

SIMULATION ANALYSIS OF ERGONOMIC DESIGN OF ELECTRIC MOTORBIKE FRAMES FOR RESIDENTIAL COMMUNITIES

(Analisa Simulasi Desain Ergonomi Rangka Sepeda Motor Listrik untuk Masyarakat Perumahan)

Dwiky Ibrahim^{1*}, Rizal Hanifi² dan Kardiman³

ABSTRACT

Electric motorbikes are an economical and environmentally friendly means of transportation but have limitations on cruising and speed. In its development began to be used motorcycles with gasoline fuel. On the one hand, it is able to overcome the limitations of cruising power and speed, but on the other hand, it causes air pollution. To overcome this comes the technology of electric motorbikes. This electric bike does not cause air pollution because there is no combustion that occurs, has only a slight drawback which is limited electrical power and the length of time for recharger. In motor vehicles, the frame is the most important part that will hold and as a seat of various components, and support a load of these components on the vehicle system. Calculation of skeletal strength is very important to ensure the frame is able to withstand the load. Calculation of frame strength can be done manually (hand calculation) or by using Finite Element Analysis (FEA). on this frame, strength calculation using finite element analysis (FEA) with Solidworks software 2018. By using simulation can be known the value of von mises, displacement, and safety factors. from the results of the analysis of the smallest safety factor rider weight, 170 kg = 2.58. The results of the analysis of the construction of electric motorcycle frames carried out on static loading are safe because it is less than the minimum value of the safety factor of 1.25

Keywords: *Electric Motorbike, Simulation, Ergonomic, Frame*

PENDAHULUAN

Teknologi semakin pesat, pada perkembangan jaman saat ini, alat transportasi menjadi sangat penting untuk mobilitas kebutuhan manusia untuk melakukan perjalanan jarak dekat maupun jauh. salah satunya sepeda motor, sepeda motor merupakan kendaraan yang sangat di gemari terutama di Indonesia, sepeda motor sangat di gemari karena mempunyai kelebihan salah satunya bentuk yang compact sehingga bisa ber manuver lebih mudah dalam kemacetan, adapun mempunyai kelebihan yaitu konsumsi bahan bakar yang irit karena

^{1,2,3} Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

*Corresponding author:

januaribrahim96@gmail.com

mempunyai kubikasi mesin yang kecil dan perawatannya pun juga murah dan seiring perkembangan teknologi, sepeda motor banyak dilakukan pengembangan teknologi pada mesin contohnya adanya teknologi variasi pembukaan katup (VVT) bahkan mulai sekarang sudah mulai beralihnya mesin motor bakar ke mesin elektrik, hal ini bertujuan semakin meningkatnya efisiensi bahan bakar di tengah semakin sulit dan mahal nya harga bahan bakar minyak (BBM) tentu perkembangan teknologi mesin kendaraan diciptakan untuk menghemat bahan bakar (Ahmad F, 2020).

Masalah polusi dari penggunaan sepeda motor merupakan salah satu faktor penting yang harus kendaraan setiap harinya akan menyebabkan polusi udara. Oleh karena itu, perlu mencari kendaraan alternatif yang cukup potensial untuk menggantikannya, salah satunya dengan mengembangkan motor listrik yang relatif lebih ramah lingkungan. Motor listrik merupakan salah satu kendaraan yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber tenaganya. Energi listrik disimpan dalam baterai yang kemudian diubah menjadi energi mekanik menggunakan motor listrik.

Di Indonesia hampir seluruh kendaraan yang ada, masih menggunakan bahan bakar minyak sebagai bahan bakar utamanya. Dari survey California Of University menunjukkan, bahwa penggunaan bahan bakar fosil seperti premium, pertamax dan solar sudah mencapai 3 juta kubik per tahun dengan prosentase peningkatan hampir mencapai 20%. Menurut pendapat dari guru besar Institut Teknologi Surabaya (ITS) Mukhtasor, bahwa pada tahun 2041 nanti bisa diperkirakan bahan bakar minyak akan hilang dari peredaran jika penggunaan bahan bakar ini masih tetap besar (Kisworo, 2012 : 3). Oleh karena itu untuk membatasi penggunaan bahan bakar fosil atau minyak, Menteri Energi Nasional melakukan suatu kebijakan yang dituangkan dalam Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006, dengan salah satu kebijakan utamanya adalah konservasi energi. Pada tahun 2025 nanti, konsumsi energi dari minyak bumi ditargetkan akan turun menjadi kurang dari 20% (Harian Kompas, 2013).

