

Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Alat *Sand Blasting* Menggunakan Simulasi *Autodesk Inventor*

^{1*}Imam Subaweh, ²Ali Akbar, ³Yasinta Sindy Pramesti, ⁴Irwan Setyowidodo.

Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: imamsubaweh027@gmail.com, aliakbar@umsida.ac.id, yasintasindy@unpkediri.ac.id,
irwansetyo@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondensi : Imam Subaweh

Abstrak— Kualitas permukaan logam merupakan faktor penting dalam keberhasilan proses pelapisan akhir, sehingga diperlukan sistem *sand blasting* yang efektif dan aman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi kekuatan struktur rangka mesin *sand blasting* tipe kabin tertutup menggunakan material baja *hollow* ASTM A500 berukuran 40 mm × 40 mm. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan pemodelan struktur berbasis frame/beam menggunakan *Autodesk Inventor* serta analisis *Finite Element Analysis* (FEA) melalui pembebanan statis sebesar 1000 N, dengan parameter yang dikaji meliputi tegangan *Von Mises*, *Displacement*, dan *safety factor*. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum sebesar 3,966 MPa yang jauh di bawah batas luluh material (345 MPa), *Displacement* maksimum sebesar 0,0143 mm, serta nilai *safety factor* sebesar 15, yang mengindikasikan bahwa rangka memiliki kekakuan tinggi, distribusi beban yang merata, dan cadangan kekuatan yang signifikan. Kontribusi penelitian ini terletak pada validasi desain rangka *sand blasting* berbasis analisis numerik dengan tingkat keamanan tinggi, sehingga desain yang diusulkan dinyatakan layak untuk diimplementasikan pada aplikasi industri skala kecil maupun laboratorium.

Kata Kunci— analisis rangka, *displacement*, *powder coating*, *safety factor*, *Von Mises stress*

Abstract— Surface quality of metallic materials is a critical factor in determining the success of coating processes; therefore, an effective and safe sand blasting system is required. This study aims to design and evaluate the structural strength of a closed-cabin sand blasting machine frame using ASTM A500 hollow steel with dimensions of 40 mm × 40 mm. The research employs a Research and Development (R&D) approach, incorporating frame/beam-based structural modeling using Autodesk Inventor and strength analysis through Finite Element Analysis (FEA) under a static load of 1000 N. The parameters evaluated include Von Mises stress, Displacement, and safety factor. The simulation results indicate a maximum stress of 3.966 MPa, which is significantly below the material yield strength (345 MPa), a maximum Displacement of 0.0143 mm, and a safety factor of 15. These results demonstrate that the frame possesses high stiffness, uniform load distribution, and substantial strength reserves. The main contribution of this study lies in the numerical validation of a sand blasting frame design with a high level of structural safety, indicating that the proposed design is suitable for implementation in small-scale industrial and laboratory applications.

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

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan industri manufaktur menuntut peningkatan kualitas produk logam agar mampu bersaing di pasar global. Salah satu faktor yang menentukan kualitas produk logam adalah kondisi permukaan yang harus bersih dari karat, minyak, kerak, dan cat lama sebelum dilakukan proses pelapisan atau pengecatan. Permukaan yang tidak dipersiapkan dengan baik dapat menyebabkan daya lekat lapisan pelindung menurun sehingga mempercepat terjadinya korosi dan kerusakan material. Kualitas persiapan permukaan yang kurang baik dapat menurunkan daya rekat lapisan pelindung dan mempercepat kerusakan akibat korosi [1].

Metode pembersihan konvensional seperti penyikatan kawat baja, pengamplasan, dan perendaman kimia masih banyak digunakan, namun memiliki beberapa kelemahan, yaitu waktu pengerjaan yang relatif lama, hasil yang kurang konsisten, serta potensi pencemaran lingkungan akibat limbah kimia [2]. Sebagai alternatif yang lebih efektif, teknologi *sand blasting* mampu membersihkan permukaan logam secara lebih optimal serta menghasilkan tingkat kekasaran yang sesuai untuk proses pelapisan. Penelitian terdahulu [1] menunjukkan bahwa *sand blasting* efektif dalam membersihkan permukaan pelat baja dan memberikan efisiensi biaya yang lebih baik dibandingkan metode konvensional.

