

ANALISIS KEKUATAN PURWARUPA *SWING ARM* UNTUK SEPEDA MOTOR LISTRIK: STUDI KASUS PADA PT “SC”

Karel Octavianus Bachri¹, Arka Dwinanda Soewono², Alfi Nabil²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

E-mail: arka.soewono@atmajava.ac.id

ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir, industri otomotif sedang mengalami transisi yang signifikan dari kendaraan yang ditenagai oleh motor pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar fosil ke kendaraan listrik. PT “SC” merupakan salah satu perusahaan terkemuka yang bergerak di bidang konversi maupun pengembangan kendaraan listrik di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kekuatan purwarupa lengan ayun (*swing arm*) yang dikembangkan oleh PT “SC”. Simulasi dengan dilakukan dengan perangkat lunak *SolidWorks* untuk mengetahui dampak pembebanan statik terhadap tegangan *von Mises* dan regangan yang dialami oleh *swing arm* yang terbuat dari material SS 400. Total pembebanan yang diberikan adalah 1610N berdasarkan total bobot dinamo listrik dan bobot penumpang pada sepeda motor listrik. Hasil dari analisis tegangan menunjukkan bahwa nilai tegangan *von Mises* maksimum dan minimum masing-masing adalah $5,38 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ dan $1,99 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$. Tegangan tersebut menghasilkan nilai maksimal *displacement* sebesar $4,54 \times 10^{-3} \text{ mm}$. Hasil perhitungan dari *Solidworks* menemukan bahwa faktor keamanan untuk purwarupa lengan ayun adalah 43 dan dapat dikategorikan aman untuk digunakan.

Kata kunci : Analisis Tegangan, Faktor Keamanan, Lengan Ayun, Simulasi

ABSTRACT

In recent years, the automotive industry has been experiencing a significant transition from internal combustion engines that use fossil fuels to electric vehicles. PT “SC” is one of the leading companies engaged in converting and developing electric vehicles in Indonesia. This research aims to conduct a strength analysis of the swing arm prototype developed by PT “SC”. Simulations were performed using SolidWorks software to determine the impact of static loading on the von Mises stress and strain experienced by the swing arm made from SS 400 material. The total load on the swing arm was 1610N based on the electric dynamo's weight and the possible passengers' weight on the electric motorbike. The stress analysis results show that the maximum and minimum Mises stresses are $5.38 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ and $1.99 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$, respectively. This stress produces a maximum displacement value of $4.54 \times 10^{-3} \text{ mm}$. Calculation results from Solidworks found that the safety factor for the swing arm prototype was 43, meaning the design is safe to use.

Keywords : Stress Analysis, Safety Factor, Swing Arm, Simulation

1. PENDAHULUAN

Demi menekan polusi udara dan dan menjamin masa depan berkelanjutan, industri otomotif di Indonesia didorong untuk melakukan transisi dari kendaraan berbahan bakar fosil menuju kendaraan listrik [1]. Sebagai salah satu perusahaan startup kendaraan listrik (*Electric Vehicles*) pertama di Indonesia yang berbasis kemampuan rancangan bangun kendaraan listrik, PT “SC” memiliki kemampuan untuk

melakukan konversi dari kendaraan berbahan bakar fosil menjadi kendaraan listrik maupun melakukan pengembangan sepeda motor listrik. Sebagai bagian dari tahapan perancangan, PT “SC” juga merancang purwarupa lengan ayun atau *swing arm* untuk sepeda motor listrik. Untuk memastikan bahwa rancangan dari purwarupa *swing arm* memiliki kekuatan dalam menahan beban sehingga aman pada

saat digunakan, maka perlu dilakukan analisis kekuatan.

Dalam penelitian ini, purwarupa *swing arm* dimodelkan menggunakan *SolidWorks* yang merupakan perangkat lunak yang umum dipakai dalam melakukan perancangan produk pada fase desain atau *Computer Aided Design (CAD)*. *SolidWorks* menyediakan berbagai fitur dan alat yang memungkinkan penggunanya untuk membuat model 3D, menghasilkan gambar teknik yang akurat dan melakukan simulasi kekuatan secara statis [2]. Purwarupa *swing arm* dirancang dengan mengadopsi sistem suspensi *twin shock* yang menggunakan dua *shock breaker* yang dipasang pada kedua tangkai *swing arm* dan mengapit roda belakang [3]. Sistem suspensi ini pada umumnya digunakan pada rancangan sepeda motor kategori L3e.

