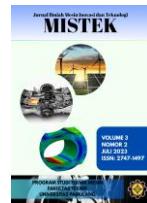




# JURNAL TEKNIK MESIN

# MISTEK

## MESIN INOVASI DAN TEKNOLOGI



### PERANCANGAN RANGKA MEJA SIMULATOR PADA KONVERSI MOTOR BENSIN MENJADI MOTOR LISTRIK

Djaffar Irvanny Nur Ranto<sup>1</sup>, Nur Rohmat<sup>2</sup>, Abdul Choliq<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : vanirvan027@gmail.com<sup>1</sup>

Masuk : 30 Mei 2023

Direvisi : 15 Juni 2023

Disetujui : 28 Juli 2023

**Abstrak:** Penggunaan motor listrik diperkirakan akan meningkat di masa depan dan menjadi opsi utama dalam transportasi. Oleh karena itu, diperlukan simulasi untuk mendukung pengembangan motor listrik. Dalam pembuatan simulator, diperlukan meja yang memiliki kekuatan cukup untuk menahan motor listrik. Dalam perancangan meja simulasi, pemilihan material dasar harus mempertimbangkan kekuatan terhadap beban serta kemampuan meredam getaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan rangka meja dan sambungan las terhadap beban yang dihasilkan oleh motor hasil konversi. Material rangka meja yang digunakan adalah besi siku SS400 dengan ketebalan 3 mm, lebar  $40 \times 40$  mm, dan massa komponen motor konversi sebesar 19,42 kg. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh gaya statis yang bekerja pada rangka sebesar 190,316 N, tegangan sebesar  $0,27188 \text{ N/mm}^2$ , regangan sebesar  $1,3594 \text{ mm}^2$ , tegangan izin bahan las fillet sebesar  $2,243 \text{ N/mm}^2$ , modulus elastisitas  $0,2 \text{ mm}^2$ , dan faktor keamanan sebesar  $1,471 \text{ N/mm}^2$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa konstruksi rangka meja dinyatakan aman karena nilai tegangan yang terjadi masih berada di bawah batas tegangan statis yang diizinkan ( $1,25\text{--}2,0 \text{ N/mm}^2$ ).

Kata Kunci: Perancangan, Rangka Meja, Simulator, Motor Listrik, Analisis Tegangan.

**Abstract:** The use of electric motors is expected to increase in the future and become the main option for transportation. Therefore, simulation is required to support the development of electric motors. In designing the simulator, a table frame with sufficient strength is needed to support the motor. The selection of base materials in the simulator table design must consider load-bearing capacity and vibration resistance. This study aims to analyze the strength of the table frame and welded joints under the load generated by the converted motor. The table frame material used is SS400 angle iron with a thickness of 3 mm, a width of  $40 \times 40$  mm, and a motor component mass of 19.42 kg. Based on the calculation results, the static force acting on the frame is 190.316 N, the stress is  $0.27188 \text{ N/mm}^2$ , the strain is  $1.3594 \text{ mm}^2$ , the allowable fillet weld stress is  $2.243 \text{ N/mm}^2$ , the modulus of elasticity is  $0.2 \text{ mm}^2$ , and the safety factor is  $1.471 \text{ N/mm}^2$ . These results indicate that the table frame construction is considered safe because the resulting stress value is below the allowable static stress limit ( $1.25\text{--}2.0 \text{ N/mm}^2$ ).

Keywords: Design, Table Frame, Simulator, Electric Motor, Stress Analysis.

### PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia terhadap energi listrik terus meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi dan pertumbuhan populasi. Peningkatan konsumsi energi ini mendorong pemerintah dan para peneliti untuk mengembangkan teknologi pembangkit listrik yang lebih ramah lingkungan serta bersumber dari energi terbarukan [1]. Upaya transisi menuju energi bersih juga berdampak pada sektor transportasi, salah satunya melalui pengembangan kendaraan listrik yang dianggap sebagai solusi masa depan dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil [2].

