



Perancangan Mesin *Cup Sealer* Semi Otomatis Berbasis Mikrokontroler

Ferry Ardiansyah¹⁾, Rany Puspita Dewi²⁾, Trisma Jaya Saputra³⁾)

1, 2, 3) Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman 39, Potrobangsang, Magelang 56116.

e-mail: trismajayasaputra@untidar.ac.id

ABSTRAK

Industri pengemasan minuman mengalami perkembangan pesat seiring meningkatnya permintaan terhadap produk yang praktis dan higienis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin *cup sealer* semi otomatis berbasis mikrokontroler yang lebih efisien dan sesuai untuk pelaku UMKM. Metode yang dilakukan meliputi studi literatur, observasi, perhitungan daya, torsi, dan putaran mesin, perancangan komponen menggunakan SolidWorks, pemrograman kontrol otomatis dengan Arduino Uno R3, serta simulasi statis untuk menganalisis kekuatan struktur. Simulasi dilakukan untuk mengetahui von mises stress, displacement, dan factor of safety pada material ASTM A36 yang digunakan pada rangka mesin. Mesin ini dirancang dengan kapasitas 4 cup dan dimensi 400 × 353 × 600 mm. Sistem kontrol suhu dan penekanan otomatis dirancang menggunakan sensor suhu, relay, dan motor yang dikendalikan melalui mikrokontroler. Hasil simulasi menunjukkan nilai tegangan maksimum sebesar 206 MPa, displacement maksimum 205,9 MPa, dan factor of safety sebesar 1,2. Hasil ini menunjukkan bahwa desain rangka aman terhadap pembebanan. Dengan perancangan sistem yang terintegrasi secara semi otomatis, mesin ini dapat meningkatkan efisiensi proses penyegelan, menekan biaya produksi, serta mengurangi keterlibatan tenaga kerja manual. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam pengemasan minuman, khususnya untuk mendukung perkembangan industri kecil dan menengah di Indonesia.

Kata Kunci: Mesin *Cup Sealer*, Semi Otomatis, Mikrokontroler, Simulasi SolidWorks, Von Mises Stress.

ABSTRACT

The beverage packaging industry has rapidly developed due to increasing demand for practical and hygienic products. This study aims to design a semi-automatic cup sealer machine based on a microcontroller that is more efficient and suitable for small and medium enterprises (SMEs). The methodology includes literature studies, field observations, calculations of power, torque, and rotational speed, component design using SolidWorks, programming of automatic control using Arduino Uno R3, and static simulation to analyze the structural strength. The simulation was conducted to evaluate von Mises stress, displacement, and factor of safety on ASTM A36 material used in the machine frame. The machine is designed with a 4-cup capacity and dimensions of 400 × 353 × 600 mm. The temperature and pressing control system was developed using a temperature sensor, relay, and motor controlled via a microcontroller. The simulation results show a maximum stress of 206 MPa, a maximum displacement of 205.9 MPa, and a factor of safety of 1.2, indicating the structure is safe under load. With an integrated semi-automatic system design, the machine enhances sealing efficiency, reduces production costs, and minimizes manual labor involvement. This study is expected to provide an innovative solution in beverage packaging, particularly in supporting the development of small and medium-sized industries in Indonesia.

Keywords: Cup Sealer Machine, Semi-Automatic, Microcontroller, SolidWorks Simulation, Von Mises Stress.

1. Pendahuluan

Industri pengemasan minuman mengalami pertumbuhan yang pesat seiring dengan meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk yang higienis, praktis, dan efisien dalam distribusinya. Kemajuan UMKM

dapat diputuskan mengalami perkembangan pada segi kuantitas, namun dalam segi kualitas masih belum meluas, sehingga jumlah yang terpenuhi tidak diimbangi dengan peningkatan kualitas [1]. Salah satu teknologi pengemasan yang sering digunakan adalah mesin *cup sealer*, yaitu alat

yang berfungsi menyegel gelas plastik agar isi di dalamnya tidak mudah tumpah dan tetap steril [2]. Teknologi ini sangat penting bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), khususnya dalam bidang minuman ringan seperti teh, kopi susu, dan boba.