Material untuk purwarupa *swing arm* akan menggunakan material SS400 yang merupakan jenis baja struktural karbon rendah dengan standar JIS G3101. Keistimewaan baja ini terletak pada kemampuannya yang baik dalam pembentukan dengan mesin dan kemampuan pengelasan yang handal. Dengan batas kekuatan tarik minimum 400MPa, baja SS400 digunakan secara luas dalam konstruksi bangunan dan kendaraan [4].

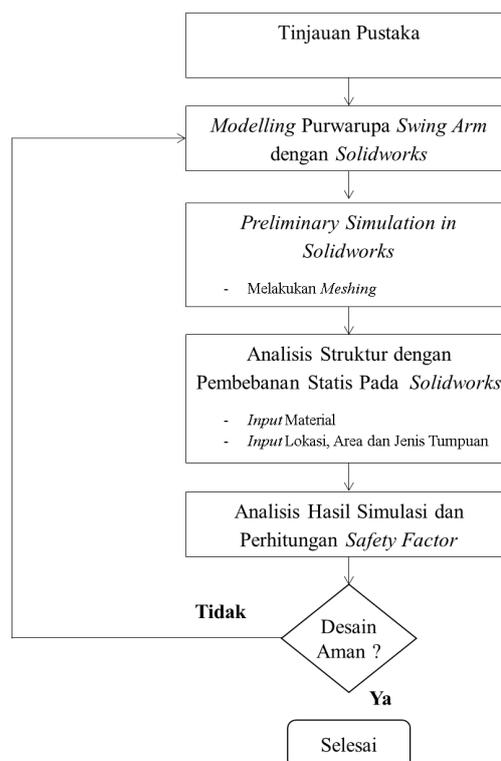
Tegangan merupakan konsep penting dalam analisis struktur yang dapat diartikan sebagai gaya yang bekerja persatuan luas pada suatu benda. Dengan menganalisis tegangan yang terjadi pada suatu benda, kita dapat memastikan bahwa benda tersebut memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban yang diberikan dan menghindari kegagalan struktural pada kondisi lapangan [5]. Salah satu metode perhitungan tegangan yang digunakan untuk memudahkan analisis struktural adalah *von Mises* yang memungkinkan untuk mengevaluasi tegangan efektif untuk struktur 3 dimensi. Tegangan *von Mises* merupakan representasi tegangan ekuivalen dalam 3 dimensi yang memperhitungkan tegangan normal dan tegangan geser konsep ini dapat memprediksi titik- titik yang rentan

mengalami deformasi [6]. Pergeseran atau perubahan posisi dalam sebuah struktur ketika diberikan beban dapat disebut *displacement* [7]. Parameter lain yang sering digunakan dalam menganalisis kekuatan struktur adalah *safety factor* yang mengukur rasio antara tegangan maksimal yang terjadi ketika benda kerja diberi beban dengan tegangan luluh (*yield strength*) material yang bersangkutan. Parameter ini memiliki peran penting sebagai indikator dalam menentukan tingkat keamanan suatu komponen [8].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak pembebanan statik yang diberikan oleh berat dinamo listrik dan pengendara pada *swing arm* sepeda motor listrik terhadap tegangan *von Mises*, maksimum *displacement* yang terjadi, dan melakukan perhitungan *safety factor* dengan menggunakan simulasi pada *SolidWorks*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alur penelitian dilakukan sesuai dengan tahapan yang ada pada Gambar 1.