Sepeda motor merupakan salah satu moda transportasi utama yang digunakan masyarakat karena memiliki keunggulan dalam hal efisiensi waktu dan kemudahan mobilitas, terutama di wilayah perkotaan yang padat lalu lintas [3]. Kendaraan ini banyak digunakan untuk berbagai keperluan seperti bekerja, berjualan, maupun aktivitas sehari-hari. Namun demikian, ketergantungan sepeda motor terhadap bahan bakar bensin menimbulkan masalah baru karena pasokan minyak bumi yang semakin menipis serta harga bahan bakar yang terus meningkat. Oleh karena itu, motor listrik mulai diperkenalkan sebagai alternatif yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan dibandingkan motor berbahan bakar bensin [4]. Selain bebas emisi dan biaya operasional yang lebih rendah, motor listrik juga memiliki efisiensi tinggi karena minim

gesekan akibat absennya komponen sikat pada sistem penggeraknya [5]. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa keterbatasan seperti kecepatan yang lebih rendah dan keterbatasan infrastruktur pengisian daya, terutama di daerah pedesaan.

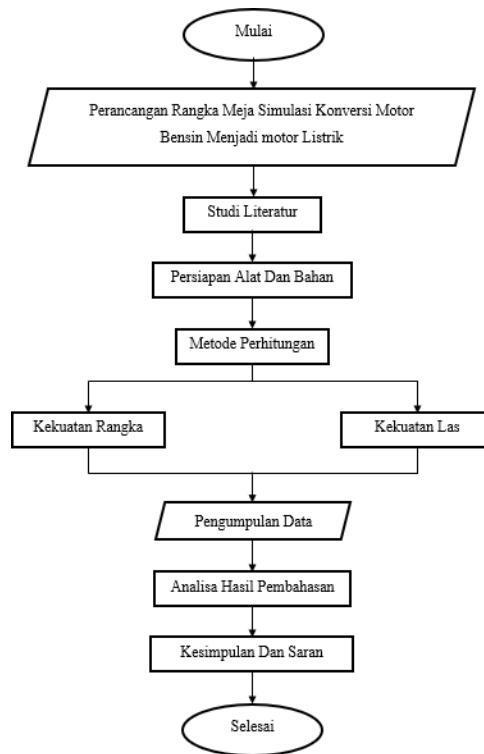
Motor listrik bekerja dengan sistem penggerak yang mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik. Berdasarkan hasil analisis, sistem penggerak motor listrik dengan kapasitas untuk satu penumpang mampu mencapai kecepatan hingga 37,24 km/jam tanpa mempertimbangkan faktor hambatan eksternal [6]. Melihat potensi dan arah perkembangan tersebut, perlu dilakukan simulasi pembelajaran mengenai motor listrik agar siswa dan mahasiswa, khususnya di bidang teknik mesin, dapat memahami prinsip kerja dan komponen utama dari motor listrik. Selain itu, simulator motor listrik juga dapat menjadi sarana edukasi bagi masyarakat luas mengingat popularitas motor listrik di Indonesia masih tertinggal dibandingkan motor berbahan bakar bensin [7].

Dalam proses pembuatan simulator motor listrik, dibutuhkan meja atau rangka yang berfungsi sebagai penopang utama motor. Pemilihan material untuk rangka harus mempertimbangkan kemampuan menahan beban serta meredam getaran yang dihasilkan oleh motor. Bahan yang umum digunakan adalah besi siku berukuran 4×4 cm, yang telah melalui proses galvanisasi untuk mencegah korosi. Penyambungan antarbagian rangka dilakukan dengan proses pengelasan menggunakan sumber panas listrik, di mana elektroda akan mencair dan menyatu dengan logam dasar sehingga terbentuk sambungan yang kuat dan stabil. Oleh karena itu, analisis terhadap kekuatan dan keamanan rangka meja simulator menjadi penting untuk menjamin kestabilan sistem saat motor listrik dioperasikan.

## METODOLOGI

### Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kekuatan rangka meja simulator pada konversi motor bensin menjadi motor listrik. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, yang memuat langkah-langkah mulai dari studi literatur hingga penarikan kesimpulan dan saran.