Mesin *cup sealer* manual masih banyak digunakan, tetapi memiliki keterbatasan seperti efisiensi rendah, ketergantungan pada tenaga kerja manusia, serta hasil penyegelan yang kurang konsisten. Oleh karena itu, banyak penelitian yang mengusulkan inovasi berupa sistem semi otomatis berbasis mikrokontroler. Sunaryo et al. [3] mengembangkan mesin *cup sealer* semi otomatis dengan sistem pneumatik dan berhasil mencapai efisiensi penyegelan yang lebih baik. Hamzah et al. [4] merancang mesin penyegel berbasis mikrokontroler untuk ukuran gelas tertentu, namun masih terbatas pada kapasitas 1 cup per siklus. Sementara itu, Ivanda et al. [5] melakukan simulasi desain untuk menganalisis kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga, namun belum diintegrasikan dengan sistem kontrol otomatis.

Berdasarkan tinjauan tersebut, masih terdapat celah pada pengembangan mesin *cup sealer* semi otomatis dengan kapasitas *multi-cup* dan sistem kontrol suhu serta tekanan yang terintegrasi. Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa dengan menggabungkan desain mekanik, pemrograman mikrokontroler, dan simulasi struktural, dapat diperoleh mesin *cup sealer* semi otomatis yang efisien dan andal secara mekanis.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan mesin *cup sealer* semi otomatis berbasis mikrokontroler dengan kapasitas 4 cup, menggunakan *software SolidWorks* untuk desain dan simulasi, serta menerapkan sistem kontrol otomatis guna meningkatkan efisiensi dan keandalan penyegelan.

2. Metode

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian metode kuantitatif yang menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D). Tujuan dari pendekatan ini adalah merancang, membangun, dan menguji mesin *cup sealer* semi otomatis berbasis mikrokontroler.

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

a. Perangkat Keras:

- 1) Laptop dengan spesifikasi: *prosesor intel Core i5-6200U @2.30 GHz*, RAM 8 GB, sistem operasi 64-bit.
- 2) Mikrokontroler: *Arduino Uno R3 (ATMega328P)*
- 3) Sensor suhu: *Thermocouple MAX6675*
- 4) Layar LCD 16x2 dengan antarmuka I2C (alamat: 0x27)

- 5) *Relay* elektromagnetik 12V, elemen pemanas, *push button*, *limit switch*, dan LED indikator merah-hijau
- 6) *Power supply* 12V dan 5V tipe SMPS
- 7) *Breadboard* dan kabel jumper untuk koneksi rangkaian

b. Perangkat Lunak:

- 1) *Solidworks* digunakan untuk pembuatan model CAD 3D dan simulasi elemen.
- 2) *Arduino Uno* digunakan untuk pemrograman sistem kontrol otomatis.

c. Material konstruksi

- 1) Plat besi ASTM 36
- 2) *Besi hollow* 10 × 10 mm untuk rangka.

2.3 Prosedur Penelitian

a. Studi literatur

Mengkaji referensi terkait sistem penyegelan gelas otomatis, kontrol suhu, simulasi tegangan material, serta penggunaan mikrokontroler dalam otomasi.

b. Perhitungan numerik

Perhitungan dilakukan untuk menentukan kebutuhan daya dan torsi motor listrik dengan persamaan sebagai berikut [6]:

1. Daya input yang digunakan dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$P = V \times I \dots (1)$$

P	: Daya (<i>watt</i>)
V	: Tegangan listrik (<i>volt</i>)
I	: Arus listrik (<i>ampere</i>)

2. Torsi yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus:

$$T = \frac{P}{\omega} \dots (2)$$

T	: Torsi motor listrik (Nm)
P	: Daya keluaran (<i>Watt</i>)
ω	: Kecepatan sudut (rad/s)

c. Perancangan desain

Proses perancangan mesin dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk membuat sketsa 2D yang kemudian dikembangkan menjadi model 3D. Desain mencakup struktur rangka, penutup, dudukan komponen, dan sistem penekan otomatis.