Meskipun demikian, penggunaan *sand blasting* terbuka (*open blasting*) masih menimbulkan berbagai permasalahan keselamatan kerja dan lingkungan, seperti penyebaran debu abrasif serta pemborosan material. Oleh karena itu, sistem kabin tertutup (*blasting chamber*) dikembangkan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi proses. Menyatakan bahwa penggunaan ruang *blasting* tertutup dapat mengurangi risiko paparan debu terhadap operator dan meningkatkan efisiensi penggunaan material abrasif [3].

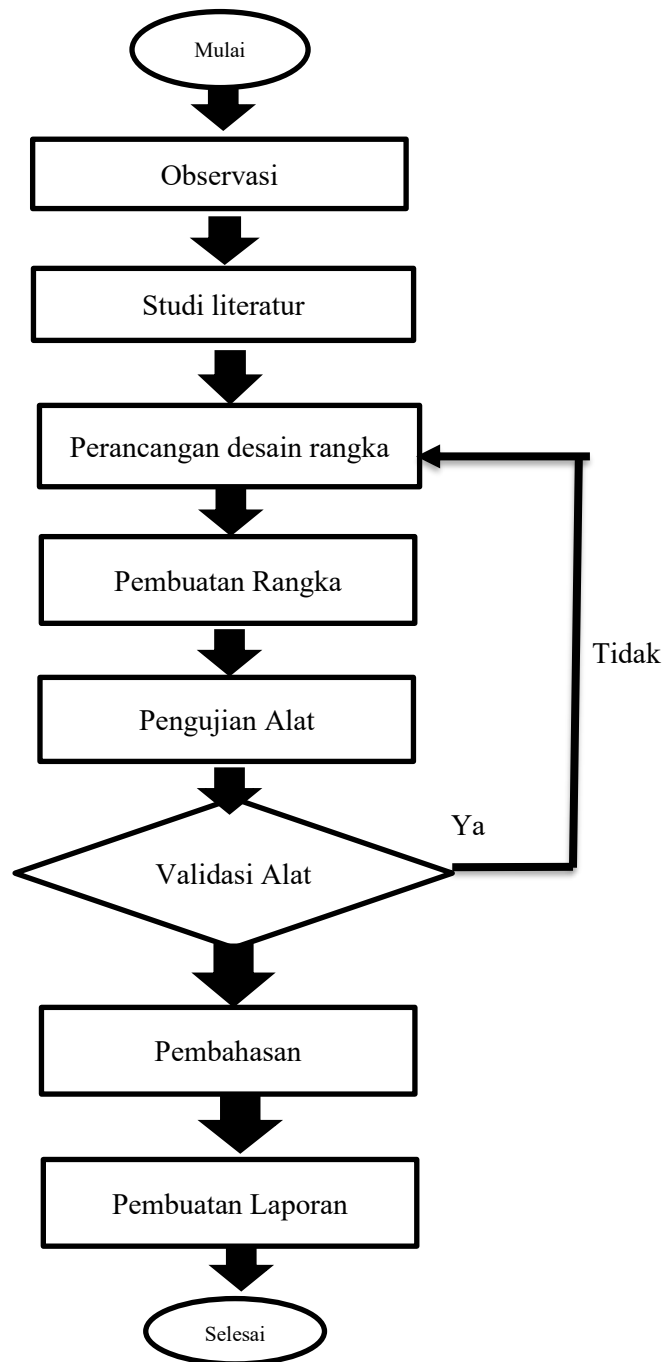
Selain itu, struktur rangka merupakan komponen utama yang menopang seluruh beban mesin *sand blasting*, termasuk kabin, *sandpot*, *blower*, serta benda kerja yang diproses. Rangka juga harus mampu menahan getaran yang terjadi selama pengoperasian alat. Hasil studi literatur [3] menunjukkan bahwa desain rangka dan ruang *blasting* memiliki peranan penting dalam menjaga kestabilan alat serta meningkatkan keselamatan operator. Namun, kajian mengenai analisis kekuatan rangka masih relatif terbatas sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis kekuatan rangka mesin *sand blasting* tipe kabin tertutup sehingga diperoleh desain yang aman, kokoh, ergonomis, dan sesuai untuk diterapkan pada industri skala kecil maupun laboratorium.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada perancangan dan analisis kekuatan rangka alat *sand blasting* tipe kabinet tertutup. Metode ini digunakan untuk menghasilkan desain rangka yang mampu menopang seluruh komponen alat secara aman, stabil, dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Proses perancangan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor* sebagai media pemodelan tiga dimensi dan simulasi analisis kekuatan struktur [5].