Motor listrik termasuk kedalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll di industri dan digunakan juga pada peralatan listrik rumah tangga (seperti: mixer, bor listrik, kipas angin). Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri, sebab diperkirakan bahwa motor-motor

menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor listrik merupakan alat transportasi yang ekonomis dan ramah lingkungan, namun memiliki keterbatasan pada daya jelajah dan kecepatan. Pada perkembangannya berawal digunakan sepeda motor dengan bahan bakar bensin. Disatu sisi mampu mengatasi keterbatasan daya jelajah dan kecepatan, namun disisi lain menimbulkan pencemaran udara. Untuk mengatasi hal ini munculah teknologi sepeda listrik. Dengan Motor listrik ini tidak menimbulkan polusi udara karena tidak ada pembakaran yang terjadi, hanya memiliki sedikit kekurangan yaitu keterbatasan daya listrik dan lamanya waktu untuk pengisian kembali daya listrik (recharger).

Prinsip kerja sepeda motor listrik ini adalah memanfaatkan laju putaran roda sepeda yang dihubungkan untuk memutar generator listrik, listrik yang dihasilkan generator kemudian disimpan didalam aki, setelah aki terisi, aki tersebut digunakan untuk menggerakkan motor yang kemudian menggerakkan roda sepeda.

Pada kendaraan bermotor, rangka merupakan bagian terpenting yang akan menahan dan sebagai tempat kedudukan berbagai macam komponen-komponen, serta mendukung beban komponen tersebut pada sistem kendaraan. Perhitungan kekuatan rangka merupakan hal yang sangat penting untuk memastikan rangka mampu menahan beban. Perhitungan kekuatan rangka dapat dilakukan secara manual (hand calculation) atau dengan menggunakan Finite Element Analysis (FEA).

Kajian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisa sepeda motor listrik dan kekuatan rangka menggunakan software solidworks 2018 dengan pembebanan 1700 N dan parameter distribusi tegangan ijin, displacement, dan safety factor dan masyarakat lebih sadar dan lebih memilih kendaraan yang lebih ramah lingkungan guna mengurangi kerusakan bumi yang diakibatkan dari polusi kendaraan berbahan bakar fosil.

LANDASAN TEORI

Teori Antropometri

Antropometri adalah ilmu yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia (Wignjosebroto, 1995). Data-data antropometri ada beberapa macam yaitu antropometri posisi berdiri, antropometri posisi duduk, antropometri kepala, antropometri kaki dan antropometri jari tangan, sesuai dengan produk yang dirancang. Data antropometri

yang diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal perancangan areal kerja, perancangan peralatan kerja seperti mesin, perkakas dan sebagainya, perancangan produk-produk konsumtif (pakaian, kursi/ meja komputer, dll) dan perancangan lingkungan kerja fisik.

Antropometri ini di gunakan untuk merancang tinggi tempat duduk pada sepeda motor listrik agar nyaman sat digunakan perhitungan antropometri di menggunakan perhitungan manual. Ada 3 filosofi dasar untuk desain yang digunakan para ahli ergonomi sebagai data antropometri untuk di aplikasikan (Niebel & Freivalds, 2002), yaitu:

1. Desain untuk ekstrim, yang berarti bahwa untuk desain tempat atau lingkungan kerja tertentu seharusnya menggunakan data antropometri individu ekstrim. Contoh : penetapan ukuran minimal dari lebar dan tinggi dari pintu darurat.
2. Desain untuk penyesuaian, desainer seharusnya merancang dimensi peralatan atau fasilitas tertentu yang bias disesuaikan dengan pengguna (users). Contoh : perancangan kursi mobil yang letaknya bias digeser maju atau mundur, dan sudut sandarannya pun bias diubah.
3. Desain untuk rata-rata, desainer dapat menggunakan nilai antropometri rata-rata dalam mendesain dimensi fasilitas tertentu. Contoh : desain fasilitas umum, seperti toilet umum, kursi tunggu, dan lain lain.

