

Desain dan Analisis Rangka Alat *Powder Coating* Berbasis *Autodesk Inventor*

^{1*} Aryan Alif Setiawan, ² Ali Akbar, ³ Yasinta Sindy Pramesti, ⁴ Irwan
Setyowidodo

^{1,2,3,4} Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹setiawanaryan6@gmail.com, ²aliakbar@umsida.ac.id, ³yasintasindy@unpkediri.ac.id,
⁴irwansetyo@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Aryan Alif Setiawan

Abstrak— . Penelitian ini dilatar belakangi karena adanya kebutuhan bengkel yang berada di Nganjuk untuk meningkatkan bisnis mereka dalam bidang *powder coating*. Parameter yang dikaji mencakup tegangan *von Mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* untuk menilai kelayakan desain rangka. Hasil dari *von Mises stress* sebesar 142,089 MPa, sedangkan tegangan minimum sebesar 0,00064 MPa. Jika dibandingkan dengan kekuatan luluh material baja hollow ASTM A500 sebesar ± 315 MPa, maka rangka masih dalam keadaan aman. Sedangkan hasil simulasi dari *displacement* adalah perubahan maksimum yang terjadi adalah sebesar 3,505 mm, sedangkan perubahan minimum adalah 0 mm yang terjadi pada bagian tumpuan (*fixed support*). Meskipun terjadi perubahan bentuk, nilai yang dihasilkan masih tergolong kecil jika dibandingkan dengan ukuran keseluruhan rangka. Hasil dari *safety factor* adalah , nilai terendah yang didapat adalah 1,456, sedangkan nilai tertinggi mencapai 15. sehingga dapat dikatakan bahwa rangka masih dalam kondisi aman, tetapi di tepi batas keamanan.

Kata Kunci— analisis rangka, *displacement*, *powder coating*, *safety factor*, *von mises stress*

Abstract— This research was motivated by the need of a workshop in Nganjuk to expand its business in the powder coating sector. The parameters analyzed included **von Mises stress, displacement, and safety factor** to evaluate the feasibility of the frame design. The simulation results showed that the maximum von Mises stress was **142.089 MPa**, while the minimum stress was **0.00064 MPa**. Compared with the yield strength of **ASTM A500 hollow steel**, which is approximately **315 MPa**, the frame can be considered safe. The displacement analysis indicated that the maximum deformation was **3.505 mm**, whereas the minimum deformation was **0 mm**, occurring at the fixed support. Although deformation occurred, the resulting value was relatively small compared to the overall dimensions of the frame. The safety factor analysis showed a minimum value of **1.456** and a maximum value of **15**. Therefore, it can be concluded that the frame is structurally safe, although some areas are close to the lower limit of the safety margin.

Keywords— frame analysis, *displacement*, *powder coating*, *safety factor*, *von Mises stress*

I. PENDAHULUAN

Tuntutan zaman dengan berbagai kemoderan teknologi telah membawa perubahan cepat yang menyangkut berbagai kebutuhan manusia. Perubahan-perubahan itu tidak saja menyangkut aspek perubahan dasar (dalam suatu produk barang atau jasa), tapi lebih kepada keinginan-keinginan konsumen yang menuntut inovasi nilai-nilai yang dapat memberikan kepuasan[1]. Dalam perancangan mesin *powder coating*, rangka berperan sebagai elemen struktural utama yang berfungsi menopang seluruh komponen sistem. Oleh karena itu, rangka harus dirancang dengan kekuatan dan kekakuan yang memadai agar mampu menahan beban statis maupun dinamis serta menjaga kestabilan alat saat digunakan. Analisis kekuatan rangka dilakukan dengan mempertimbangkan nilai tegangan *von Mises stress*, perpindahan (*displacement*), dan *safety*

factor sebagai parameter utama dalam mengevaluasi kelayakan desain sebelum tahap pembuatan fisik dilakukan[2].