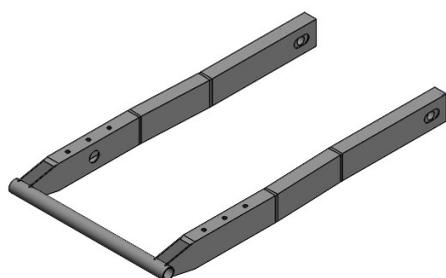


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Dalam studi kasus ini, dilakukan analisis berdasarkan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh PT

"SC" terutama dari segi kekuatan struktur *swing arm* sebagai penghubung roda belakang dan *chassis* sepeda motor listrik. *Swing arm* ini dirancang menggunakan sistem suspensi *twinshock* yaitu memanfaatkan dua shock breaker yang diletakkan simetris dan mengapit roda belakang, dan menjadi tumpuan jok sepeda motor listrik. *Chassis* yang digunakan berjenis *ladder frame* dengan jarak antara 2 batang *chassis* sebesar 260 mm.

Desain purwarupa *swing arm* dilakukan dengan mempertimbangkan faktor kesederhanaan, biaya, dan kekuatan yang diperlukan. Untuk itu *swing arm* tersebut dirancang dengan menggunakan material baja SS 400 dengan profil *square* dan dimensi 20 x 40 dengan ketebalan 1.2 mm, *hollow pipe* (pipa berongga) dengan diameter 19.1 mm dengan ketebalan 1.2 mm dan baja pejal dengan dimensi 40 mm x 37 mm x 17 mm. Gamabr isometrik rancangan *swing arm* dapat dilihat pada Gambar 2



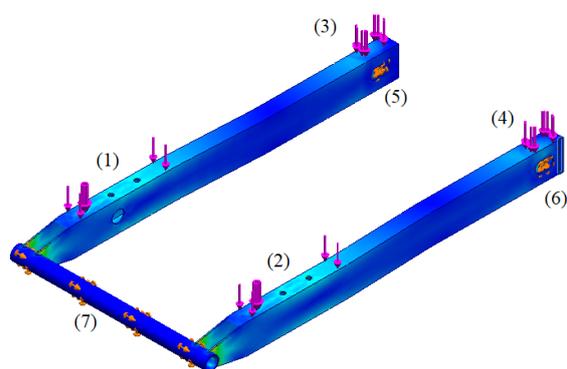
Gambar 2. Model 3D *swing arm*

Simulasi pembebanan statik dilakukan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* 2022. Tahapan pertama yang dilakukan pada simulasi adalah melakukan *input* material dengan memilih fitur *Apply Material*. Spesifikasi SS400 yang digunakan pada analisis *SolidWorks* berdasarkan standar JIS G 3101 dan terangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Material SS400

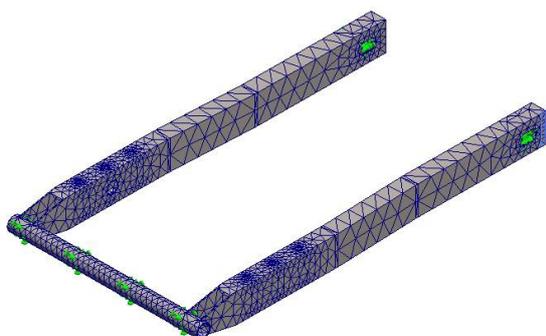
Property	Value	Unit
Elastic Modulus	2×10^{11}	N/m ²
Poisson's Ratio	0,29	-
Shear Modulus	$8,2 \times 10^{10}$	N/m ²
Mass Density	7900	kg/m ³
Tensile Strength	4×10^8	N/m ²
Yield Strength	$2,05 \times 10^8$	N/m ²

Berdasarkan kondisi yang relevan dengan penggunaan dari *swing arm* di sepeda motor, area tumpuan yang dipertimbangkan adalah area *bracket* yang akan menopang dinamo listrik dan memberikan beban sebesar 11 kg dan area dudukan *shock breaker* yang akan menahan beban jok sepeda motor beserta penumpangnya. Dalam perangkat lunak *SolidWorks*, fitur *fixtures advisor* dan *fixed geometry* digunakan untuk menentukan area tumpuan. Dapat dilihat pada Gambar 3, pemberian beban pada area 1 dan 2 adalah beban dinamo listrik seberat 11 kg atau 110 N dan pemberian beban pada area 3 dan 4 adalah beban penumpang dan jok dengan asumsi berat total adalah 150 kg atau 1500 N. Area 5,6, dan 7 siatur sebagai area penumpuan jenis *fixed geometry* yang merupakan dudukan sumbu *swing arm* dan sumbu roda belakang.