Teori Ergonomi

Ergonomi terbentuk dari 2 kata yaitu “ergon” (kerja) dan “nomos” (aturan/hukum) yang merupakan cabang ilmu yang menjelaskan hubungan interaksi antara manusia dengan lingkungan tempat kerjanya yang diaplikasikan dalam bentuk alat, perlengkapan, atau metode-metode kerja yang ditentukan agar manusia dapat melakukan pekerjaannya dengan nyaman, efektif, efisien, dan sehat. (Etchison, 2007).

Ergonomi adalah suatu kaidah tentang bagaimana melakukan kerja, termasuk menggunakan peralatan kerja untuk mencegah kecelakaan kerja dan mencegah ketidakefisienan kerja guna meningkatkan produktivitas kerja. Berdasarkan definisi di atas, maka prinsip dasar dalam ergonomi ialah menyesuaikan manusia dengan pekerjaannya. Namun, secara khusus akan mempelajari keterbatasan dan kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buaatannya. Sasaran penelitian ergonomi

ialah agar manusia pada saat bekerja dalam lingkungannya diupayakan ada kesesuaian antara ukuran tempat kerja dengan dimensi tubuh. Tujuannya adalah agar tidak melelahkan, pengaturan suhu, cahaya dan kelembaban bertujuan agar sesuai dengan kebutuhan tubuh manusia.

Beberapa definisi dari ergonomics menurut beberapa ahli yaitu:

1. Ergonomics merupakan disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dan kaitannya dengan pekerjaannya (Wignjossoebroto, 2003).
2. Ergonomics merupakan studi tentang aspek-aspek manusia dengan lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, engineering, manajemen, dan desain perancangan (Nurmianto, 2003).
3. Ergonomics merupakan ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan mereka.

a. Finite Element Analysis

Finite element method atau metode elemen hingga pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950. Semenjak saat itu metode elemen hingga sampai sekarang terus dikembangkan. Saat ini metode elemen hingga merupakan alat canggih yang dapat digunakan sebagai penyelesaian berbagai persoalan teknik dan dipakai secara luas juga diterima oleh bidang industri. Perkembangan metode elemen hingga antara lain dapat diaplikasikan dalam pembuatan industri kendaraan khususnya bus. Tahapan analisis dan evaluasi secara menyeluruh dapat dilakukan sebelum produksi kendaraan dilakukan secara aktual. Metode elemen hingga dapat digunakan untuk menganalisis kekuatan komponen-komponen bus secara menyeluruh, sifat ketahanan tumbukan termasuk juga tegangan yang timbul pada bodi mobil. Metode ini dilakukan dengan menganalisis suatu benda kerja yang dibagi dalam bagian-bagian kecil untuk dianalisis. Pembagian dimaksudkan agar dapat membuat rekaan dari keseluruhan bagian (Hutton, 2004: 1).

FEM adalah suatu metode analisis dengan cara membagi sistem yang dianalisis menjadi elemen-elemen yang lebih kecil dengan bentuk yang sederhana, elemen-elemen tersebut terdiri dari beberapa nodal (Yulinto dan Winarso, 2012: 4).

b. Prinsip superposisi

Sebuah obyek / struktur dikenai, katakanlah, tiga buah gaya P1, P2, dan P3. Pada lokasi dan arah yang sama dengan tiga gaya tsb, terjadilah displacement pada komponen sebesar q1, q2, dan q3. Menurut prinsip superposisi, displacement yang terjadi bisa ditulis sebagai :