d. Simulasi

Simulasi dilakukan untuk mengetahui batas kekuatan struktur terhadap beban yang bekerja. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *Von Mises*, deformasi (*displacement*), dan *factor of safety* (FOS) [7]. Persamaan yang digunakan sebagai dasar antara lain [8]:

1. Tegangan

$$(\sigma_v) = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \dots (1)$$

σ_v : Tegangan (MPa, N/mm²)
 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: Tegangan utama (*Principal stresses*)

2. Deformasi

$$\delta = \frac{F \cdot L}{A \cdot E} \dots (2)$$

δ : Deformasi (mm)
 F : Gaya aksial (N)
 L : Panjang benda (mm)
 A : Luas penampang benda (mm²)
 E : Elastisitas (MPa atau N/mm²)

3. Faktor keamanan

$$FOS = \frac{S_y}{\sigma} \dots (3)$$

S_y : Tegangan luluh material (N/mm²)
 σ : Tegangan (MPa, N/mm²)
 FOS : Faktor keamanan

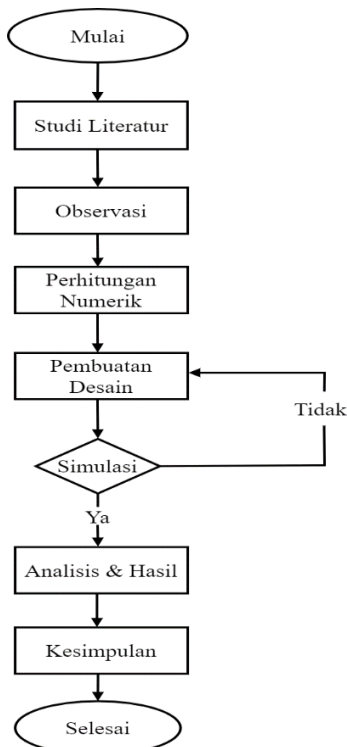
Material baja ASTM 36 digunakan dalam simulasi dengan beban yang diasumsikan sebesar 19,6 N. Simulasi dilakukan menggunakan menu *simulation* pada *solidworks*.

e. Analisis data

Data dianalisis berdasarkan hasil simulasi dan uji pemrograman untuk mengetahui apakah desain struktur dan sistem kontrol telah memenuhi spesifikasi fungsional dan keamanan yang diharapkan.

f. Prosedur penelitian

Diagram alir prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



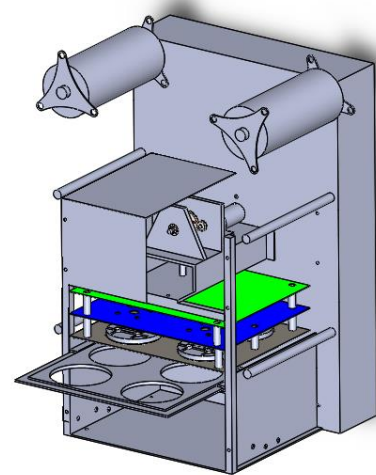
Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Desain Mesin *Cup Sealer*

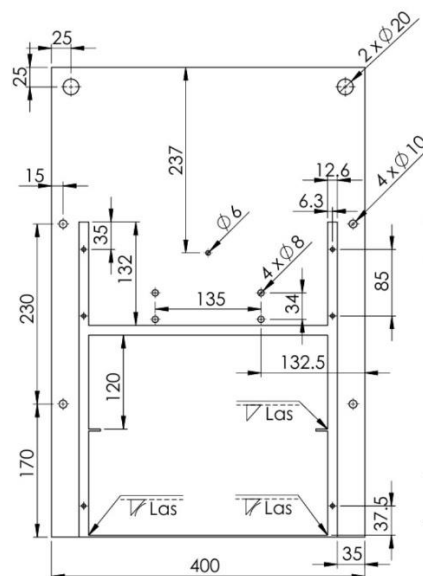
Mesin *cup sealer* semi otomatis yang dirancang memiliki dimensi panjang 400 mm, lebar 353 mm, dan tinggi 600 mm. Rangka utama terbuat dari besi *hollow* 10 × 10 mm dan plat baja ringan A36 sebagai penopang struktural utama. Kapasitas mesin adalah 4 cup dalam satu siklus penyegelan, yang merupakan pengembangan dari desain sebelumnya yang hanya mampu menyegel 1 cup.