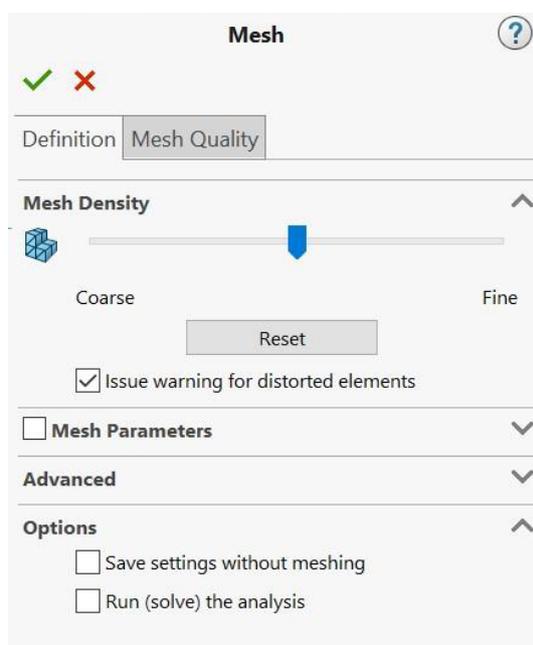
Gambar 3. Area pembebanan

Tahap selanjutnya dalam simulasi *SolidWorks* adalah proses *meshing*. Tipe *meshing* yang diaplikasikan pada purwarupa *swing arm* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mesh pada swing arm

Spesifikasi *mesh density* yang digunakan pada simulasi ini adalah ukuran standard yang dapat dilihat pada Gambar 5. Setelah proses *meshing* selesai, simulasi numerik dapat dilakukan untuk menganalisis tegangan *von Mises* dan *displacement* yang dialami oleh *swing arm* dikarenakan beban yang diberikan. Parameter *safety factor* kemudian juga dihitung untuk memastikan tingkat keamanan dari purwarupa *swing arm* tersebut.



Gambar 5. Mesh density

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

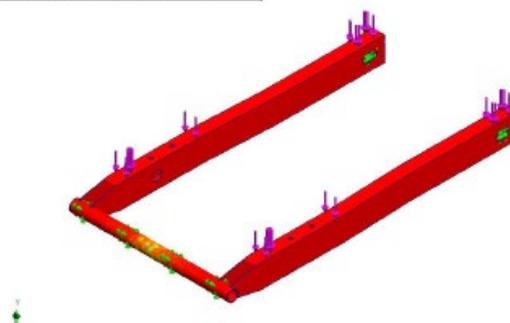
Hasil analisis kekuatan struktur dengan *SolidWorks 2022* untuk pembebanan statis menunjukkan bahwa tegangan maksimum *von Mises* yang dialami oleh purwarupa *swing arm* untuk sepeda motor listrik yang diproduksi oleh PT "SC" adalah $5,38 \times 10^6$ N/m², sedangkan tegangan

minimum yang terjadi adalah $1,99 \times 10^{-1}$ N/m². Tegangan maksimum ditemukan di titik 3 dan 4 yang menopang beban tertinggi dari berat penumpang dan jok. Mempertimbangkan bahwa material SS400 yang digunakan untuk *swing arm* memiliki *yield strength* sebesar $2,05 \times 10^8$ N/m², tegangan *von Mises* yang terjadi pada *swing arm* masih jauh berada di bawah batas tegangan yang diizinkan sehingga dapat disimpulkan bahwa pembebanan yang diberikan tidak mungkin untuk menghasilkan deformasi plastic di komponen *swing arm* untuk sepeda motor listrik yang telah dirancang.

