

---

---

## ANALISA TEGANGAN PADA RANGKA SEPEDA DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL CARBON

Alviani Hesthi Permata Ningtyas<sup>1</sup>, Ilham Arifin Pahlawan<sup>2</sup>, Rilo Chandra Muhamadin<sup>3</sup>, Purwo Sudirdjo<sup>4</sup>, Agin Viakri Dagmar<sup>5</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia  
e-mail : alvianihesthi@gmail.com

### ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi dan kepedulian terhadap lingkungan, sepeda listrik telah menjadi salah satu inovasi yang menarik perhatian banyak orang. Dengan memadukan kelebihan sepeda konvensional dan teknologi baterai, sepeda listrik memberikan alternatif transportasi yang ramah lingkungan, efisien, dan ekonomis, terutama penyandang disabilitas, sangat membutuhkan alat transportasi sebagai kebutuhan utama. Salah satu alat transportasi yang sangat penting adalah sepeda. Komponen penting dalam sepeda adalah frame, yang berperan sebagai penopang beban dan tempat melekatkan komponen-komponen sepeda lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keamanan desain frame sepeda bagi penyandang disabilitas. Frame sepeda roda tiga ini menggunakan bahan carbon dan dianalisis menggunakan fitur Finite Element Analysis pada perangkat lunak Autodesk Inventor. Beban yang diterima oleh frame sepeda adalah 75 kg, yang diasumsikan sebagai massa pengemudi. Hasil simulasi menunjukkan tegangan, pergeseran, dan faktor keamanan pada frame sepeda listrik dengan menggunakan material carbon dengan beban 75 kg atau 735,75 N. Tegangan maksimum yang diperoleh dari simulasi adalah 19,16 MPa, dengan nilai displacement terbesar sebesar 0,0414 mm. Namun, hasil ini masih memenuhi standar keamanan karena memiliki faktor keamanan yang dihasilkan sebesar 15.

**Kata kunci** : material, carbon, FEA

### ABSTRACT

*Along with the development of technology and concern for the environment, electric bicycles have become one of the innovations that attract the attention of many people. By combining the advantages of conventional bicycles and battery technology, electric bicycles provide an environmentally friendly, efficient, and economical transportation alternative, especially people with disabilities, who really need transportation as their main need. One very important means of transportation is the bicycle. An important component in a bicycle is the frame, which acts as a load support and a place to attach other bicycle components. This study aims to evaluate the safety of bicycle frame design for people with disabilities. The frame of this tricycle uses carbon material and is analyzed using the Finite Element Analysis feature in Autodesk Inventor software. The load received by the bike frame is 75 kg, which is assumed to be the mass of the driver. The simulation results show the voltage, shift, and safety factor on the electric bike frame using carbon material with a load of 75 kg or 735.75 N. The maximum voltage obtained from the simulation is 19.16 MPa, with the largest displacement value of 0.0414 mm. However, this result still meets the safety standard because it has a resulting safety factor of 15.*

**Keywords** : material, carbon, FEA

---

### Jejak Artikel

Upload artikel : 12 Mei 2023

Revisi : 15 Juni 2023

Publish : 31 Juli 2023

---

### 1. PENDAHULUAN

Rangka sepeda merupakan komponen yang sangat penting untuk menopang keseluruhan beban, sehingga perlu dilakukan analisa (Andriyanto et al., 2020; Budiman et al., 2021). Analisa rangka yang tepat dan akurat akan memberikan hasil yang maksimal, dalam

kekuatan atau kenyamanan. Dalam melakukan analisa rangka sepeda, dapat digunakan bantuan software seperti SolidWorks, CATIA, atau Inventor yang dilengkapi dengan metode Finite Element Analysis (FEA) (Firmansyah Azharul et al., 2020; Octavianus et al., 2022; Setiawan et al., 2023)

Dalam melakukan analisa, perlu diperhatikan material yang digunakan pada rangka sepeda, dimensi rangka, serta beban maksimal yang bisa diterima rangka (Berlianto & Daryanto, 2012; Rinaldy et al., 2018). Dengan melakukan analisa stress pada rangka sepeda, dapat diketahui tegangan Von Mises, Displacement, dan Safety Factor yang terjadi pada rangka sepeda (Octavianus et al., 2022). Dalam melakukan analisa, perlu diperhatikan batas konstruksi aman beban minimal dengan angka faktor keamanan sebesar 2 (Firmansyah Azharul et al., 2020)