Desain dilakukan menggunakan *SolidWorks*, dimulai dari pembuatan part komponen utama, perakitan (*assembly*), hingga analisis simulasi statis. Tampilan visual desain akhir menunjukkan integrasi sistem pemanas, penekan otomatis, serta tata letak komponen secara kompak dan fungsional. Desain Mesin *Cup Sealer* dapat dilihat pada Gambar 2.

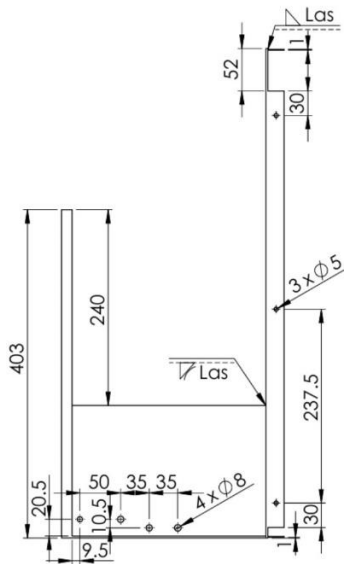


Gambar 2. Mesin *Cup Sealer*

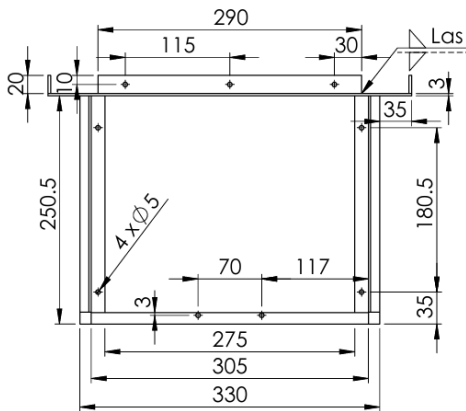
Desain rangka yang telah dibuat diberi ukuran menggunakan *software solidworks* dengan satuan ukuran milimeter. Ukuran yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Pandangan depan



Gambar 4. Pandangan samping

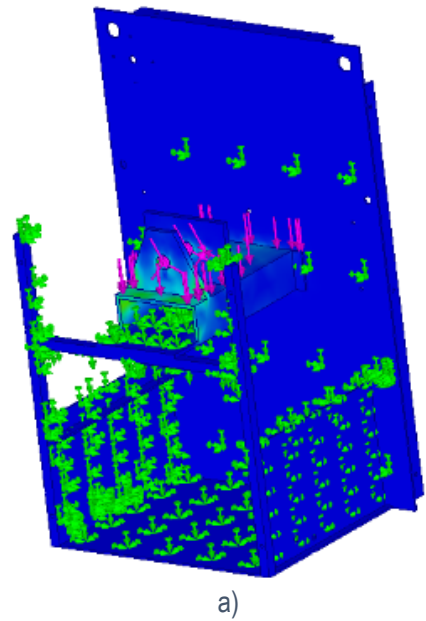


Gambar 5. Pandangan atas

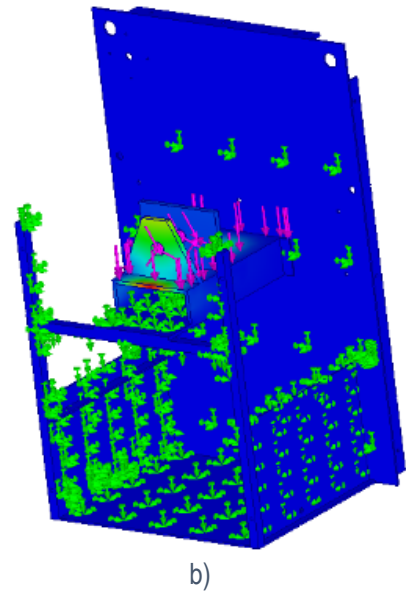
3.2 Hasil Simulasi

Simulasi dilakukan pada model rangka mesin menggunakan *SolidWorks Simulation* untuk mengetahui tegangan maksimum (*Von Mises*), perpindahan (*displacement*), dan faktor keamanan (*Factor of Safety*). Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 6.

