the fatigue life of up to a minimum of 10^6 cycles for loads of 20, 25, and 30 kg because it has a safety factor of more than 1. While the 35 kg load of outdoor AC bracket fails to reach a minimum fatigue life of 10^6 cycles due to fatigue life prediction is only reached 6.64×10^5 cycles with a safety factor of less than 1, which is 0.58.

Keywords: aluminum alloy 5052, ansys, outdoor AC bracket, finite element method, fatigue life prediction

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan kantor yang terletak di wilayah pesisir pantai yaitu suhu udara yang terik di siang hari. Hal ini mengakibatkan banyak ruangan kantor dipasang *Air Conditioner* (AC) agar aktivitas kerja menjadi nyaman. Namun kondisi ini menimbulkan masalah baru terutama pada komponen Dudukan (*bracket*) AC outdoor. Mayoritas Dudukan AC outdoor yang terbuat dari logam khususnya besi dan baja mengalami korosi sehingga mengurangi kekuatan dan umur pakai dari

komponen tersebut. Hal ini karena besi dan baja merupakan material yang sangat mudah mengalami korosi meskipun hanya berada di lingkungan atmosfer [1].

Mayoritas komponen Dudukan AC *outdoor* dapat mengalami kegagalan karena berbagai faktor. Beban yang berlebihan, korosi, kurangnya perawatan, dan fatik adalah beberapa penyebab kegagalan. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan desain Dudukan AC *outdoor* menggunakan material Aluminium 5052. Pemilihan material Aluminium 5052 dimaksudkan agar material lebih tahan terhadap korosi dan minim perawatan. Hal ini berbeda jika menggunakan material besi dan baja yang harus dilakukan pegecatan berulang untuk meminimalkan dampak korosi.

Salah satu penyebab kegagalan komponen terbanyak adalah karena fatik atau lelah. Kegagalan fatik sering terjadi saat tegangan yang diterima oleh material berada di bawah kekuatan luluhnya (*yield strength*). Dengan kata lain, meskipun awalnya material mampu menahan beban di bawah kekuatan luluhnya, tetapi sampai pada suatu siklus tertentu material dapat mengalami kegagalan. Kondisi ini yang disebut dengan umur lelah (*fatigue life*) material. Umur fatik (*fatigue life*) adalah jumlah siklus tegangan dan regangan yang fluktuatif dari sifat tertentu yang material pertahankan sebelum terjadi kegagalan [2].

Penelitian ini bertujuan melakukan investigasi untuk mengetahui pengaruh beban terhadap umur fatik Dudukan AC *outdoor* menggunakan *Ansys Workbench*. *Ansys* merupakan salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan untuk analisis tentang prediksi umur fatik [3][4][5][6].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Material

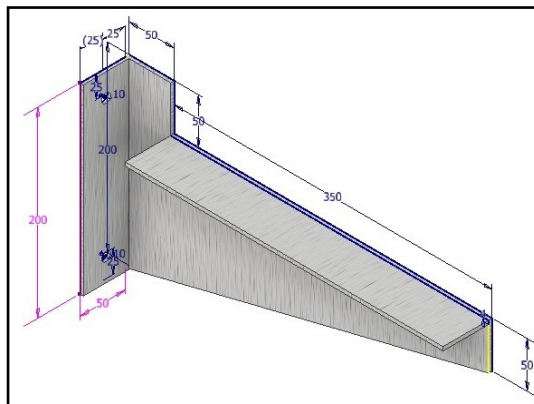
Aluminium paduan 5052 dipilih sebagai material untuk Dudukan AC *outdoor*. Sifat mekanik Aluminium 5052 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat mekanik material dudukan AC *outdoor* [7].

Parameter	Keterangan
Material	Aluminium 5052
Density	2,68 g/cm ³
Yield Strength	193 MPa
Ultimate Tensile Strength	228 MPa

2.2. Perangkat lunak (*Software*)

Desain Dudukan AC *outdoor* sesuai dengan penelitian sebelumnya [7]. Dimensi Dudukan AC *outdoor* secara detail ditunjukkan pada Gambar 1. Pembuatan Dudukan AC *outdoor* menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017. Autodesk Inventor Professional merupakan salah satu produk dari Autodesk Inc. USA yang telah lebih dulu terkenal dengan produk AutoCAD [8].



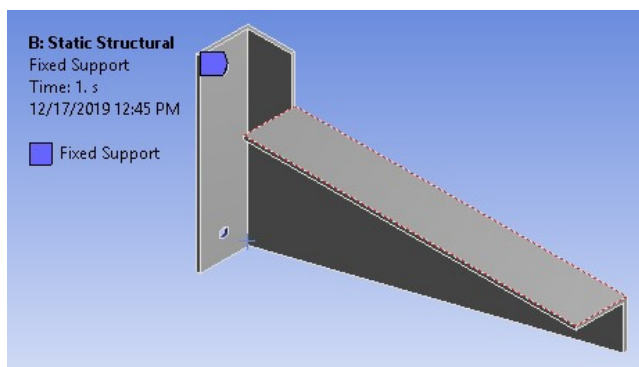
Gambar 1. Dimensi Dudukan AC *Outdoor* (dalam mm) [9]

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 [10].