$$q_1 = f_{11} P_1 + f_{12} P_2 + f_{13} P_3 \dots\dots\dots (1)$$

$$q_2 = f_{21} P_1 + f_{22} P_2 + f_{23} P_3 \dots\dots\dots (2)$$

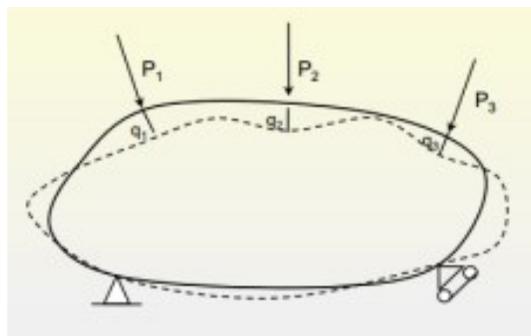
$$q_3 = f_{31} P_1 + f_{32} P_2 + f_{33} P_3 \dots\dots\dots (3)$$

yang secara ringkas dapat ditulis sebagai :

$$\{ q \} = [f] \cdot \{ P \} \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

$$\{ q \} = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{pmatrix} \quad [f] = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix} \quad \{ P \} = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{pmatrix}$$



Dengan f_{ij} adalah koefisien fleksibilitas yang mendefinisikan displacement di i karena satu unit beban yang bekerja di j , dan matrik $[f]$ disebut sebagai matrik fleksibilitas. Persamaan diatas dapat pula ditulis sebagai :

$$\{ P \} = [k] \cdot \{ q \} \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

$$[k] = [f]^{-1} \dots\dots\dots (6)$$

METODE

Metode yang digunakan pada perancangan sepeda motor listrik ini menentukan keergonomian snya menggunakan data antropometri dan bebanan statis menggunakan software solidworks untuk menghitung kekuatan rangka. Pada perhitungan kekuatan rangka ada saat pembebanan ada beberapa variasi beban pengendara. variabel bebas yaitu beban pengendara 1700 N sedangkan variabel tak bebasnya yaitu tegangan yang terjadi, displacement, dan safety factor.

Penelitian ini bermula dengan pengumpulan data yang di butuhkan untuk analisa sepeda motor listrik, data yang di dapat dari berbagai sumber yaitu penelitian, internet dan buku. Setelah itu menghitung data antropometri dari penelitian untuk menghitung keergonomiannya. Kemudian merancang dan di analisis menggunakan software, langkah selanjutnya menganalisa hasil rancangan jika tegangan yang terjadi lebih kecil di bandikan dengan tegangan ijin dan safety factor lebih dari 1,25 maka rancangan dianggap aman.

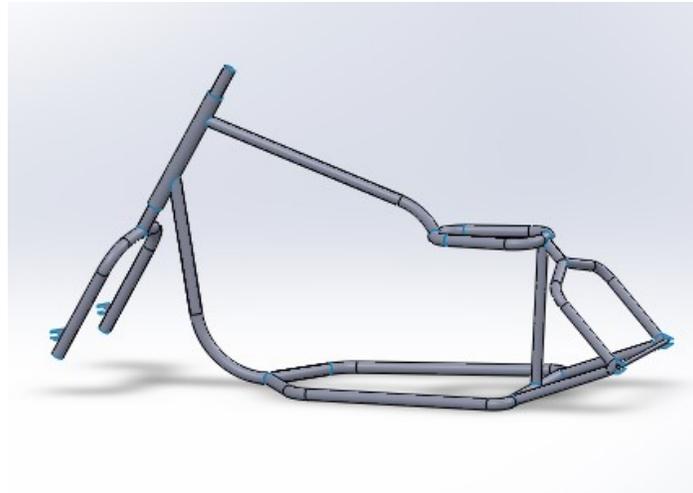
a. Spesifikasi Material

Spesifikasi material sebagai berikut :

Tabel 1. spesifikasi material alloy steel

Property	Value	Unit
Elastitas modulus	210000	N/mm ²
Shear modulus	79000	N/mm ²
Mass density	7700	kg/m ³
Tensile strength	723.8256	N/mm ²
Yield strength	620.422	N/mm ²
Thermal conductivity	50	W/(m·K)
Specific heat	460	J/(kg·K)

Proses pembuatan rangka sepeda motor listrik menggunakan sofware Solidworks 2018, Dengan spesifikasi materialnya yaitu Alloy steel.