Prosedur penelitian dilakukan secara bertahap dimulai dari observasi lapangan, studi literatur, penentuan spesifikasi desain, pemodelan rangka menggunakan *Autodesk Inventor*, analisis kekuatan struktur dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA), validasi desain, hingga penyusunan laporan penelitian. Alur tahapan penelitian tersebut disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1 untuk mempermudah pemahaman proses perancangan dan evaluasi kekuatan rangka alat *sand blasting* [6].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Mulai
Tahap awal menandai seluruh rangkaian proses perancangan dan penelitian alat.
2. Observasi
Pengamatan langsung di lapangan untuk mengidentifikasi permasalahan kebutuhan pengguna serta kondisi operasional yang menjadi dasar perancangan alat.

3. Studi Literatur

Pengumpulan dan penelaahan referensi berupa buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perancangan rangka dan analisis kekuatan.

4. Perancangan Desain Rangka

Tahap perancangan rangka alat meliputi penentuan bentuk, dimensi, material serta spesifikasi teknis sesuai kebutuhan dan hasil studi literatur.

5. Pembuatan Rangka

Proses realisasi desain rangka menjadi bentuk fisik melalui tahapan pemotongan, perakitan dan pengelasan sesuai dengan desain yang telah dibuat.

6. Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja dan kekuatan rangka saat menerima beban kerja serta memastikan alat dapat berfungsi dengan baik.

7. 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. Analisis dan pembahasan hasil pengujian serta validasi untuk menjelaskan kinerja, kelebihan dan keterbatasan alat yang dirancang.

8. Pembuatan Laporan

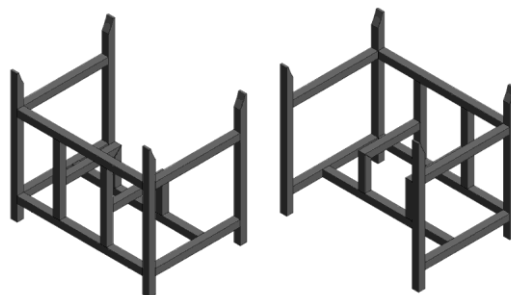
Penyusunan laporan akhir yang memuat seluruh tahapan penelitian, hasil pengujian, dan analisis.

9. Selesai

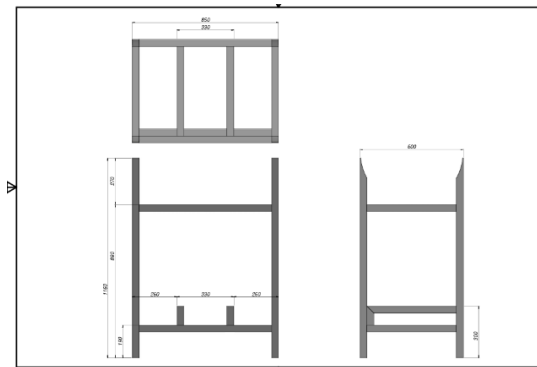
Menandai berakhirnya seluruh proses perancangan dan penelitian alat.