Beberapa cara untuk menentukan material yang tepat untuk rangka sepeda yaitu mempertimbangkan beban maksimal yang akan ditopang oleh rangka sepeda. Material yang digunakan harus mampu menahan beban tersebut tanpa mengalami deformasi atau kerusakan yang berarti (Setiawan et al., 2023). Pertimbangkan faktor keamanan. Material yang digunakan harus memiliki faktor keamanan yang cukup tinggi untuk menghindari kegagalan struktural yang dapat membahayakan pengendara (Octavianus et al., 2022). Mempertimbangkan sifat-sifat material seperti kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap korosi. Menggunakan software seperti SolidWorks, CATIA, atau Inventor yang dilengkapi dengan metode Finite Element Analysis (FEA) untuk melakukan analisa stress pada rangka sepeda (Awwaluddin, 2019; Isworo et al., 2019; Setyono & Gunawan, 2015; Setyono & Hamid, 2016; Sunardi, 2017). Dalam melakukan analisa, perlu diperhatikan material yang digunakan pada rangka sepeda, dimensi rangka, serta beban maksimal yang bisa diterima rangka (Berlianto & Daryanto, 2012; Toteles, Aris; Alhaffis, 2021). Mempelajari penelitian atau studi kasus sebelumnya yang telah dilakukan oleh para ahli untuk mengetahui material yang tepat untuk rangka sepeda (Budiman et al., 2021; Ningtyas et al., 2022)

Sepeda listrik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sepeda konvensional yang menggunakan tenaga manusia atau bahan bakar fosil. Berikut adalah beberapa keunggulan sepeda listrik antara lain yaitu ramah lingkungan, hemat biaya, mudah digunakan, lebih cepat, lebih nyaman dan aman. Dikatakan sebagai ramah lingkungan karena sepeda listrik tidak menghasilkan emisi gas

buang yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Dengan menggunakan sepeda listrik, kita dapat membantu mengurangi polusi udara dan menjaga kebersihan lingkungan.

Sepeda listrik lebih hemat biaya dibandingkan dengan sepeda motor atau mobil. Sepeda listrik hanya membutuhkan biaya listrik untuk diisi ulang, yang jauh lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Sepeda listrik mudah digunakan dan tidak memerlukan keahlian khusus. Anda hanya perlu menekan tombol untuk menghidupkan mesin dan mulai bersepeda (Rinaldy et al., 2018). Selain itu, sepeda listrik juga memiliki sistem pedal yang dapat digunakan jika baterai habis atau ingin berolahraga. Sepeda listrik dapat mencapai kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sepeda konvensional. Dengan kecepatan yang lebih tinggi, Anda dapat mencapai tujuan Anda dengan lebih cepat dan efisien. Sepeda listrik memiliki suspensi yang lebih baik dan kursi yang lebih nyaman dibandingkan dengan sepeda konvensional (Andriyanto et al., 2020; Awwaluddin, 2019; Berlianto & Daryanto, 2012; Sunardi, 2017). Hal ini membuat perjalanan dengan sepeda listrik lebih nyaman dan menyenangkan. Sepeda listrik dilengkapi dengan lampu dan rem yang lebih baik dibandingkan dengan sepeda konvensional. Hal ini membuat perjalanan dengan sepeda listrik lebih aman dan dapat mengurangi risiko kecelakaan.