Gambar 1. Rangka Sepeda Motor Listrik

b. Meshing

Meshing adalah proses dimana geometri secara keseluruhan di bagi-bagi dalam elemen kecil elemen-elemen kecil ini nantinya berperan sebagai control surface atau volume dalam proses perhitungan yang kemudian tiap-tiap elemen ini akan menjadi inputan untuk elemen di sebelahnya. Hal ini akan terjadi berulang-ulang hingga domain terpenuhi dalam meshing elemen yang akan dipilih dan disesuaikan dengan kebutuhan dan geometri.

Pada software solidworks, meshing ini dilakukan secara otomatis sehingga menentukan sendiri ukuran elemen-elemen hingga mendekati hasil nyata. Proses meshing adalah proses penghalusan jumlah elemen dan nodes pada bagian yang mengalami tegangan kritis pada bagian yang mengalami tegangan maksimum proses ini dilakukan setelah proses running selesai sehingga bisa di dapat hasil yang akan mendekati akurat, kemudian yang terakhir end simulation, memuat hasil simulasi berupa distribusi tegangan, displacement, dan safety factor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan simulasi pada rangka mesin sepeda motor listrik dengan beban 100 kg, dan 170 kg dengan diameter 3 cm dan tebal 2 mm dengan letak tumpuannya adalah bagian as depan dan as belakang, pembebanan terjadi pada bagian tempat duduk pengendara

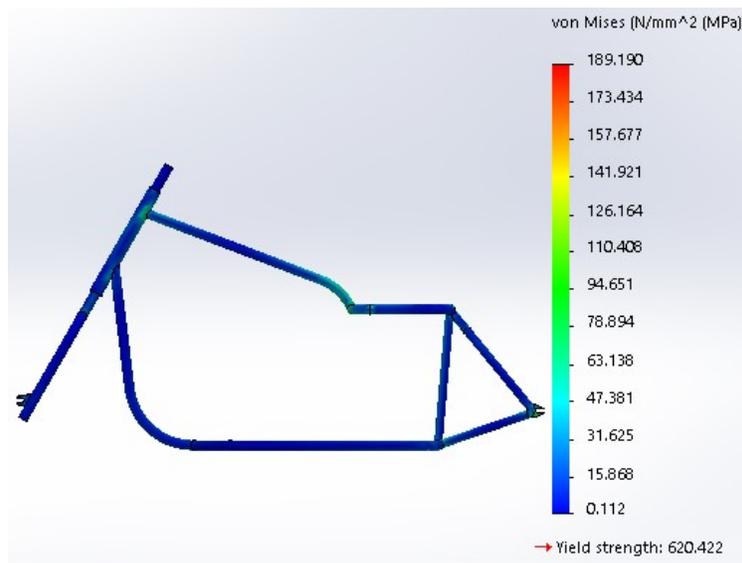
karena dalam kondidi statis dan pembebanan terbesar hasil dari analisis maka di dapatlah nialai dari *stress*, *strain*, *displacement*, dan *safety factor*.

Von misses stress

Hasil tegangan maksimum yang di dihasilkan pada rangka dengan pembebanan 1700 N yaitu sebesar 189,190 MPa dimana tegangannya lebih kecil dari tegangan ijin materialnya, sementara untuk tegangan terkecilnya yaitu 0,112 MPa. Pembebanan terbesar terjadi pada bagian rear dropout dan fork front daerah yang di jadikan konstrain yaitu pada as roda yang dimana pada bagian ini sebagai penopang seluruh rangka motor listrik hasilnya dapat di lihat pada gambar 2.

