

Analisis Stress Pada Modifikasi Ketebalan Velg Diameter 15 Inch Melalui Simulasi Pengujian Dynamic Cornering Fatigue Menggunakan Ansys Workbench

Beltsazar Joy Panggabean¹, Adhes Gamayel¹, Ida Bagus², M.U.Z. Priyadi^{1,*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Indonesia, 16412

²Jurusan Teknik Industri, Universitas Global Jakarta, Indonesia, 16412

Article Info

Article history:

Received 03 April 2024

Revised 20 Mei 2024

Accepted 21 Mei 2024

Keywords:

Dynamic Cornering Fatigue

Tegangan Equivalent

Fatigue Life

Finite Element Method

Aluminium Alloy 6061

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stress pada modifikasi ketebalan velg berdiameter 15 inch melalui simulasi pengujian Dynamic Cornering Fatigue menggunakan ANSYS Workbench. Tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm. Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi distribusi tegangan, regangan elastis, dan umur kelelahan pada tiap model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan ketebalan velg berbanding lurus dengan peningkatan tegangan yang dialami. Ketiga model velg menunjukkan nilai fatigue life yang memenuhi standar SAE J 328, dengan ketahanan minimal 1.000.000 putaran. Analisis ini memberikan wawasan penting mengenai batas aman modifikasi velg dan implikasinya terhadap performa dan keselamatan kendaraan.

*Corresponding Author:

M.U.Z. Priyadi

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Global Jakarta, Indonesia, 16412

Email: aemuzap@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.56904/imejour.v2i1.26>

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri otomotif yang pesat telah mendorong inovasi dalam berbagai aspek kendaraan, termasuk desain dan modifikasi komponen seperti velg. Velg merupakan salah satu komponen krusial pada kendaraan yang tidak hanya berfungsi sebagai penopang ban, tetapi juga berperan penting dalam performa, keselamatan, dan estetika kendaraan [1]. Seiring meningkatnya tren modifikasi kendaraan, banyak pemilik kendaraan yang tertarik untuk memodifikasi velg mereka, termasuk mengubah ketebalan velg untuk mencapai tampilan yang lebih menarik atau performa yang lebih baik. Namun, modifikasi ketebalan velg bukan tanpa risiko. Perubahan pada struktur velg dapat mempengaruhi distribusi tegangan dan kemampuannya dalam menahan beban, terutama saat kendaraan bergerak di jalan yang tidak rata atau saat bermanuver [2]. Oleh karena itu, analisis stress pada velg yang dimodifikasi menjadi sangat penting untuk memastikan keamanan dan keandalan komponen tersebut.

Dynamic Cornering Fatigue (DCF) merupakan salah satu pengujian kritis yang dilakukan pada velg untuk mengevaluasi ketahanan dan kekuatannya dalam kondisi beban lateral yang berulang, seperti yang terjadi saat kendaraan berbelok [3]. Pengujian ini mensimulasikan kondisi ekstrem yang mungkin dialami velg selama masa penggunaannya, sehingga dapat memberikan gambaran yang akurat tentang performa dan keamanan velg yang telah dimodifikasi.

Dalam era komputasi modern, penggunaan metode elemen hingga (Finite Element Method) melalui perangkat lunak seperti ANSYS Workbench telah menjadi alat yang sangat berharga dalam analisis struktur komponen otomotif [4]. Simulasi komputer memungkinkan