Dengan keunggulan-keunggulan tersebut, sepeda listrik menjadi alternatif transportasi yang menarik dan dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Terdapat beberapa artikel yang membahas tentang analisa kekuatan rangka sepeda, namun tidak secara spesifik membahas tentang metode analisa elemen hingga dengan analisa tegangan pada rangka sepeda. (Octavianus et al., 2022) membahas tentang analisa kekuatan rangka sepeda motor listrik dengan menggunakan uji coba untuk mengetahui lama kekuatan rangka, ketahanan material, dan efisiensi beban pada rangka. Artikel (Setiawan et al., 2023) membahas tentang analisa kekuatan rangka sepeda listrik menggunakan software SolidWorks dengan metode Finite Element Analysis (FEA). Artikel (Isworo et al., 2019; Ningtyas et al., 2021; Salimin et al., 2018)

membahas tentang analisa kekuatan rangka sepeda fixie dengan menggunakan metode elemen hingga untuk membandingkan kontur distribusi tegangan dan deformed shape yang terjadi akibat pembebanan.

Namun, secara umum, analisa kekuatan rangka sepeda dapat dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga dengan analisa tegangan. Metode ini dapat memberikan informasi tentang distribusi tegangan pada rangka sepeda dan membantu dalam perancangan rangka yang lebih kuat dan aman. (Ellianto & Nurcahyo, 2020)

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam melakukan analisa elemen hingga pada rangka sepeda antara lain yaitu melakukan perancangan rangka sepeda dengan menggunakan software Inventor. Kemudian membuat rangka sepeda dalam bentuk 3D pada software tersebut. Dilanjutkan dengan membuat proses meshing pada model rangka sepeda untuk membagi model menjadi elemen-elemen kecil. Setelah melakukan meshing kemudian dilakukan pemilihan material yang digunakan pada rangka sepeda dan masukkan data material tersebut ke dalam software, pada penelitian ini menggunakan material carbon. Setelah memilih material yang digunakan maka Langkah selanjutnya yaitu memberikan beban pada model rangka sepeda sesuai dengan kondisi penggunaan sepeda yaitu sebesar 75 kg atau 735,75 N. Setelah penentuan nilai beban yang digunakan maka bisa dilanjutkan dengan menganalisa elemen hingga pada model rangka sepeda dengan menggunakan software Inventor.

Proses analisa tegangan pada setiap elemen rangka sepeda dan tentukan distribusi tegangan pada rangka sepeda. Setelah itu melakukan evaluasi hasil analisa dan tentukan apakah rangka sepeda aman untuk digunakan atau tidak.

Dalam melakukan analisa elemen hingga pada rangka sepeda, penting untuk memperhatikan material yang digunakan pada rangka sepeda dan kondisi penggunaan sepeda. Dengan melakukan analisa elemen hingga, dapat membantu dalam perancangan rangka sepeda

yang lebih kuat dan aman. Dari hasil Analisa akan didapatkan kesimpulan pada penelitian ini.

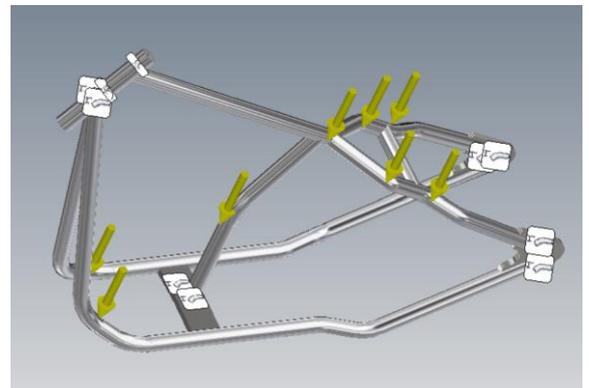
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum mendapatkan hasil simulasi dipilih material carbon dengan spesifikasi seperti yang ada pada tabel 1.

**Tabel 1.** Data fisik dari rangka sepeda

No.	Keterangan	Nilai	Unit
1.	Massa	16,9311	kg
2.	Luas area	1301720	Mm <sup>2</sup>
3	Volume	6091210	Mm <sup>3</sup>
4	Massa densitas	7,85	g/cm <sup>3</sup>
5	Yield strength	350	MPa
6	Ultimate Tensile strength	420	MPa
7	Young's Modulus	200	MPa
8	Poisson's ratio	0,29	UI
9	Shear Modulus	77,5194	GPa

Setelah memilih material, kita bisa memilih titik – titik pembebanan pada rangka sepeda yang ditunjukkan pada gambar 1. Dibawah ini.