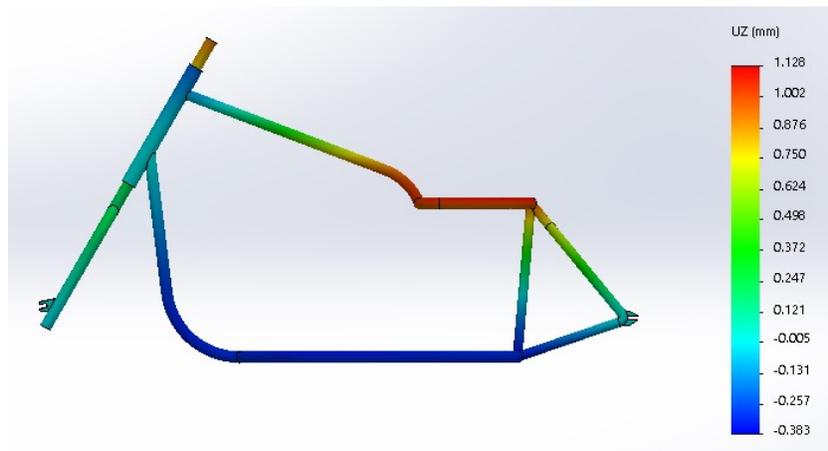
Displacement

Hasil utama dari struktur statis menggunakan metode elemen adalah *deformation* atau disebut juga *displacement*. Dari hasil simulasi yang terjadi pada rangka motor listrik ini sebesar 1.128 mm sementara untuk hasil terkecil yaitu 0 mm. bagian yang mendapatkan hasil *displacement* terbesar yaitu pada bagian top tube yang berada dekat tempat duduk pengendara sementara *displacement* terkecil yaitu pada bagian *fixture* bagian penyangga bagian motor listrik yaitu as depan dan belakang ban.



Gambar 2. *Von misses stress* pada beban 1700 N

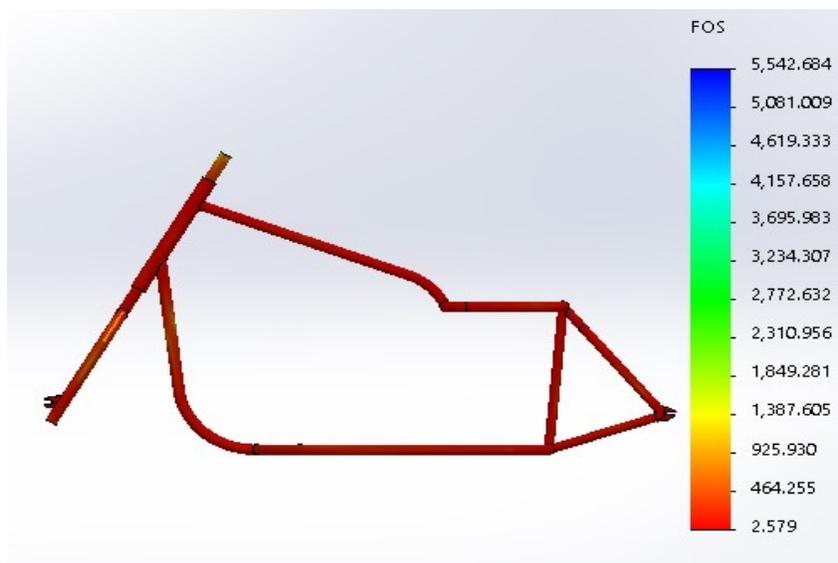
Total *deformation* dapat di jabarkan ke arah sumbu X, Y, dan Z. Komponen perpindahan ini disebut *directional deformation*. Total *deformation* yang terbesar berada dalam sumbu Y atau sumbu yang searah dengan gravitasi, deformasi yang terjadi pada sepeda motor listrik tersebut aman karena tidak terlalu besar. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil simulasi *displacement*

Safety factor

Safety factor penting dalam sebuah konstruksi karena merupakan parameter yang menentukan apakah aman atau tidaknya sebuah konstruksi. Konstruksi dikatakan aman apabila nilai dari *safety factor* konstruksi tersebut $> 1,25$, Nilai keamanan konstruksi tersebut dalam keadaan pembebanan *statis* atau pembebanan tidak bergerak. Untuk hasil simulasi pada konstruksi rangka sepeda motor listrik yaitu 2,579. Dari hasil simulasi tersebut dikatakan aman karena nilai *safety factor* sepeda motor listrik ini lebih besar dari nilai minimum *safety factor*. Hasil simulasi *safety factor* dapat di lihat sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil simulasi *safety factor*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi analisis kekuatan frame sepeda motor listrik yang telah dilakukan dengan *software solidwork 2018* dapat di kesimpulan bahwa frame sepeda motor listrik aman untuk beban pengendara 1700 N atau 170 kg karena rancangan konstruksi sepeda motor listrik tegangan maksimum yang terjaid pada setiap komponen sepeda motor listrik berada di bawah tegangan ijin material.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Mukhlis, O. J. (2017). Kajian Teknologi Pada Sepeda Motor Bertenaga Listrik. *Jurnal Inosains Volume 12 Nomor 2*, 41.
- Amalia, M. (2018). Perancangan Sepeda Motor Listrik Menggunakan Metode Kansei Engineering .
- Arman. (2020). Perancangan Sepeda Listrik Menggunakan Motor Bldc Dengan Penggerak Depan Untuk Area Perumahan. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 90-96.
- Awaluddin, M. (2019). Analisa Kekuatan Rangka Sepeda Listrik Menggunakan Software SolidWorks . *Journal of Technical Engineering: Piston Vol. 3, No. 1*, 5-16.