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

### Studi Literatur

Tahap awal penelitian dilakukan melalui studi literatur dengan mengumpulkan referensi dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perancangan rangka, kekuatan bahan, serta proses pengelasan. Studi literatur ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori yang digunakan dalam perhitungan tegangan, regangan, dan faktor keamanan pada rangka meja simulator.

### Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini dilakukan pemilihan material dan alat yang akan digunakan dalam proses perancangan. Material utama rangka meja adalah besi siku SS400 dengan ukuran  $40 \times 40$  mm dan ketebalan 3 mm. Bahan ini dipilih karena memiliki kekuatan tarik yang baik dan tahan terhadap deformasi. Proses penyambungan antar komponen rangka menggunakan pengelasan listrik dengan elektroda jenis E6013 yang umum digunakan pada baja karbon rendah. Selain itu, alat bantu seperti penggaris baja, gergaji potong, dan mesin las digunakan dalam proses perakitan rangka.

### Metode Perhitungan

Metode perhitungan difokuskan pada analisis kekuatan rangka dan kekuatan sambungan las terhadap beban statis yang diterima dari motor konversi. Analisis dilakukan dengan pendekatan mekanika bahan, meliputi:

1. Perhitungan gaya statis ( $F$ ) yang bekerja pada rangka berdasarkan massa motor konversi sebesar 19,42 kg.
2. Perhitungan tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) pada rangka menggunakan rumus dasar hubungan tegangan-regangan.
3. Penentuan faktor keamanan (*Safety Factor*) berdasarkan perbandingan antara tegangan izin material dan tegangan aktual hasil perhitungan.
4. Analisis kekuatan las dilakukan untuk mengetahui ketahanan sambungan terhadap beban geser, dengan membandingkan hasil perhitungan terhadap tegangan izin bahan las.

### Analisis Kekuatan Rangka dan Kekuatan Las

Analisis dilakukan secara terpisah untuk dua aspek utama, yaitu kekuatan rangka dan kekuatan las. Pada analisis kekuatan rangka, dilakukan evaluasi terhadap deformasi dan distribusi tegangan yang terjadi akibat pembebangan. Pada analisis kekuatan las, dihitung tegangan geser maksimum yang terjadi pada sambungan dan dibandingkan dengan tegangan izin bahan las untuk memastikan keamanan struktur.

### Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam perancangan dan analisis kekuatan rangka meja simulator motor listrik. Data diperoleh melalui hasil pengukuran langsung pada komponen simulator serta spesifikasi material yang digunakan. Tujuan utama pengumpulan data ini adalah untuk memastikan bahwa dimensi dan karakteristik rangka meja yang dirancang telah memenuhi persyaratan kekuatan dan ketahanan terhadap beban motor konversi.

### Analisis Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pembahasan terhadap hasil perhitungan dan simulasi yang telah diperoleh. Analisis difokuskan pada kesesuaian nilai tegangan, regangan, serta faktor keamanan terhadap batas tegangan izin material. Selain itu, dilakukan pembahasan terhadap efisiensi desain rangka dan efektivitas sambungan las dalam menahan beban motor listrik.

### Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir penelitian berisi kesimpulan dari hasil analisis kekuatan rangka dan kekuatan las, serta memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, seperti optimasi desain rangka, penggunaan material alternatif, atau metode pengelasan yang lebih efisien.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### Hasil Pengumpulan Data

Data spesifikasi rangka meja simulator yang menjadi dasar perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Data Spesifikasi Rangka Meja Simulator**

No	Parameter	Hasil Pengukuran
1	Bobot komponen	19,42 kg
2	Panjang	1000 mm
3	Lebar	700 mm
4	Tinggi	700 mm
5	Ketebalan material	3 mm

Berdasarkan data tersebut, material utama yang digunakan pada rangka meja adalah besi siku SS400 dengan ketebalan 3 mm dan dimensi penampang  $40 \times 40$  mm. Nilai bobot komponen sebesar 19,42 kg digunakan sebagai acuan

dalam menghitung gaya statis yang bekerja pada rangka, yaitu sebesar 190,316 N. Hasil pengukuran dimensi (panjang, lebar, dan tinggi) menjadi parameter penting dalam analisis kekuatan struktur, khususnya dalam menentukan distribusi tegangan dan deformasi pada simulasi SolidWorks.