**Gambar 1.** Titik – titik pembebanan pada rangka sepeda.

Setelah proses pembebanan bisa dilakukan proses simulasi dimana hasil dari simulasi adalah sebagai berikut.

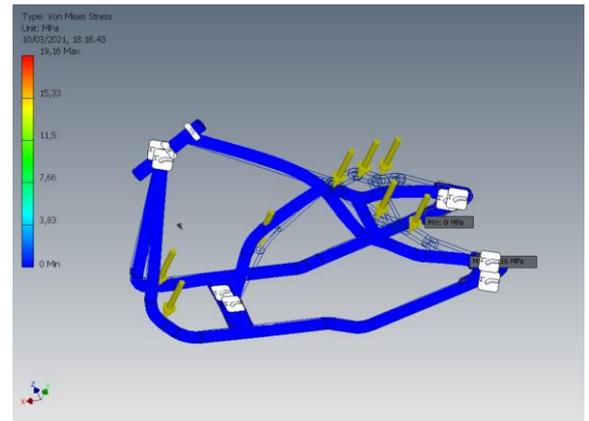
Hasil von Mises stress adalah metode analisis tegangan yang digunakan dalam metode elemen hingga (finite element method) untuk mengevaluasi tegangan total dalam benda uji. Metode analisis elemen hingga adalah teknik numerik yang digunakan untuk memecahkan masalah kontinum dengan membaginya menjadi elemen kecil yang dapat dihitung dengan mudah.

Dalam metode analisis elemen hingga, struktur atau benda uji yang kompleks dibagi menjadi elemen-elemen kecil yang saling terhubung. Setiap elemen memiliki simpul (node) yang terhubung dengan elemen-elemen tetangganya melalui persamaan tegangan dan regangan. Tegangan di setiap simpul dan elemen dihitung menggunakan metode interpolasi.

Setelah simulasi elemen hingga selesai, tegangan yang dihasilkan di setiap simpul dan elemen digunakan untuk menghitung tegangan von Mises (von Mises stress). Tegangan von Mises adalah ukuran tegangan total di suatu titik dalam benda uji, menggabungkan kontribusi tegangan normal dan tangensial dalam berbagai arah. Hal ini didasarkan pada teori bahwa keruntuhan material terjadi ketika tegangan von Mises melebihi batas tegangan bahan.

Tegangan von Mises sering digunakan untuk mengevaluasi kekuatan benda uji dan mengidentifikasi wilayah yang berpotensi mengalami keruntuhan. Dalam analisis elemen hingga, hasil von Mises stress digunakan untuk mengoptimalkan desain dan mencegah kegagalan struktural dengan mengatur pembebanan atau memperkuat area yang mengalami tegangan tinggi.

Penting untuk dicatat bahwa hasil von Mises stress hanyalah perkiraan tegangan di titik-titik tertentu dalam benda uji. Kualitas dan akurasi hasil von Mises stress sangat tergantung pada pemodelan geometri, pembebanan, dan parameter material yang digunakan dalam analisis elemen hingga. Oleh karena itu, validasi eksperimental dan perhatian terhadap asumsi dan batasan model sangat penting dalam memperoleh hasil yang akurat dan dapat diandalkan.



**Gambar 1.** Von mises stress pada rangka dengan beban 735,75 N.

Pada gambar 1 ditunjukkan hasil von mises stress pada rangka sepeda dengan nilai maksimum yaitu 19,16 MPa dan dengan nilai minimum sebesar 0 MPa.

Hasil displacement (perpindahan) adalah salah satu output utama yang dihasilkan oleh metode analisis elemen hingga (finite element method) dalam analisis struktur. Metode analisis elemen hingga memecah struktur kompleks menjadi elemen-elemen kecil yang terhubung, dan perpindahan di setiap simpul atau node dalam elemen digunakan untuk menggambarkan deformasi struktur tersebut.