- Fauzi, A. (2020). Analisa Konsumsi Daya Motor Listrik Pada Sepeda Motor Hybrid Dengan Variasi Laju Kecepatan Berbasis Microcontroller.
- Imran, A. I. (2018). Perancangan, Analisa Dan Simulasi Rangka Sepeda Listrik Untuk Masyarakat Perkotaan. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 9, No. 2*, 53-58.
- Kuswardana, a. (2016). Tugas Akhir Analisis Sistem Motor Penggerak Pada Mobil Listrik Dengan Kapasitas Satu Penumpang.
- Pattiapon, D. R. (2019). Penggunaan Motor Sinkron Tiga Phasa Tipe Salient Pole Sebagai . *JURNAL SIMETRIK VOL.9, NO.2, DESEMBER 2019*, 207.
- Putra, H. (2019). Perancangan Sepeda Listrik Dengan Menggunakan Motor DC Seri. *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali) Volume 04 No 02, Tahun 2019*, <http://ojs.uho.ac.id/index.php/jfe/>
- Satria, D. (2017). ANALISA PERHITUNGAN ENERGI LISTRIK PADA SEPEDA. *Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK Jurnal) Volume 11 No. 1*, 19.
- Siahaan, R. (Juni 2012). Analisis Ergonomi Terhadap Sepeda Anak-Anak Berdasarkan Data Antropometri Menggunakan Metode Postureevaluation Index (Pei) Virtual Environment.
- Suwandi, A. (2017). Perancangan Sepeda Statis Penghasil Energi Listrik. *Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. III, No. 2*, , hal. 24 – 31,
- Ahmad Mukhlis, O. J. (2017). Kajian Teknologi Pada Sepeda Motor Bertenaga Listrik. *Jurnal Inosains Volume 12 Nomor 2*, , 41-49
- Satria, D. (2017). Analisa Perhitungan Energi Listrik Pada Sepeda. *Jurnal Mesin Tekno Soebroto, S.W., 2000, Prinsip-Prinsip Perancangan Berbasis Dimensi Tubuh Soebroto, S.W., 2000 (Antropometri) Dan Perancangan Stasiun Kerja, Lokakarya IV "Methods Engineering: Adaptasi ISO/TC159 (Ergonomics) dalam Standar nasional Indonesia (SNI), Laboratorium Perancangan Sistem Kerja & Ergonomi ITB, Bandung. gi (SINTEK Jurnal) Volume 11 No.1*, 19-26.
- Faj'ri, M. H. (2018). Desain sepeda listrik dengan style motor boardtrack sebagai sarana mobilitas perkotaan yang cepat dan efisien .
- FAUZI, A. (2020). Analisa Konsumsi Daya Motor Listrik Pada Sepeda Motor Hybrid Dengan Variasi Laju Kecepatan Berbasis Microcontroller.

- Maercielo, D. (2015). Perancangan Dan Analisis Kekuatan Kontruksi Dan Powertrain Paa Prototype Hand-Crank Cycle (Sepeda Engkol Tangan). *JURNAL KAJIAN TEKNOLOGI VOL. 11 NO. 1*, 69-79.
- Setyon, B. (2016). Perrancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hybrid Trisona Menggunakan Software Autedesk Inventor . *Jurnal IPTEK VOL.20 No. 2*, 37-46.