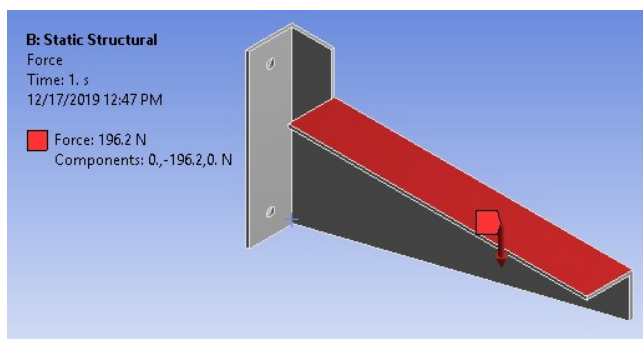
Asumsi dan parameter menggunakan *Ansys Workbench* dijabarkan secara lengkap pada Tabel 2. Gambar 3 menunjukkan kondisi batas (*boundary condition*) dengan *fixed support* pada kedua lubang baut dari Dudukan AC. Gambar 4 menunjukkan lokasi pembebanan pada Dudukan AC.

Tabel 2. Asumsi dan parameter analisis umur fatik (*fatigue life*)

Parameter	Keterangan
Beban	20, 25, 30, dan 35 kg
Percepatan gravitasi	9,81 m/s ²
Jumlah beban	196,20; 245,25; 294,30; dan 343,35 N
<i>Element size</i>	3 mm
<i>Number of nodes</i>	33.558
<i>Number of elements</i>	16.258
<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 ⁶ cycles



Gambar 2. Lokasi *fixed support* Dudukan AC *outdoor*.



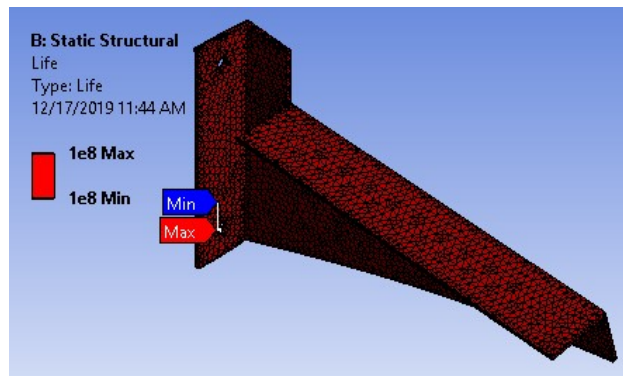
Gambar 3. Lokasi pembebanan Dudukan AC *outdoor*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

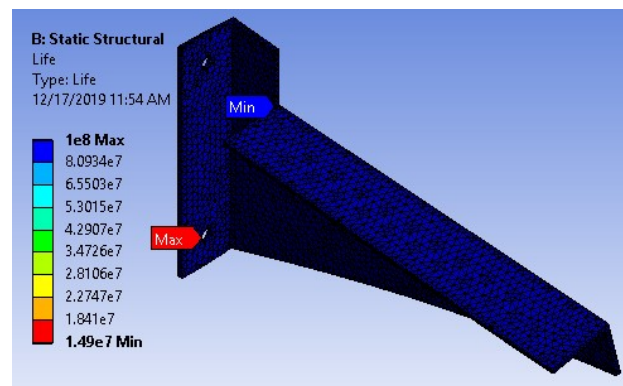
3.1. Analisis umur fatik (*fatigue life*)

Dalam analisis tegangan statik, kegagalan semestinya tidak terjadi jika tegangan *von Mises* yang diterima suatu struktur berada jauh di bawah kekuatan luluh material. Namun ketika mengalami jutaan beban berulang kecil, struktur dapat mengalami pertumbuhan retak permukaan yang lambat yang dapat menyebabkan degradasi kekuatan material dan kegagalan mendadak [11]. Kegagalan ini disebut dengan kegagalan fatik yang sering terjadi secara tiba-tiba dan dapat menyebabkan malapetaka [12]. 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 [13].