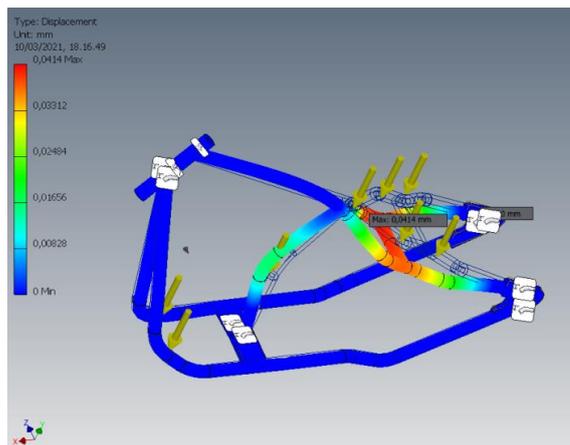
Dalam analisis elemen hingga, setiap elemen dihubungkan dengan simpul atau node yang memungkinkan perpindahan pada simpul tersebut. Tujuan utama adalah untuk menghitung perpindahan pada setiap simpul dalam model yang diberikan pembebanan tertentu. Perpindahan ini kemudian digunakan untuk menggambarkan deformasi struktur secara keseluruhan.

Proses perhitungan perpindahan dalam analisis elemen hingga melibatkan pemodelan persamaan tegangan dan regangan pada setiap elemen. Persamaan tersebut dapat berbeda tergantung pada jenis elemen yang digunakan dalam analisis, seperti elemen batang, elemen bidang, atau elemen tiga dimensi. Dalam beberapa kasus, perpindahan juga dapat dihitung dengan mengintegrasikan persamaan regangan di seluruh domain elemen.

Setelah simulasi elemen hingga selesai, hasil perpindahan pada setiap simpul atau node dalam model struktur diperoleh. Biasanya, hasil perpindahan dinyatakan sebagai komponen perpindahan dalam tiga arah utama (x, y, z) di setiap simpul. Komponen perpindahan ini menggambarkan pergeseran atau deformasi titik-titik dalam struktur.

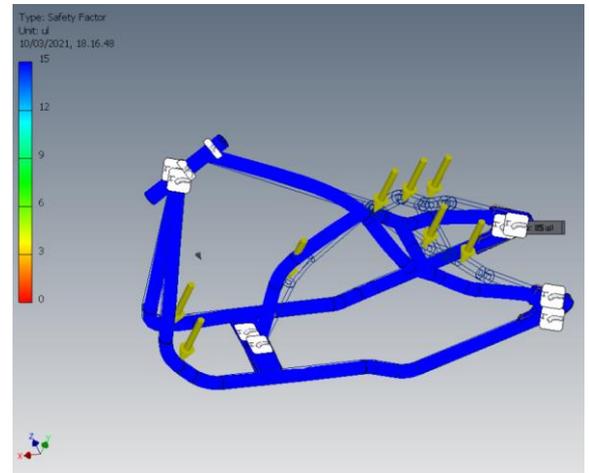
Hasil perpindahan memberikan informasi penting tentang deformasi dan respons struktur terhadap pembebanan. Hal ini memungkinkan insinyur untuk mengevaluasi kekuatan struktur, menganalisis kinerja struktur, dan mengoptimalkan desain dengan memperhatikan batasan perpindahan yang diperbolehkan.

Penting untuk dicatat bahwa hasil perpindahan yang dihasilkan oleh metode analisis elemen hingga hanya merupakan perkiraan perpindahan pada titik-titik tertentu dalam struktur. Akurasi dan kualitas hasil perpindahan tergantung pada pemodelan yang tepat, meshing (pembagian elemen), dan parameter material yang digunakan dalam analisis. Validasi eksperimental dan perhatian terhadap asumsi dan batasan model sangat penting dalam memperoleh hasil perpindahan yang akurat dan dapat diandalkan.



**Gambar 2.** Hasil analisa Displacement pada rangka sepeda dengan beban 735,75 N

Pada gambar 2 ditunjukkan hasil displacement pada rangka sepeda dengan nilai maksimum yaitu 0,0414 mm dan dengan nilai minimum sebesar 0 mm.