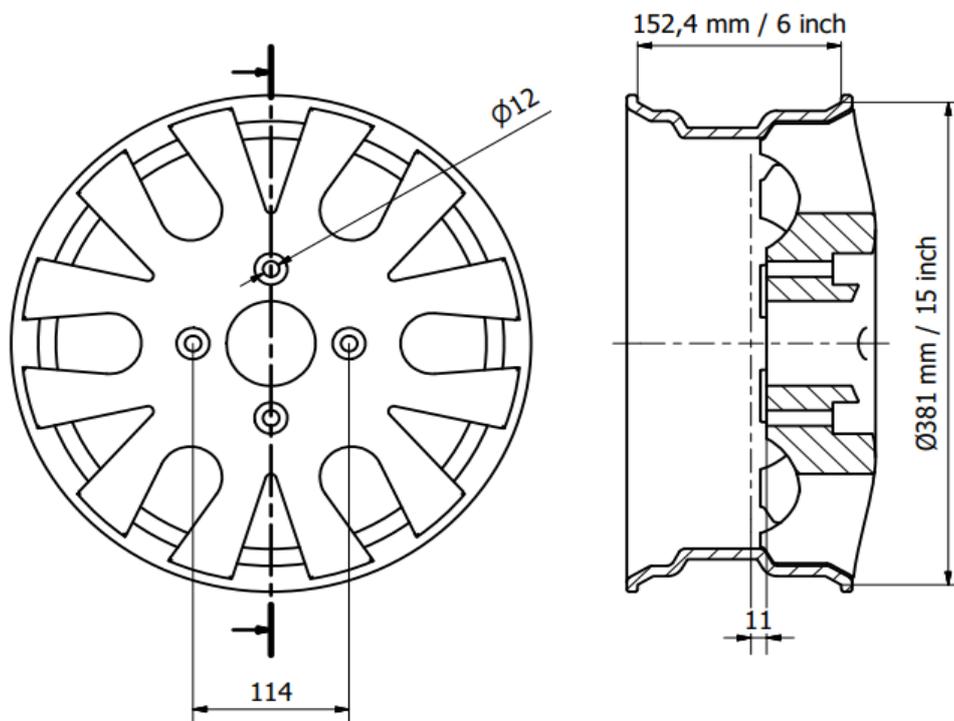
para insinyur dan peneliti untuk melakukan analisis stress yang komprehensif tanpa harus melakukan pengujian fisik yang mahal dan memakan waktu pada tahap awal pengembangan [5].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stress pada modifikasi ketebalan velg berdiameter 15 inch melalui simulasi pengujian Dynamic Cornering Fatigue menggunakan ANSYS Workbench. Dengan melakukan analisis ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang pengaruh modifikasi ketebalan terhadap distribusi tegangan dan ketahanan velg dalam kondisi dinamis [6]. Hasil penelitian ini tidak hanya akan memberikan wawasan berharga bagi industri manufaktur velg, tetapi juga dapat menjadi acuan penting bagi enthusiast modifikasi kendaraan dan regulator keselamatan kendaraan dalam memahami batas-batas aman modifikasi velg.

2. METODE

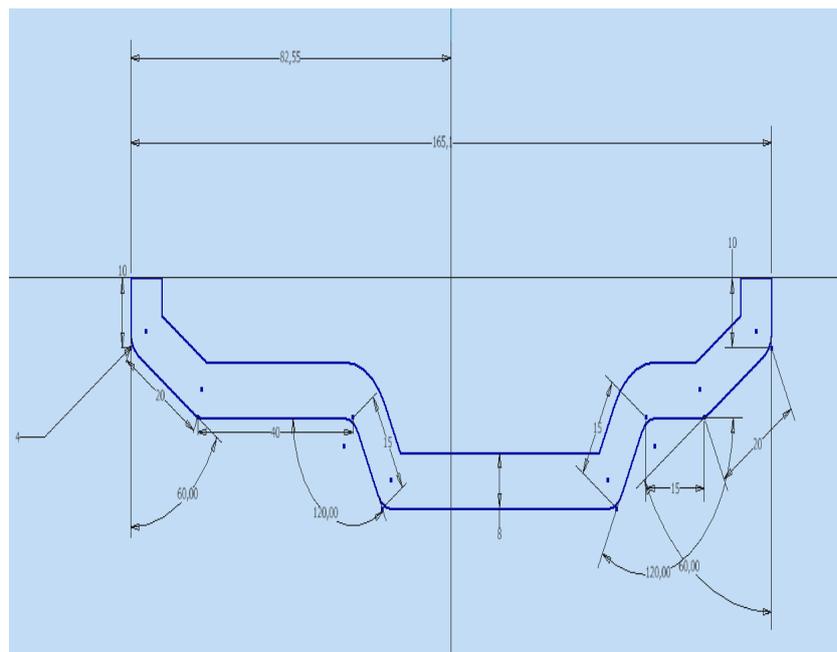
Penelitian ini dilakukan menggunakan simulasi komputer untuk menganalisis stress pada modifikasi ketebalan velg mobil berdiameter 15 inch melalui pengujian Dynamic Cornering Fatigue (DCF). Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