Permukaan logam yang tidak bersih dapat menyebabkan kegagalan adhesi lapisan *powder*, sehingga diperlukan metode pembersihan yang efektif. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *sand blasting*, yaitu proses pembersihan permukaan dengan cara menyemprotkan partikel abrasif menggunakan tekanan tinggi ke permukaan material. Selain berfungsi sebagai media pembersihan, *sand blasting* juga berperan dalam membentuk kekasaran permukaan (*surface profile*) pada logam, yang sangat penting untuk meningkatkan daya lekat partikel *powder coating*[3]. Proses pelapisan pada *powder coating* dapat dilakukan setelah bahan tersebut sudah melalui proses *sand blasting*. Tidak semua proses *sand blasting* itu membutuhkan *powder coating*, tetapi setiap proses *powder coating* itu pasti membutuhkan *sand blasting*. Hasil dari *powder coating* itu sendiri dinilai lebih baik dari pada menggunakan cat biasa, karena hasil dari *powder coating* dinilai dapat tahan dari cuaca dan korosi. Korosi dikenal sebagai sebuah masalah bagi sebuah bengkel, karena korosi dapat membuat material terlihat lebih jelek dari pada sebelumnya[4].

Korosi merupakan sebuah proses yang mengakibatkan kerusakan pada logam akibat interaksi elektrokimia antar logam dan lingkungan sekitarnya. Dengan demikian, korosi dapat dianggap sebagai kebalikan dari proses ekstraksi metalurgi, dimana sejumlah energi yang diperlukan untuk menghasilkan logam akan dilepaskan kembali selama korosi berlangsung. Oleh karena itu, banyak orang lebih mengenalnya sebagai pengarat atau pengeroposan yang memberikan efek negatif dan sebaiknya dihindari[5]. Metode pelapisan menggunakan *powder coating* merupakan proses pelapisan permukaan yang memanfaatkan serbuk kering tanpa penggunaan media cair. Metode ini banyak diaplikasikan pada material logam, seperti besi dan aluminium. Benda yang telah dilapisi dipanaskan di dalam oven pada suhu sekitar 180°C–200°C selama 15–30 menit sehingga serbuk cat dapat meleleh dan menempel secara optimal pada permukaan material[6].

Material *powder coating* terdiri dari kombinasi resin, pigmen, dan aditif spesifik yang disemprotkan ke permukaan logam dengan menggunakan sistem elektrostatik[7]. Pengaplikasian cat bubuk atau *powder coating* bukan sekadar untuk menghias atau mempercantik logam atau material, tetapi juga untuk melindungi logam dari korosi yang mungkin terjadi. Proses pengecatan atau penyemprotan menggunakan *powder coating* bertujuan untuk memperbaiki karakteristik seperti kekuatan logam atau material, serta meningkatkan daya tahan terhadap goresan[8]. Proses dilakukan melalui simulasi dengan tiga aspek utama, yaitu tegangan *von Mises stress*, *displacement*, dan *safety factor*.