Selain itu, data ini juga berfungsi untuk memverifikasi kesesuaian antara rancangan teoritis dan hasil analisis numerik, sehingga dapat dipastikan bahwa desain rangka meja simulator memiliki tingkat keamanan yang memadai terhadap beban operasional.

### **Hasil Perhitungan Kekuatan Rangka Meja Simulator**

Analisis kekuatan dilakukan untuk mengetahui kemampuan rangka meja simulator dalam menahan beban statis dari motor konversi. Perhitungan difokuskan pada parameter utama, yaitu gaya statis, tegangan, dan regangan yang terjadi pada material besi siku SS400 dengan ketebalan 3 mm. Nilai-nilai tersebut diperoleh dari hasil perhitungan teoritis berdasarkan massa komponen motor konversi sebesar 19,42 kg. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Hasil Perhitungan Kekuatan Sambungan Las pada Rangka**

<b>Spesimen</b>	<b>Gaya Statis (N)</b>	<b>Tegangan (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Regangan (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Gaya Aksi dan Reaksi (kN)</b>
Besi Siku SS400, Tebal 3 mm	190,316	0,27188	1,3594	3.520,846

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa besi siku SS400 dengan ketebalan 3 mm menerima gaya statis sebesar 190,316 N, menghasilkan tegangan sebesar 0,27188 N/mm<sup>2</sup>, dan regangan sebesar 1,3594 mm<sup>2</sup>. Nilai gaya aksi dan reaksi yang diperoleh mencapai 3520,846 kN, menunjukkan kemampuan rangka dalam menahan beban statis secara merata pada struktur.

Dari hasil perhitungan tersebut, nilai tegangan yang terjadi masih berada jauh di bawah tegangan izin material SS400, yaitu antara 1,25–2,0 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa rangka meja memiliki faktor keamanan (*safety factor*) yang cukup tinggi dan dinyatakan aman terhadap beban operasional simulator motor listrik.

Selain itu, ketebalan material 3 mm dinilai memadai untuk menopang beban tanpa mengalami deformasi yang berlebihan. Kondisi ini juga mendukung stabilitas rangka terhadap getaran yang dihasilkan selama pengoperasian motor listrik. Dengan demikian, desain yang dihasilkan dapat dikategorikan efisien secara struktural, karena mampu menahan beban kerja dengan penggunaan material yang relatif ekonomis.

### **Analisis Kekuatan Las pada Rangka**

Selain kekuatan rangka utama, kekuatan sambungan las juga menjadi faktor penting dalam menentukan kestabilan dan keamanan struktur meja simulator. Proses pengelasan dilakukan menggunakan metode las listrik dengan elektroda jenis E6013 yang mampu menghasilkan sambungan logam dengan penetrasi sedang dan kualitas permukaan yang baik. Analisis dilakukan untuk mengetahui ketahanan sambungan terhadap gaya geser akibat beban statis yang bekerja pada rangka. Hasil perhitungan kekuatan sambungan las ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 2. Hasil Perhitungan Kekuatan Sambungan Las pada Rangka**

<b>No</b>	<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
1	Tebal fillet	2,121	mm
2	Luas penampang minimum	84,84	mm <sup>2</sup>
3	Tegangan izin bahan las pada fillet	2,243	N/mm <sup>2</sup>

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3, diperoleh bahwa tebal fillet sebesar 2,121 mm, luas penampang minimum 84,84 mm<sup>2</sup>, dan tegangan izin bahan las sebesar 2,243 N/mm<sup>2</sup>. Nilai tebal fillet yang lebih kecil dibandingkan luas penampang minimum menunjukkan bahwa sambungan masih berada dalam batas aman, karena tegangan aktual yang terjadi tidak melebihi tegangan izin material las.