**Gambar 1.** Titik – titik pembebanan pada rangka sepeda.

#### 4. KESIMPULAN

Semakin bertambahnya pesaing dalam hal ini membuat pihak Kedai Kopi Sang Esoen untuk lebih meningkatkan kualitas pelayanan, serta melakukan pengembangan usaha dan upaya memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan supaya jumlah pengunjung meningkat

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, Setiadanu, G. T., Slamet, Gunawan, Y., Pratama, G. T. A., & Qolbi, N. (2020). Pemodelan Rangka Prototipe Sepeda Listrik Kargo Roda Tiga Multiguna. *Jurnal Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 19(1), 41–50.
- Awwaluddin, M. (2019). *Analisa Kekuatan Rangka Sepeda Listrik Menggunakan Software SolidWorks*. 3(1), 5–16.
- Berlianto, A., & Daryanto, B. (2012). Analisa Tegangan dan Deformed Shape Pada Rangka Sepeda Fixie. *Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya*, 1(1), 1–5.
- Budiman, F. A., Septiyanto, A., Sudiyono, S., Musyono, A. D. N. I., & Setiadi, R. (2021). Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Tipe In-Wheel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 100.

- <https://doi.org/10.32497/jrm.v16i1.1997>  
Ellianto, M. S. D., & Nurcahyo, Y. E. (2020). Rancang Bangun dan Simulasi Pembebanan Statik pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori Prototype. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 4(2), 53–58.
- Firmansyah Azharul, Mohammad Fadel, & Rahmawati. (2020). Menghitung Tegangan Statik Pada Struktur Rangka Sepeda Bmx Menggunakan Software Catia. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, 7(2), 67–76. <https://doi.org/10.37373/tekno.v7i2.28>
- Isworo, H., Ghofur, A., & Rudi, G. (2019). Analisis displacement pada chassis mobil listrik wasaka 1). 6(2), 94–104.
- Ningtyas, A. H. P., Ayunaning, K., Prambudiarto, B. A., & Maulana, I. (2021). Implementasi Penggunaan Software AutoDesk Inventor Dalam Meningkatkan Kompetensi Menggambar Teknik pada Pelajar Kejuruan. *Adi Widya: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 161–169. [ejurnal.unisri.ac.id](http://ejurnal.unisri.ac.id)
- Ningtyas, A. H. P., Pahlawan, I. A., & Putra, R. P. (2022). Pemilihan Material Yang Aman Untuk Frame Sepeda Listrik. 20(1), 314–318.
- Octavianus, G., Gamayel, A., & Ariyansah, R. (2022). Simulasi Kekuatan Struktur Model Variasi Cakram Sepeda Motor Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan Dan Sains*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.30598/metiks.2022.2.1.1-8>
- Rinaldy, M. R., Poernomo, H., & Setiawan, T. A. (2018). Desain Kendaraan Bermotor Roda Tiga Sebagai Alat Bantu Transportasi Bagi Penyandang Disabilitas. *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and Its Application*, 1(1), 55–59.
- Salimin, Samhuddin, & Adha, I. (2018). Perancangan dan Analisa Simulasi Pembebanan Chassis Sepeda Wisata Untuk Dua Penumpang Menggunakan Software Autodesk Inventor 2017. 3(3).
- Setiawan, R., Sugiyanto, D., & Daryus, A. (2023). KENDARAAN SEPEDA MOTOR LISTRIK Analysis of Strength Simulation and Frame Fabrication of Electric Motorcycle Vehicle. 8, 58–66.
- Setyono, B., & Gunawan, S. (2015). PERANCANGAN DAN ANALISIS CHASSIS MOBIL LISTRIK “ SEMUT ABANG ” MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PRO 2013. 69–78.
- Setyono, B., & Hamid, A. (2016). PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN FRAME SEPEDA HIBRID “ TRISONA ” MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR. 20(2), 37–46.
- Sunardi. (2017). Optimalisasi Desain Frame Sepeda Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015. 20(2), 187–192.
- Toteles, Aris; Alhaffis, F. (2021). ANALISIS MATERIAL KONTRUKSI CHASSIS MOBIL LISTRIK LAKSAMANA V2 MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis Email: arishtoteles99@gmail.com 30. *Machine; Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 30–37.
- Hidayat, H. (2020). Analysis Of Load Variations On ST 60 Steel Using Vickers Method. *International Journal of Science, Engineering and Information Technology*, 5(1), 231-235.