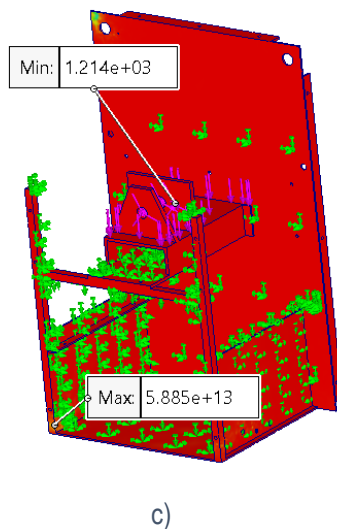
Model name: DESAIN RANGKA
 Study name: Static 2(-Default-)
 Plot type: Static nodal stress Stress1



Model name: DESAIN RANGKA
 Study name: Static 2(-Default-)
 Plot type: Static displacement Displacement1



Model name: DESAIN RANGKA
 Study name: Static 2(-Default-)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion : Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 1.2e+03



Gambar 6. Hasil simulasi: a) *Von mises stress*; b) *Displacement*; c) *Factor of safety*

Beban sebesar 19,6 N diterapkan pada area dudukan poros penekan dan motor, merepresentasikan bobot dan gaya operasional mesin. Material yang digunakan adalah baja karbon A36 dengan *yield strength* sebesar 250 MPa. Pelat baja ASTM A36 adalah baja karbon struktural yang sering digunakan dalam pembuatan struktur logam yang dilas maupun dibaut pada industri konstruksi. Baja ASTM A36 juga digunakan dalam pembuatan produk dan komponen untuk keperluan konstruksi umum [9]. Hasil analisis simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Simulasi Statis

No	Parameter	Nilai
1.	Tegangan maksimum	206 MPa
2.	Deformasi	0,2059 mm
3.	<i>Factor Of Safety</i>	1,2

Dari hasil tersebut, nilai tegangan maksimum berada di bawah batas *yield strength*, dan nilai faktor keamanan >1, sehingga struktur dinyatakan aman untuk digunakan.

3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil simulasi, struktur mesin mampu menahan beban operasional dengan aman. Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 206 MPa masih berada di bawah batas elastis material (250 MPa), dan nilai *displacement* yang kecil menunjukkan deformasi minimal. *Yield strength* yang tinggi disebabkan oleh penguatan presipitasi komposit melalui sejumlah besar nanopartikel, serta presipitat yang memberikan kontribusi dominan [10]. Nilai faktor keamanan sebesar 1,2 mendukung kelayakan

desain secara mekanis. Apabila tegangan yang diberikan pada material lebih besar dari nilai *yield strength* maka material tersebut akan mengalami deformasi permanen [7].

Sementara itu, sistem kontrol berbasis mikrokontroler berhasil mengotomatisasi proses penyegelan tanpa intervensi manual yang rumit. Fitur pengaturan suhu dan waktu penekanan dapat diatur fleksibel oleh pengguna, serta menampilkan status proses melalui LCD, menjadikan sistem lebih efisien dan ramah pengguna.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, desain mesin ini memiliki keunggulan dalam kemampuannya menyegel empat *cup* sekaligus serta dilengkapi dengan kontrol suhu yang presisi dan otomatis. Fitur ini menunjukkan potensi peningkatan produktivitas bagi pelaku UMKM serta efisiensi dalam operasional. Oleh karena itu, pembahasan pada bagian ini akan mengarahkan pada bagaimana inovasi tersebut dapat memberikan kontribusi terhadap kinerja mesin secara keseluruhan, sekaligus membuka peluang pengembangan lebih lanjut menuju sistem yang sepenuhnya otomatis untuk meningkatkan efisiensi waktu dan hasil kerja [11].