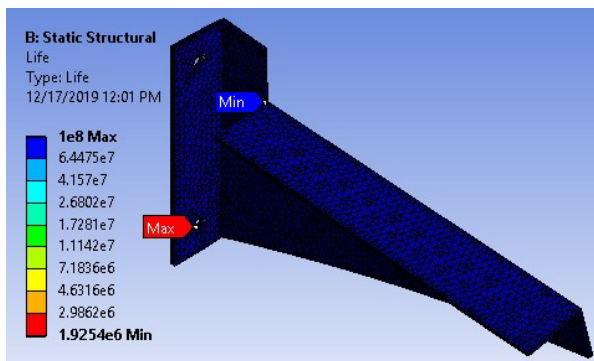
Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi prediksi umur fatik alat Dudukan AC *outdoor*. Hasil simulasi menunjukkan Dudukan AC *outdoor* memiliki umur fatik minimum untuk beban 200, 25, 30, dan 35 kg berturut-turut yaitu 1×10^8 , $1,49 \times 10^7$, $1,93 \times 10^6$, dan $6,64 \times 10^5$ siklus. Hal ini menunjukkan umur fatik semakin menurun seiring kenaikan pembebanan. Dari hasil simulasi umur fatik, dapat disimpulkan bahwa pada pembebanan 35 kg Dudukan AC *outdoor* tidak akan selamat dari pengujian fatik dengan asumsi umur desain 10^6 siklus.



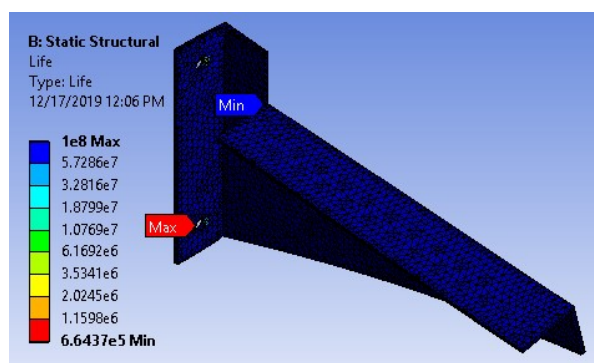
Gambar 4. Prediksi umur fatik Dudukan AC *outdoor* dengan beban 20 kg.



Gambar 5. Prediksi umur fatik Dudukan AC *outdoor* dengan beban 25 kg.



Gambar 6. Prediksi umur fatik Dudukan AC *outdoor* dengan beban 30 kg.

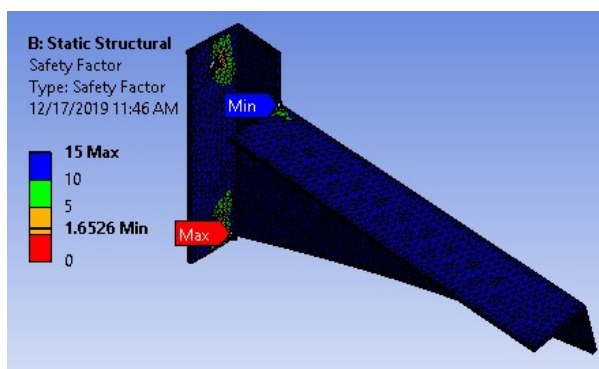


Gambar 7. Prediksi umur fatik Dudukan AC *outdoor* dengan beban 35 kg.

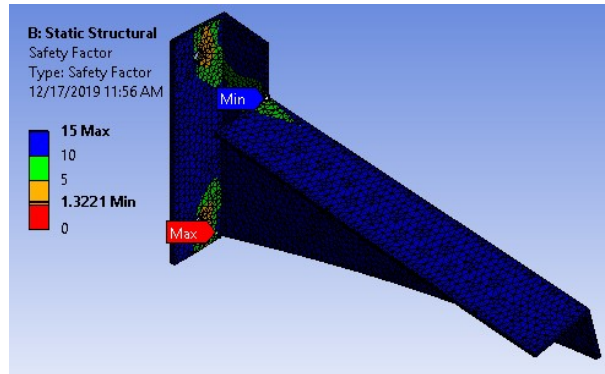
3.2. Faktor keamanan

Faktor keamanan digunakan sebagai metode untuk mengevaluasi keamanan komponen atau struktur meskipun dimensi yang digunakan minimum [14]. Nilai faktor keamanan umur fatik harus lebih besar dari 1 karena jika kurang dari 1 menunjukkan kegagalan dari sebuah desain [15].