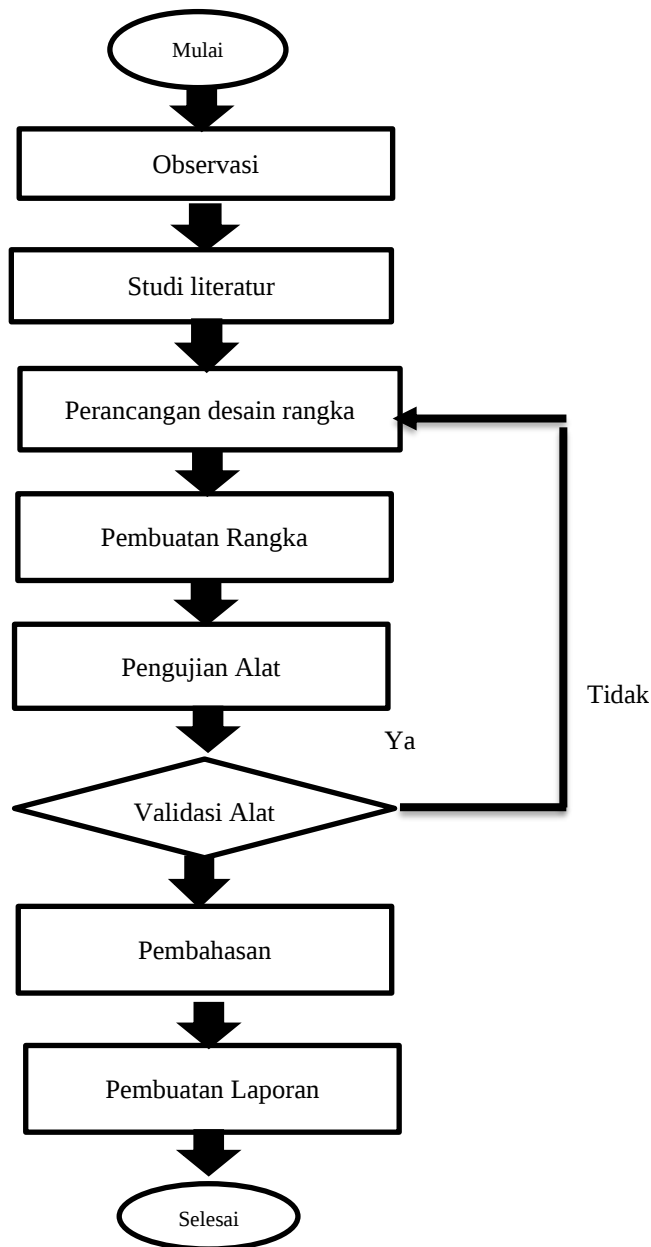
II. METODE

2.1. Pendekatan Perancangan

Metode yang digunakan adalah metode perancangan. Langkah-langkah terstruktur yang mencakup: identifikasi kebutuhan desain, pembuatan model tiga dimensi dari rangka, pemilihan bahan yang tepat, penetapan pembebanan, dan validasi kekuatan struktur dengan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak *autodesk inventor*.

2.2. Prosedur Perancangan Mesin

Berikut adalah langkah-langkah proses perancangan:



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan Mesin

Beberapa alur pada gambar 1 yang harus dilakukan dalam tahapan perencanaan kerangka mesin *powder coating* antara lain:

1) Observasi

Tahap observasi dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kondisi bengkel dan kebutuhan penggunaan alat *powder coating*. Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi keterbatasan peralatan yang ada, kondisi ruang kerja, serta permasalahan yang muncul selama proses pelapisan logam. Data hasil observasi selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam penentuan spesifikasi awal dan kebutuhan fungsional alat yang akan dirancang.

2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai sumber referensi yang relevan, meliputi jurnal ilmiah, buku teks, serta penelitian terdahulu yang berkaitan

dengan proses *powder coating*, perancangan rangka mesin, sifat mekanik material baja, dan metode analisis kekuatan struktur. Tahap ini bertujuan untuk memperkuat dasar teori serta menentukan pendekatan analisis yang sesuai dalam perancangan rangka alat *powder coating*.

3. Perancangan Desain Rangka

Tahap perancangan desain rangka dilakukan dengan membuat model tiga dimensi menggunakan perangkat lunak *autodesk inventor*. Desain rangka disusun dengan mempertimbangkan dimensi alat, tata letak komponen utama, kemudahan proses perakitan, serta pemilihan material rangka berupa baja hollow ASTM A500. Pada tahap ini juga ditetapkan ukuran rangka yang disesuaikan dengan kebutuhan fungsional alat.

4. Pembuatan Rangka

Pada penelitian ini, pembuatan rangka dilakukan dalam bentuk model virtual tanpa pembuatan fisik. Tahap ini mencakup penentuan kondisi batas berupa tumpuan serta pembebanan pada rangka. Beban yang diberikan berasal dari berat komponen utama alat *powder coating* dan beban benda kerja yang diasumsikan bekerja secara statis sesuai dengan kondisi operasional.

5. Pengujian Alat

Pengujian rangka dilakukan melalui simulasi analisis kekuatan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak *autodesk inventor*. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *von Mises stress*, perpindahan (*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*). Hasil simulasi digunakan untuk mengetahui respon struktur rangka terhadap beban yang bekerja.

6. Validasi Alat

Tahap validasi dilakukan dengan mengevaluasi hasil simulasi analisis kekuatan rangka. Nilai tegangan, perpindahan, dan faktor keamanan yang diperoleh dibandingkan dengan batas aman material yang digunakan. Apabila hasil analisis belum memenuhi kriteria keselamatan, maka dilakukan perbaikan pada desain rangka. Sebaliknya, apabila hasil telah memenuhi kriteria, desain rangka dinyatakan layak dan aman untuk digunakan.

7. Pembahasan dan Penyusunan Laporan

Tahap akhir penelitian meliputi pembahasan hasil perancangan dan analisis rangka alat *powder coating*. Pada tahap ini dilakukan interpretasi terhadap hasil simulasi serta penarikan kesimpulan yang disesuaikan dengan tujuan penelitian. Seluruh proses dan hasil penelitian kemudian disusun secara sistematis dalam bentuk laporan skripsi.