2.1 Desain

Desain rangka alat *sand blasting* dibuat menggunakan material baja *hollow* ASTM A500 berukuran 40 mm × 40 mm dengan ketebalan 0,8 mm. Pemodelan tiga dimensi dilakukan menggunakan *Autodesk Inventor* untuk memperoleh rancangan yang sesuai dengan kebutuhan operasional alat. Desain dikembangkan dengan mempertimbangkan aspek kekuatan struktur, kestabilan, kemudahan fabrikasi, serta ergonomi operator. Model tiga dimensi yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses simulasi dan analisis kekuatan rangka. Hasil perancangan rangka ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Desain Rangka Alat *Sand blasting*



Gambar 3. Ukuran Desain rangka

Gambar tersebut menunjukkan konstruksi rangka yang berfungsi sebagai penopang utama kabinet *sand blasting*, sandpot, serta komponen pendukung lainnya. Rangka dirancang agar mampu menahan beban kerja selama proses operasi serta memberikan kestabilan pada alat saat digunakan [7].

2.2 Pemilihan Material

Pemilihan material tersebut didasarkan pada karakteristik mekaniknya yang memiliki kekuatan tarik dan kekakuan yang memadai untuk menahan pembebanan yang direncanakan. Selain itu, baja *hollow* dipilih karena memiliki kemudahan dalam proses fabrikasi seperti pemotongan dan pengelasan, serta memiliki kestabilan struktur yang baik ketika dirakit menjadi konstruksi rangka [6].

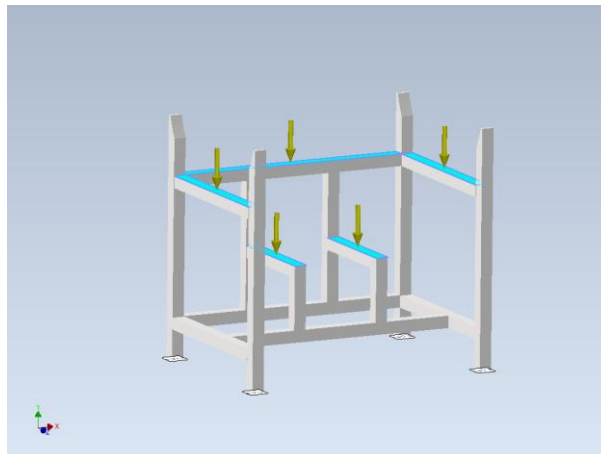
Tabel 1 Sifat Fisik Material

Spesifikasi Besi <i>Hollow</i>		2.3
Density	7,85 g/cm ³	
Yield Strength	345 MPa	
Tensile Strength	400-500 MPa	
Young's Modulus	200 GPa	

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembebanan dan Analisis Kekuatan

Analisis kekuatan rangka dilakukan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak *Autodesk Inventor*. Pembebanan diberikan pada titik-titik tertentu yang merepresentasikan kondisi kerja aktual alat *sand blasting*. Beban yang diberikan pada rangka [8]. Selanjutnya dilakukan simulasi pembebanan menggunakan *Autodesk Inventor* dengan memberikan *Fixed Constraint* pada bagian kaki rangka. Kondisi pembebanan pada model simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.

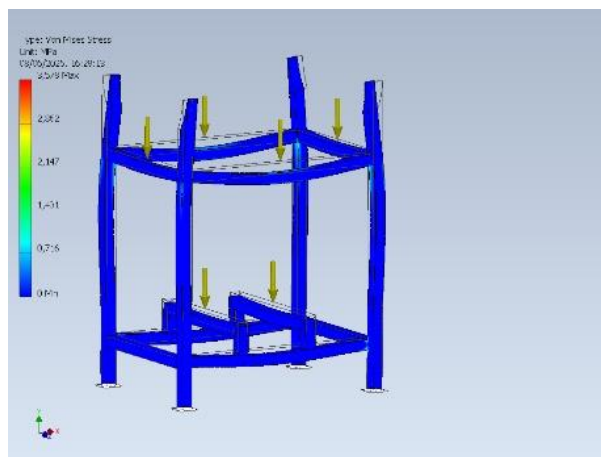


Gambar 4 Kondisi Pembebanan dan *Fixed Constraint* pada Rangka

Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *Von Mises*, *Displacement*, dan *safety factor*. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui kemampuan rangka dalam menahan beban kerja serta mengevaluasi tingkat keamanan desain yang dikembangkan [9].