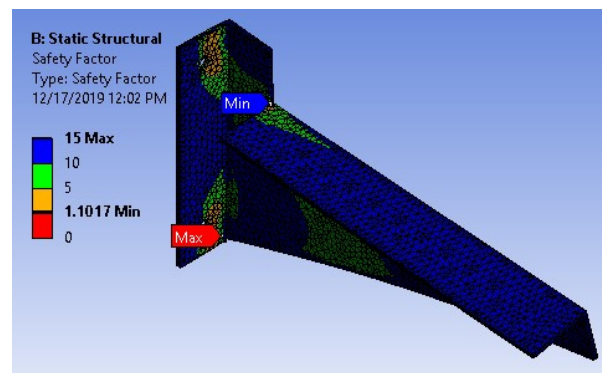
Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 menunjukkan faktor keamanan minimum prediksi umur fatik. Hasil simulasi menunjukkan Dudukan AC *outdoor* memiliki faktor keamanan umur fatik minimum untuk beban 20, 25, 30, dan 35 kg berturut-turut yaitu 1,65; 1,32; 1,10; dan 0,58. Hal ini menunjukkan Dudukan AC *outdoor* mampu menahan umur fatik hingga minimal 10^6 siklus untuk beban 20, 25, dan 30 kg karena memiliki faktor keamanan lebih dari 1. Sedangkan untuk beban 35 kg Dudukan AC *outdoor* gagal untuk mencapai umur fatik minimal 10^6 siklus karena prediksi umur fatik hanya mencapai $6,64 \times 10^5$ siklus dengan faktor keamanan 0,58.



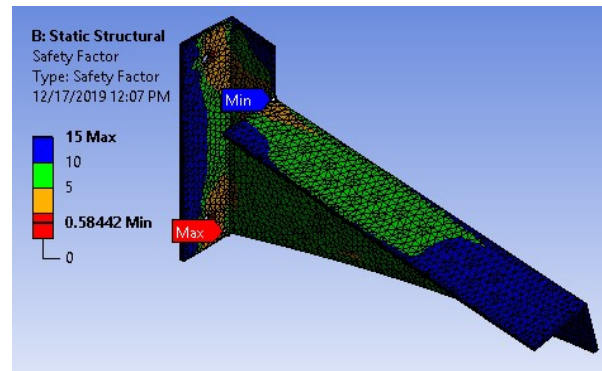
Gambar 8. Faktor keamanan Dudukan AC *outdoor* dengan beban 20 kg.



Gambar 9. Faktor keamanan Dudukan AC *outdoor* dengan beban 25 kg.



Gambar 10. Faktor keamanan Dudukan AC *outdoor* dengan beban 30 kg.



Gambar 11. Faktor keamanan Dudukan AC *outdoor* dengan beban 35 kg.

4. KESIMPULAN

1. Dudukan AC *outdoor* memiliki umur fatik minimum untuk beban 20, 25, 30, dan 35 kg berturut-turut yaitu 1×10^8 , $1,49 \times 10^7$, $1,93 \times 10^6$, dan $6,64 \times 10^5$ siklus
2. Faktor keamanan umur fatik minimum Dudukan AC *outdoor* untuk beban 20, 25, 30, dan 35 kg berturut-turut yaitu 1,65; 1,32; 1,10; dan 0,58.
3. Dudukan AC *outdoor* mampu menahan umur fatik hingga minimal 10^6 siklus untuk beban 20, 25, dan 30 kg karena memiliki faktor keamanan lebih dari nilai 1. Sedangkan untuk beban 35 kg Dudukan AC *outdoor* gagal untuk mencapai umur fatik minimal 10^6 siklus karena prediksi umur fatik hanya mencapai $6,64 \times 10^5$ siklus dengan faktor keamanan kurang dari 1, yaitu 0,58.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. A. N. Wibawa, “Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Pelapisan pada Proses Elektroplating Baja Karbon Rendah dengan Pelapis Seng terhadap Ketebalan dan Laju Deposit,” Universitas Sebelas Maret, 2013.
- [2] L. A. N. Wibawa, “Simulasi Umur Fatik Rangka Main Landing Gear Menggunakan Metode Elemen Hingga.”
- [3] M. M. Topaç, H. Günal, 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, pp. 1474–1482, 2009.
- [4] 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, no. August, 2019.
- [5] 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, pp. 589–595, 2019.
- [6] 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, pp. 8409–8417, 2017.
- [7] 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, pp. 13–17, 2019.
- [8] L. A. N. Wibawa, *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [9] L. A. N. Wibawa, “Desain dan Analisis Kekuatan Dudukan (Bracket) AC Outdoor Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Crankshaft*, vol. 2, no. 1, pp. 19–24, 2019.
- [10] 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.
- [11] L. A. N. Wibawa, “Pengaruh Beban Terhadap Prediksi Umur Fatik Rangka Meja Kerja Balai Lapan Garut Menggunakan Ansys Workbench.”
- [12] X. Chen and Y. Liu, *Finite Element Modeling and Simulation with Ansys Workbench*, 2nd ed. Taylor & Francis Group, 2019.
- [13] 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, pp. 18–24, 2020.
- [14] L. A. N. Wibawa, *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta, 2018.
- [15] L. A. N. Wibawa and K. Diharjo, “Desain, Pemilihan Material, dan Faktor Keamanan Stasiun Pengisian Gawai Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Teknol.*, vol. 11, no. 2, pp. 97–102, 2019.