Desain velg mobil dengan spesifikasi 6-Jx15 11 6-114 (ring 15 inci, lebar 6 inci, offset 11 mm, empat baut, dan PCD 114 mm) dibuat menggunakan software Autodesk Inventor seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm ditunjukkan pada Gambar 2a, 2b, dan 2c. Model 3D velg yang telah didesain kemudian diimpor ke ANSYS Workbench dalam format STEP untuk simulasi lebih lanjut.

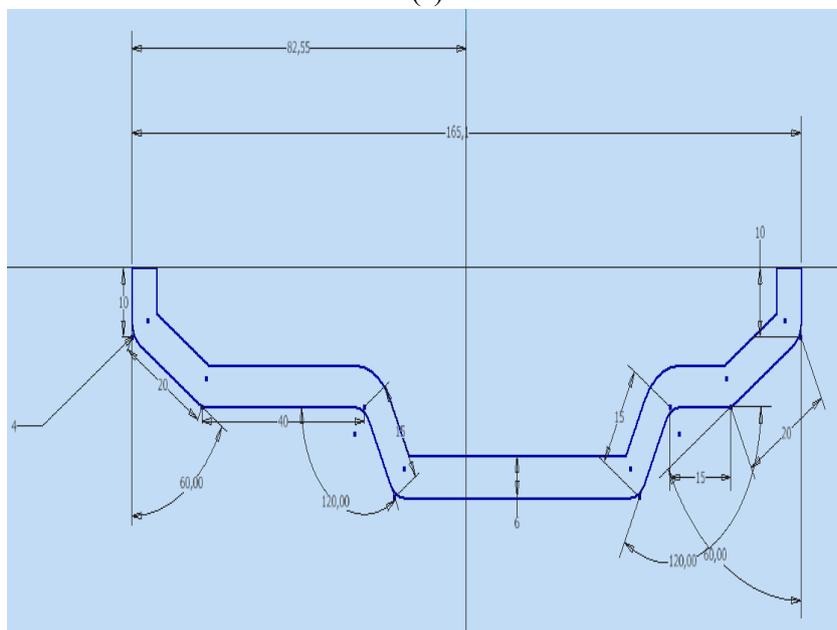


Gambar 1. Ukuran Spesifikasi Velg 15 inch

Simulasi dilakukan menggunakan ANSYS Workbench dengan memasukkan karakteristik material Aluminium Alloy 6061, termasuk densitas 2700 kg/m^3 , kekuatan tarik ultimat 310 MPa, kekuatan luluh 276 MPa, dan modulus elastisitas 68,9 GPa. Meshing dilakukan pada geometri velg dengan jumlah nodes 38465 dan elemen 21256 untuk memastikan akurasi perhitungan.



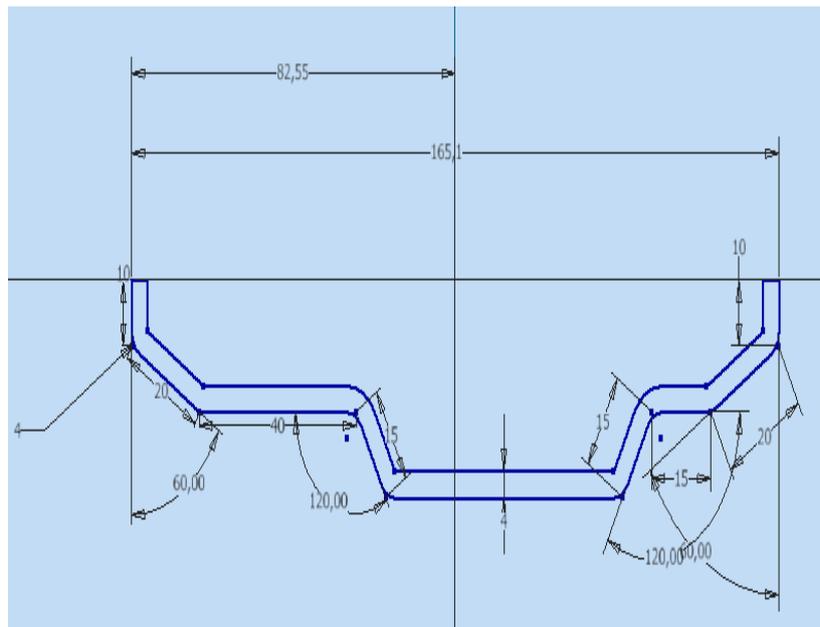
(a)