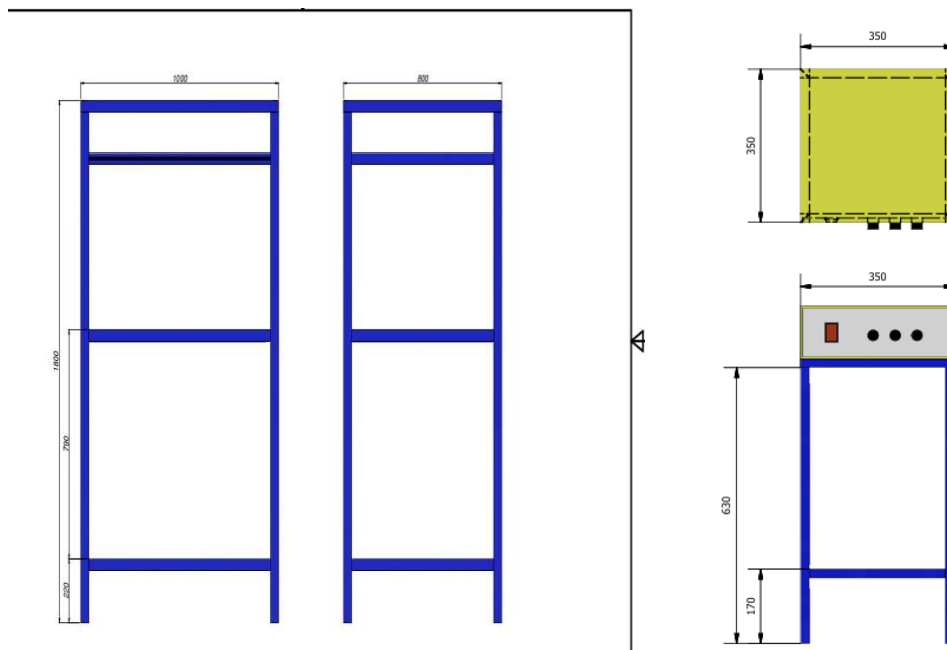
2.3. Desain Perancangan

Tahap perancangan dilakukan dengan membuat model tiga dimensi rangka alat *powder coating* menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor. Desain rangka disusun dengan mempertimbangkan fungsi setiap komponen, kekuatan struktur, serta kemudahan proses perakitan dan pengoperasian alat. Berikut adalah desain perancangan rangka alat *powder coating* :



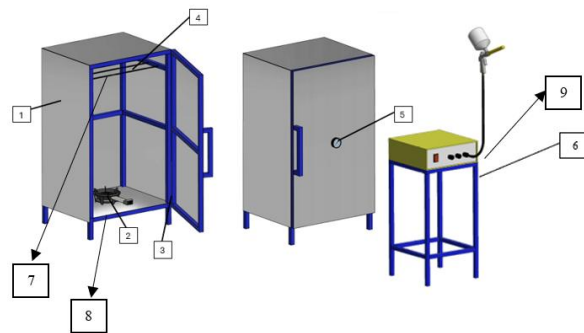
Gambar 2 Rangka Alat Powder Coating

Berdasarkan Gambar 2, rangka alat powder coating dirancang menggunakan material baja hollow ASTM A500 yang berfungsi sebagai struktur utama penopang seluruh komponen alat. Desain rangka dibuat agar mampu menopang oven, sistem pemanas, gantungan benda kerja, dan tatakan mesin secara stabil. Selain itu, konfigurasi rangka dirancang untuk menghasilkan konstruksi yang kokoh, aman, dan memiliki kekakuan yang memadai selama proses powder coating berlangsung.



Gambar 3 Ukuran Rangka Alat Powder Coating

Berdasarkan Gambar 3, dimensi keseluruhan rangka memiliki tinggi 1.800 mm, panjang 1.000 mm, dan lebar 800 mm. Selain itu, rangka dilengkapi dengan tatakan yang memiliki tinggi 630 mm, tinggi kaki tatakan 170 mm, dan lebar 350 mm. Dimensi tersebut dirancang agar mampu mengakomodasi seluruh komponen alat powder coating dan memberikan ruang kerja yang cukup sehingga proses pengoperasian dapat dilakukan secara efektif dan nyaman.