Tegangan *von Mises* menyebabkan terjadinya *displacement* pada rangka dari *swing arm*. Berdasarkan hasil simulasi *SolidWorks*, *displacement* maksimal terjadi di area 3 dan 4 dengan nilai sebesar $4,54 \times 10^{-3}$ mm. Sementara itu, *displacement* minimum sebesar $1,00 \times 10^{-30}$ mm terjadi di beberapa lokasi terutama di bagian depan dari *swing arm*. Berdasarkan dari nilai yang dilaporkan, *displacement* yang terjadi pada komponen *swing arm* tidak signifikan.

Dari hasil simulasi statis *SolidWorks* juga dilakukan perhitungan didapat minimum *Factor of Safety* (min. FOS) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil perhitungan *safety factor* untuk *swing arm* dengan pembebanan statis adalah 43. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan material dari *swing arm* jauh melebihi tegangan yang dihasilkan oleh pembebanan yang diberikan, sehingga komponen tersebut memiliki tingkat keamanan yang tinggi dari kegagalan struktural.

Factor of safety distribution: Min FOS = 43



Gambar 6. Simulasi *safety factor*

SIMPULAN

Swing arm pada sepeda motor listrik berperan sebagai penghubung antara rangka motor dengan roda belakang, yang menjadikan tingkat keamanannya sebagai pertimbangan penting dalam desain. Untuk memastikan keamanan tersebut, analisis kekuatan struktur dengan menggunakan *SolidWorks 2022* telah dilakukan dengan fokus utama pada *von Mises stress*, *displacement*, dan nilai *safety factor*. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum *von Mises* yang dialami oleh *swing arm* sebesar $1,99 \times 10^{-1}$ N/m² hingga $5,38 \times 10^6$ N/m² yang disebabkan oleh pembebanan statis sebesar 1610 N. selain itu minimum *safety factor* yang didapat adalah 43. Dengan demikian, hasil simulasi *solidworks 2022* menunjukkan purwarupa *swing arm* in aman untuk digunakan. Namun, dalam keterbatasan parameter yang digunakan, disarankan untuk melakukan pengujian fisik sebagai validasi..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F.A. Padhilah, I.R.F Surya, and P. Aji., "Indonesia Electric Vehicle Outlook 2023. Electrifying Transport Sector: Tracking Indonesia EV Industries and Ecosystem Readiness," 2023. <https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2023/02/Indonesia-Electric-Vehicle-Outlook-2023.pdf> (accessed Sep. 24, 2023)
- [2] S. U. Maulana, Y. Handoyo, and S. Supratno, "Pelatihan Solidworks Untuk Mendesain Benda Kerja Di Desa Warnasari ," *An Nizam : Jurnal Bakti Bagi Bangsa*, vol. 1, no. 2, pp. 120–126, Aug. 2022, doi: 10.33558/an-nizam.v1i2.3620.
- [3] A. Kholil, "Analisis Dinamika Struktur Swing Arm Sepeda Motor Jenis Suspensi Monoshock Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, Oct. 2013, doi: 10.21009/JKEM.1.1.1.
- [4] M. Y. Pratama, U. Budiarto, S. Jokosisworo, and J. Soedarto, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan FCAW (Flux- Cored Arc Welding) dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan," vol. 7, no. 4, 2019.
- [5] S. Mubarak, "Pengaruh Variasi Material Dan Beban Terhadap Tegangan Dan Faktor Keamanan Pada Desain Pencakar Inner Puller Bearing Berbasis Simulasi Menggunakan Solidworks." Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, 2019.
- [6] D. Ibrahim and R. Hanifi, "Simulation Analysis of Ergonomic Design of Electric Motorbike Frames For Residential Communities," *Traksi*, vol. 22, no. 2, 2022.
- [7] R. Setiawan, D. Sugiyanto, and A. Dariyus, "Analisis Simulasi Kekuatan Dan Pembuatan Rangka Kendaraan Sepeda Motor Listrik," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 8, no. 1, pp. 58–66, Jan. 2023, doi: 10.21009/JKEM.8.1.7.
- [8] M. A. Ficki, K. Kardiman, and N. Fauji, "Simulasi Beban Rangka Pada Mesin Penggiling Sekam Padi Menggunakan Perangkat Lunak," *Rotor*, vol. 15, no. 2, p. 44, Nov. 2022, doi: 10.19184/rotor.v15i2.32447.