Kondisi ini mengindikasikan bahwa beban yang diterima oleh sambungan las terdistribusi secara merata di sepanjang permukaan fillet. Oleh karena itu, perhitungan kekuatan sambungan dianggap cukup menggunakan satu sisi pengelasan, karena beban tidak menimbulkan konsentrasi tegangan yang signifikan pada sisi lainnya.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa sambungan las memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan beban motor konversi tanpa mengalami kegagalan struktural. Dengan demikian, desain rangka dan sistem sambungan pada meja simulator dinyatakan aman dan layak untuk digunakan dalam pengujian maupun pembelajaran sistem motor listrik.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Material rangka meja simulator menggunakan besi siku SS400 dengan dimensi  $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 3\text{ mm}$  memiliki gaya statis sebesar 190,316 N, tegangan  $0,27188\text{ N/mm}^2$ , regangan  $1,3594\text{ mm}^2$ , serta gaya aksi dan reaksi sebesar 3520,846 kN. Nilai faktor keamanan (safety factor) yang diperoleh adalah  $1,471\text{ N/mm}^2$ , sehingga dapat dinyatakan aman, karena masih berada dalam rentang tegangan statis yang diizinkan yaitu  $1,25 - 2,0\text{ N/mm}^2$ .
2. Hasil perhitungan kekuatan sambungan las menunjukkan bahwa tebal fillet sebesar 2,12 mm lebih rendah dari luas penampang minimum sebesar  $84,84\text{ mm}^2$ , dengan tegangan izin bahan las sebesar  $2,243\text{ N/mm}^2$ . Karena beban yang diterima sambungan las terdistribusi secara merata, maka perhitungan cukup dilakukan pada satu sisi pengelasan. Hal ini menunjukkan bahwa sambungan las juga berada dalam kondisi aman dan memenuhi standar kekuatan struktural.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan simulasi pembebanan dinamis guna mengetahui respon rangka terhadap getaran motor listrik saat beroperasi. Selain itu, perlu dilakukan pengujian langsung (eksperimen) untuk memvalidasi hasil perhitungan teoritis dan simulasi agar desain rangka meja simulator semakin akurat dan andal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. M. Mujahid, "Analisis Teknis dan Simulasi Load Flow Serta Short Circuit Penerapan Shore Connection di Pelabuhan Terminal Berlian - Surabaya," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2022.
- [2] M. Ilham, M. A. Abidin, and Yusran, "Konversi Sepeda Motor Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai," Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2022.
- [3] M. Z. Muttaqin and A. K. Zaini, "Pemilihan Sepeda Motor Sebagai Angkutan Reguler Mahasiswa Universitas Islam Riau (Studi Kasus : Fakultas Teknik)," *J. SAINTIS*, vol. 17, no. 2, pp. 17–23, Oct. 2017.
- [4] S. Riyadi, "Peran Motor Listrik pada Transportasi Ramah Lingkungan," *Prax. J. Sains, Teknol. Masy. dan Jejaring*, vol. 1, no. 1, pp. 13–23, 2018, doi: 10.24167/praxis.v1i1.1626.
- [5] F. Febryanti, D. Septiyanto, and N. Mulyono, "Perancangan Linear Dummy Load untuk Motor Listrik Berbasis Arus Eddy 1000 Watt," in *Prosiding 12th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)*, Bandung: Politeknik Negeri Bandung, 2021, pp. 331–336.
- [6] A. Kuswardana, "Analisis Sistem Motor Penggerak pada Mobil Listrik dengan Kapasitas Satu Penumpang," Universitas Negeri Semarang, 2016.
- [7] M. W. Dela Utami, Yuniaristanto, and W. Sutopo, "Adoption Intention Model of Electric Vehicle in Indonesia," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 19, no. 1, pp. 70–81, 2020, doi: 10.25077/josi.v19.n1.p70-81.2020.