Gambar 4 Komponen-Komponen Yang Digunakan

Berdasarkan Gambar 4, komponen yang digunakan terdiri atas plat sebagai dinding oven, kompor sebagai sumber panas, rangka oven, gantungan material, thermometer, dan tatakan mesin powder coating. Selain itu, ditentukan pula titik pembebanan, yaitu beban bagian atas sebesar 30 kg dan beban bagian bawah sebesar 3 kg. Penentuan komponen dan pembebanan tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses simulasi menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) untuk mengetahui distribusi tegangan, displacement, dan safety factor pada rangka yang dirancang.

Komponen oven :

1. Plat
2. Kompor (Pemanas)
3. Rangka oven
4. Gantungan material
5. *Thermometer*
6. Tatakan alat *powder coating*
7. Titik beban atas, $m= 30$ kg
8. Titik beban bawah, $m= 3$ kg
9. Titik beban tatakan mesin *powder coating*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tegangan *von Mises stress*

Hasil analisis stres pada struktur ditunjukkan dalam bentuk distribusi *von Mises stress*.



Gambar 5 Analisis Data Tegangan von Mises stress

Menurut penelitian Setiawan dkk. (2023), analisis kekuatan rangka sepeda motor listrik menggunakan metode elemen hingga menghasilkan nilai tegangan von Mises maksimum sebesar 101,3 MPa pada pembebanan 1.700 N. Nilai tegangan tersebut masih berada di bawah batas kekuatan luluh material yang digunakan sehingga struktur rangka dinyatakan aman untuk menahan beban kerja. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis tegangan von Mises dapat digunakan untuk mengetahui tingkat keamanan suatu konstruksi rangka sebelum dilakukan proses manufaktur [9].

Pada gambar 5 menunjukkan, nilai tegangan maksimum yang diperoleh dari hasil simulasi adalah sebesar 142,089 MPa, sedangkan tegangan minimum sebesar 0,00064 MPa. Jika dibandingkan dengan kekuatan luluh material baja hollow ASTM A500 sebesar ± 315 MPa, maka tegangan yang terjadi masih berada di bawah batas luluh material. Dengan demikian, struktur rangka masih dalam keadaan aman terhadap kerusakan akibat tegangan.

3.2 Analisis Data Displacement

Hasil simulasi perubahan bentuk ditampilkan pada gambar.



Gambar 6 Analisis Data Displacement

Berdasarkan penelitian Setiawan dkk. (2023), hasil simulasi pada rangka sepeda motor listrik menunjukkan nilai displacement maksimum sebesar 0,2118 mm pada kondisi pembebanan 1.700 N. Nilai perpindahan tersebut tergolong kecil sehingga tidak mempengaruhi kestabilan struktur rangka selama digunakan. Hasil ini membuktikan bahwa parameter displacement penting digunakan untuk mengevaluasi kekakuan suatu struktur dan memastikan deformasi yang terjadi masih berada dalam batas yang diizinkan.

Pada gambar 6, menunjukkan, perubahan maksimum yang terjadi adalah sebesar 3,505 mm, sedangkan perubahan minimum adalah 0 mm yang terjadi pada bagian tumpuan (*fixed support*). Perubahan yang terjadi tidak mempengaruhi fungsi dan stabilitas alat secara signifikan, sehingga rangka dapat dikatakan memiliki kekakuan yang cukup baik.

3.3 Analisis Data Safety Factor

Untuk mengetahui seberapa aman struktur secara keseluruhan, dilakukan analisis faktor keamanan (*safety factor*).



Gambar 7 *Safety Factor*

Penelitian yang dilakukan oleh Ari Nendra (2019) mengenai desain dan analisis kekuatan rangka lemari perkakas menggunakan Autodesk Inventor menunjukkan bahwa rangka dengan material Aluminium Alloy 3003-H12 memiliki nilai *safety factor* sebesar 2,04. Nilai tersebut menunjukkan bahwa struktur masih aman untuk menahan beban dinamis hingga 55 kg pada setiap tingkat rak. Semakin besar nilai *safety factor*, maka semakin tinggi tingkat keamanan struktur terhadap kemungkinan kegagalan akibat pembebanan [10].