(b)

Tiga jenis pembebanan diterapkan sesuai standar SAE (Society of Automotive Engineers). Pertama, beban akibat gaya gesek antara ban dan permukaan jalan sebesar 3087 N, dihitung berdasarkan koefisien gesek 0,7 dan beban vertikal 4410 N. Kedua, beban akibat berat kendaraan sebesar 8826 N, diperoleh dari asumsi berat total kendaraan 1800 kg dengan faktor beban 2,0. Ketiga, beban akibat kecepatan putar, dengan kecepatan rotasi maksimum 600 rpm atau 62,8 rad/s.

Analisis numerik dilakukan untuk mendapatkan nilai equivalent stress von Mises, equivalent elastic strain, dan fatigue life. Simulasi dijalankan pada komputer dengan spesifikasi yang memadai untuk menangani kompleksitas perhitungan. Hasil simulasi dari ketiga variasi ketebalan velg dibandingkan dan dianalisis untuk menentukan desain yang optimal.



Gambar 2. (a) Variasi Ketebalan rim 8 mm, (b) Variasi Ketebalan rim 6 mm, (c) Variasi Ketebalan rim 4 mm.

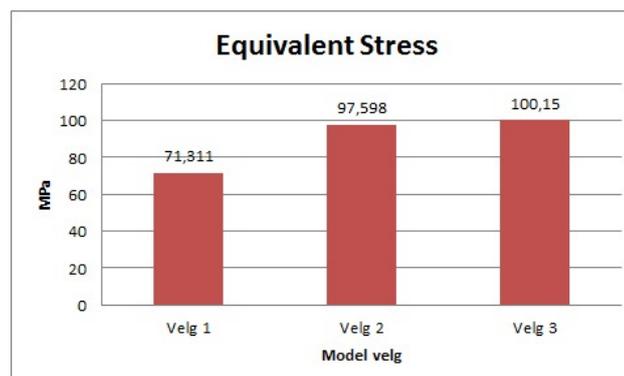
Pengambilan data dilakukan secara sistematis untuk setiap variasi ketebalan velg. Parameter yang diamati meliputi distribusi tegangan, regangan elastis, dan prediksi umur kelelahan. Data dikumpulkan dan direkam menggunakan fitur post-processing ANSYS Workbench dengan tingkat akurasi yang tinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis stress pada modifikasi ketebalan velg diameter 15 inch melalui simulasi pengujian Dynamic Cornering Fatigue (DCF) menggunakan ANSYS Workbench telah menghasilkan beberapa temuan penting. Tiga model velg dengan variasi ketebalan 8 mm, 6 mm, dan 4 mm telah diuji dan dibandingkan untuk mengevaluasi pengaruh ketebalan terhadap performa velg.

3.1. Equivalent Stress

Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketiga model velg mengalami tegangan maksimum yang berbeda-beda. Velg model 1 (ketebalan 8 mm) mengalami tegangan maksimum sebesar 71,311 MPa, model 2 (6 mm) sebesar 97,598 MPa, dan model 3 (4 mm) sebesar 100,15 MPa. Semua nilai ini masih berada di bawah yield strength material Aluminium Alloy 6061 yang sebesar 276 MPa, menunjukkan bahwa semua desain masih berada dalam batas aman.