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan mesin *cup sealer* semi otomatis berbasis mikrokontroler yang mampu menyegel 4 *cup* dalam satu siklus kerja dengan efisiensi yang lebih tinggi dibanding desain konvensional. Hasil simulasi struktural menunjukkan bahwa desain rangka mesin dengan material ASTM A36 mampu menahan beban operasional dengan aman, dengan nilai tegangan maksimum sebesar 206 MPa dan faktor keamanan sebesar 1,2. Sistem kendali otomatis yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler *Arduino Uno R3* mampu mengatur suhu pemanas dan proses penekanan secara presisi, serta menampilkan status sistem secara *real-time* melalui LCD, membuktikan bahwa sistem kontrol dapat menggantikan operasi manual secara efektif.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengembangan sistem sensor plastik agar setelah proses penyegelan selesai *roller* plastik dapat berputar otomatis ke posisi siap beroperasi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing Ibu Rany Puspita Dewi, S.T., M.Eng., IPM dan Bapak Trisma Jaya Saputra, S.T., M.T. yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] D. A. Putra, Fadelan, and M. Malyadi, "Rancang bangun mesin perajang keripik kapasitas 30 kg/jam pisau horizontal," *AutoMech: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 37–42, 2022. <https://doi.org/10.24269/jtm.v2i01.5396>
- [2] Pamungkas, P., Patma, T. S., & Ikawanty, B. A.

- (2021). Otomatisasi Pada Sistem Kontrol Penutup Cup Sealer Dengan Metode Logika Fuzzy. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 7(3), 46. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v7i3.207>
- [3] Sunaryo, W., & Dewanto, Y. (2023). RANCANG ULANG MESIN Sealer Cup Semi Otomatis. *Jurnal Teknologi Industri*, vol 12. No. 1. <https://doi.org/10.35968/jti.v12i1.1046>.
- [4] Hamzah, F., Tjahjanti, P. H., Sumarmi, W., & Ivanda, H. V. (2023). Designing Semi-Automatic Cup Sealer Machine for Clean Water Packaging in Sumbergedang Village, Pasuruan. *MITRA: Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, vol. 7, No. 1, pp. 104–113. <https://doi.org/10.25170/mitra.v7i1.4386>
- [5] Ivanda, H. V., Tjahjanti, P. H., Iswanto, I., Sumarmi, W., & Hamzah, F. (2022). Desain Mesin Penyegelel Tutup Gelas Plastik untuk Minum Secara Semi Otomatis. *Jurnal Abdimas ADPI Sains dan Teknologi*, vol. 3, No. 3, pp. 01–06. <https://doi.org/10.47841/saintek.v3i3.199>
- [6] A. A. Rahman, (2014). Rancang Bangun Mesin Cup Sealer Semi Otomatis. *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 1, No. 03. <https://doi.org/10.26740/jrm.v1i03.8911>.
- [7] Albana, M. H., Praja, F., & Irawan, B. H. (2015). Simulasi Tegangan pada Rangka Sepeda Motor, *Jurnal Integrasi*, Vol. 7, No .2. pp. 146-150.
- [8] Arif, J., Pungkas Prayitno, & Halan Al Hafidh. (2023). Analisis Static Pada Aluminium 5052 Dengan Variasi Sudut Menggunakan Solidworks. *TEKNOSAINS : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 38–50. <https://doi.org/10.37373/tekno.v10i1.269>
- [9] Azwinur, Syukran, Akhyar, Nguyen Huu Tho, dan Jaswir, “Effect of welding repair on mechanical properties of ASTM A36 carbon steel weld joints,” *Jurnal Polimesin*, vol. 20, no. 2, pp. 217–221, Aug. 2022. <http://dx.doi.org/10.30811/jpl.v20i2.3075>
- [10] C. Song, W. Shen, Z. Xie, H. Wang, R. Zhao, Z. Sun, J. Cheng, and H. Yu, “Developing a novel austenitic stainless steel with high yield strength and coefficient of thermal expansion,” *Materials Research Letters*, Jul. 29, 2025, doi: 10.1080/21663831.2025.2536652.
- [11] M. Anhar, A. (2014). Analisa Hasil Pengujian Mesin Cup Sealer Semi Otomatis. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 1, No. 03. <https://doi.org/10.26740/jrm.v1i03.8912>