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi, nilai *safety factor* terendah yang didapat adalah 1,456, sedangkan nilai tertinggi mencapai 15. Nilai terendah ini menggambarkan bagian paling kritis dari struktur, yang biasanya terletak pada area dengan tekanan tertinggi. Secara umum, sebuah struktur dianggap aman jika memiliki nilai *safety factor* di atas 1,5. Nilai yang diperoleh dalam penelitian ini sangat dekat dengan batas tersebut, sehingga dapat dikatakan bahwa rangka masih dalam kondisi aman, tetapi di tepi batas keamanan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan penilaian yang telah dilakukan, telah berhasil dirumuskan bahwa hasil dari *von Mises stress* adalah sebesar 142,089 MPa, sedangkan tegangan minimum sebesar 0,00064 Mpa. Dengan demikian, struktur rangka masih dalam keadaan aman terhadap kerusakan akibat tegangan. Hasil dari *displacement* perubahan maksimum yang terjadi adalah sebesar 3,505 mm, sedangkan perubahan minimum adalah 0 mm yang terjadi pada bagian tumpuan (*fixed support*). Sehingga rangka dapat dikatakan memiliki kekakuan yang cukup baik. Hasil dari analisis *safety factor* terendah yang didapat adalah 1,456, sedangkan nilai tertinggi mencapai 15. Dapat dikatakan bahwa rangka masih dalam kondisi aman, tetapi di tepi batas keamanan. Sehingga bisa disimpulkan desain rangka alat *powder coating* yang telah dirancang dinyatakan siap untuk digunakan dan sesuai untuk kebutuhan usaha kecil menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. M. Ilham, F. Suzantho, S. Surahmad, and F. Achmadi, "Meningkatkan kinerja usaha kecil menengah dengan pendekatan value engineering," *J. Mesin Nusantara*, vol. 1, no. 1, p. 35, 2018, doi: 10.29407/jmn.v1i1.12294.
- [2] Sanjaya, "Desain Rangka Utama Mesin Pengurai Sabut Kelapa," *J. Voering*, vol. 7, no. 1,

- pp. 1– 8, 2022 doi: <https://doi.org/10.32531/jvoe.v7i1.482>.
- [3] A. Yunus, “Korosi Logam dan Pengendaliannya,” *J. POLIMESIN*, vol. 9, no. 1, p. 847, 2019 DOI: 10.30811/jpl.v9i1.1.
 - [4] A. Syahbi, A. Warsito, and A. Syakur, “Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Dc Untuk Proses Powder Coating Secara Elektrostatik,” *Transient*, pp. 1–7, 2016 <https://eprints.undip.ac.id/>.
 - [5] E. Damayanti, “Perancangan Sistem Kendali Proses Powder Coating Berbasis Arduino Uno Dan Smartphone Android,” *J. TEDC*, vol. 10, no. 3, pp. 198–207, 2019 <http://ejournal.poltektedc.ac.id/index.php/tedc/article/view/194>.
 - [6] Sudarto, “Meningkatkan Kekuatan Lapisan Logam Dan Daya Rekat Proses Coating Yang Menggunakan Powder Coating Dengan Treatment,” *J. Ilmu - Ilmu Tek. - Sist.*, vol. 19, no. 3, pp. 58–67, 2024 <https://doi.org/10.37303/sistem.v19i3.278>.
 - [7] A. Sudarwanto and K. W. Darmojo, “STRATEGI PENGEMBANGAN INDUSTRI KRIYA LOGAM,” vol. 7, no. 1, pp. 62–69, 2018 <https://doi.org/10.24821/corak.v7i1.2647>.
 - [8] Sudarto, “PENINGKATAN KINERJA PADA INDUSTRI POWDER COATING YANG BERGERAK DALAM JASA COATING DI UD NAGOYA,” *J. ILMU – ILMU Tek. - Sist.*, vol. 16, no. 2, pp. 52–60, 2020 <https://doi.org/10.37303/sistem.v16i2.243>.
 - [9] R. Setiawan, D. Sugiyanto, and Ari Daryus, “Analysis of Strength Simulation and Frame Fabrication of Electric Motorcycle Vehicle,” *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 8, pp. 58– 66, 2023 DOI: <https://doi.org/10.21009/JKEM.8.1.7>.
 - [10] Wibawa Lasinta Ari Nendra, “DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA LEMARI PERKAKAS DI BALAI LAPAN GARUT MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA,” *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 45–50, 2019, doi: 10.33019/jm.v5i2.787.