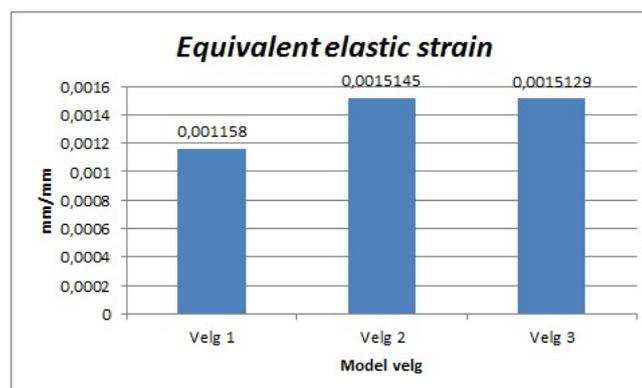


Gambar 3. Grafik equivalent stress tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm

Gambar 3. Memperlihatkan equivalent stress tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm. Penurunan ketebalan velg berbanding lurus dengan peningkatan tegangan yang dialami. Hal ini sejalan dengan penelitian Furqoni yang menyatakan bahwa perubahan ketebalan velg dapat secara signifikan mempengaruhi distribusi tegangan, terutama pada area spoke dan rim, yang merupakan titik kritis dalam desain velg juga menegaskan bahwa [6]. Dengan pengurangan ketebalan umumnya menghasilkan peningkatan tegangan pada area kritis.

3.2. Equivalent Elastic Strain

Pada Gambar 4 ditunjukkan regangan maksimum yang dialami oleh ketiga model velg juga bervariasi. Velg model 1 mengalami regangan maksimum sebesar 0,001158 mm/mm, model 2 sebesar 0,0015145 mm/mm, dan model 3 sebesar 0,0015129 mm/mm. Menariknya, velg model 2 mengalami regangan tertinggi, meskipun bukan yang paling tipis.



Gambar 4. Grafik equivalent elastic stress tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm

Hubungan antara ketebalan dan regangan pada velg tidak selalu linear dan dapat dipengaruhi oleh faktor geometri lainnya seperti bentuk spoke dan kontur rim. Ini menunjukkan pentingnya analisis komprehensif dalam desain velg, tidak hanya mempertimbangkan ketebalan, tetapi juga aspek geometri lainnya. Analisis regangan pada velg harus mempertimbangkan interaksi kompleks antara berbagai parameter geometri, termasuk ketebalan, bentuk spoke, dan profil rim. Perubahan pada satu parameter dapat memiliki efek yang tidak terduga pada distribusi regangan keseluruhan [7]. Dalam beberapa kasus, pengurangan ketebalan dapat menghasilkan distribusi regangan yang lebih merata, sementara dalam kasus lain dapat menyebabkan konsentrasi regangan yang lebih tinggi.

3.3. Analisis Fatigue Life

Ketiga model velg menunjukkan fatigue life minimum yang sama, yaitu 1.000.000 putaran. Nilai ini jauh melebihi standar SAE J 328 yang mensyaratkan minimum 500.000 putaran untuk pengujian DCF pada mobil penumpang, data diperlihatkan pada Tabel 1 [8]. Hasil ini mengindikasikan bahwa semua desain velg yang diuji memiliki ketahanan yang baik terhadap kelelahan material. Pengujian DCF merupakan indikator krusial dalam mengevaluasi ketahanan velg terhadap beban siklik, dengan nilai fatigue life yang melebihi standar menunjukkan potensi umur pakai yang panjang dalam kondisi operasional normal [9].

Area kritis yang berpotensi mengalami kegagalan pada ketiga model velg konsisten berada pada bagian ujung dalam spoke velg, area ini sebagai titik kritis dalam desain velg yang sering mengalami konsentrasi tegangan tinggi dan berpotensi menjadi titik awal kegagalan [10].

Tabel 1. Perbandingan Hasil Simulasi pada Desain Velg 15 inch

No.	Model velg	Fatigue life minimum (ribu)	Tegangan maksimum	Standar SAE J 328(500.000 Cycle)	Yield strength (276 MPa)
1	Ketebalan velg 8 mm	1.000	71,311	Memenuhi	Memenuhi
2	Ketebalan velg 6 mm	1.000	97,598	Memenuhi	Memenuhi
3	Ketebalan velg 4 mm	1.000	100,15	Memenuhi	Memenuhi

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa pada simulasi pengujian Dynamic Cornering Fatigue, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil tegangan maksimum masing-masing yaitu velg model 1 memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 71,311 MPa untuk velg model 2 memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 97,598 MPa dan velg model 3 memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 100,15 MPa. Hasil regangan maksimum masing-masing velg, yaitu velg model 1 memiliki nilai regangan maksimum sebesar 0,001158 mm/mm untuk velg model 2 memiliki nilai regangan maksimum sebesar 0,0015145 mm/mm dan velg model 3 memiliki nilai regangan maksimum sebesar 0,0015129 mm/mm. Hasil nilai fatigue life minimum yang masing-masing velg model 1 memiliki hasil nilai fatigue life minimum sebesar 1.000.000 cycle, untuk velg model 2 memiliki nilai fatigue life minimum sebesar 1.000.000 cycle, dan velg model 3 memiliki nilai fatigue life minimum sebesar 1.000.000 cycle.
2. Berdasarkan standar SAE J 328, fatigue life minimum yang harus ditempuh velg adalah 500.000 cycle. Pada ketiga model velg tersebut semuanya dinyatakan memenuhi standar karena nilainya melebihi standart yang ditetapkan SAE J 328.
3. Berdasarkan data tegangan equivalent von misses, regangan dan fatigue life velg, dapat diurutkan dari desain velg terbaik yaitu velg model 1, kemudian velg model 2, dan yang terakhir velg model 3.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih kepada Universitas Global Jakarta atas dukungan fasilitas dan sumber daya yang telah disediakan.

REFERENSI

- [1] Deepak, S. V., Naresh, C., & Hussain, S. A. (2012). Modelling and analysis of alloy wheel for four wheeler vehicle. *International journal of mechanical engineering and robotics research*, 1(3), 72-80.
- [2] Shekhar, M. C., Rao, B. L., & Krishna, M. V. R. (2020). Design and structural analysis of car alloy wheel using with various materials. *INTERNATIONAL JOURNAL*, 5(7).
- [3] Wang, X., & Zhang, X. (2010). Simulation of dynamic cornering fatigue test of a steel passenger car wheel. *International journal of fatigue*, 32(2), 434-442.
- [4] Fadji, T., Coetzee, C. J., Berry, T. M., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2018). The efficacy of finite element analysis (FEA) as a design tool for food packaging: A review. *Biosystems Engineering*, 174, 20-40.
- [5] Barberousse, A., Franceschelli, S., & Imbert, C. (2009). Computer simulations as experiments. *Synthese*, 169, 557-574.
- [6] Furqani Faizi, A. (2021). *Analisis Pengaruh Variasi Ketebalan Terhadap Distribusi Tegangan Diujung Retak Dengan Stop Hole Setelah Overload Pada Aluminium* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

- [7] Zeng, G., Chen, K., Wang, Y., Liu, Y., Zhang, Q., & Zhang, Y. (2024). Stress and strain analysis and parameter optimization of pipe truss tower connection of super-large tower crane based on FEM. *Scientific Reports*, 14(1), 3670.
- [8] Society of Automotive Engineers. (2019). "SAE J328: Wheels - Passenger Car and Light Truck Performance Requirements and Test Procedures." SAE International.
- [9] Zhang, L., Jiang, B., Zhang, P., Yan, H., Xu, X., Liu, R., ... & Ren, C. (2023). Methods for fatigue-life estimation: A review of the current status and future trends. *Nanotechnology and Precision Engineering (NPE)*, 6(2).
- [10] Bogale, D., Getachew, Z., Zeleke, Z., & Tamiru, T. (2024). Finite element analysis on failure-yielding stresses in the wheel bolt of automobile vehicle due to operational loading conditions. *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, 7(2), 1311-1325.