Berdasarkan simulasi statis yang telah dilakukan, rangka terbukti mampu menahan kombinasi beban dari kabinet drum, *sandpot*, dan material abrasif secara optimal. Nilai tegangan yang terjadi masih berada di bawah batas luluh material, dan nilai *safety factor* yang diperoleh menunjukkan bahwa struktur rangka berada dalam kategori aman dan tidak berpotensi mengalami kegagalan atau deformasi permanen selama dioperasikan [10].

A. Simulasi *stress Von Mises*

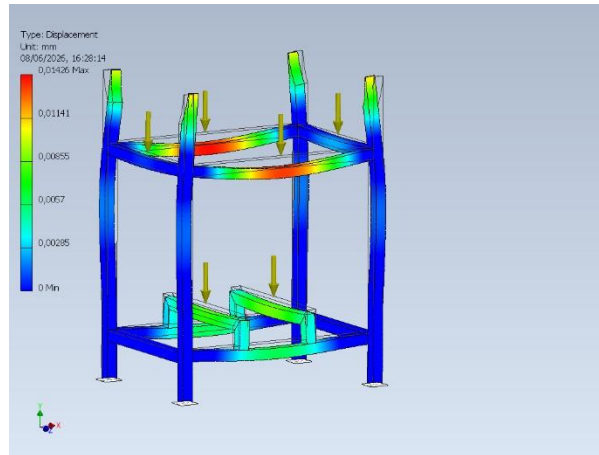


Gambar 5 Analisis Data *stress Von Mises*

Berdasarkan hasil simulasi, tegangan *Von Mises* maksimum pada rangka sebesar 3,966 MPa, nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan kekuatan luluh baja struktural yang umumnya di atas 250 MPa, sehingga menunjukkan bahwa seluruh elemen rangka masih bekerja dalam batas elastis dan tidak berpotensi mengalami deformasi permanen maupun kegagalan struktur. Visualisasi distribusi tegangan memperlihatkan bahwa sebagian besar area didominasi warna biru yang menandakan tegangan sangat rendah, sedangkan tegangan tertinggi hanya terjadi secara lokal pada sambunganudukan tabung dan rangka utama di bagian atas belakang sebagai titik penerima beban dan momen lentur sesuai arah pembebanan [2]. Secara keseluruhan, distribusi tegangan yang merata dan rendah ini menunjukkan bahwa rangka mampu menyalurkan beban dengan baik tanpa konsentrasi

tegangan berbahaya, dengan rasio tegangan terhadap kekuatan luluh sekitar 1,6%, sehingga rangka dinyatakan sangat aman dan memiliki cadangan kekuatan besar terhadap beban 1000 N.

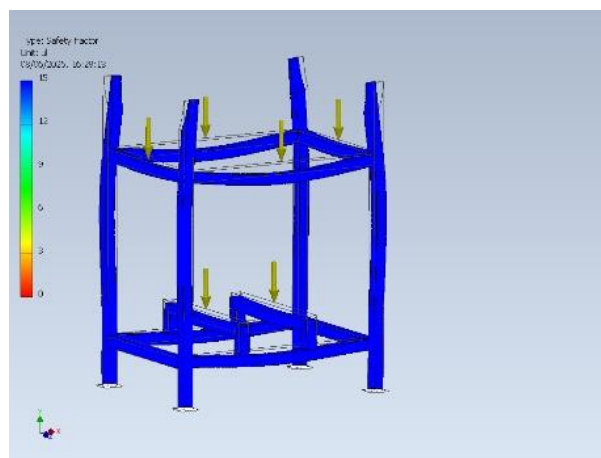
B. Simulasi *Displacement*



Gambar 6 Analisis data *Displacement*

Berdasarkan hasil simulasi, deformasi maksimum (*displacement*) pada rangka akibat pembebanan 1000 N sebesar 0,0143 mm, nilai yang sangat kecil sehingga dapat diabaikan dalam aplikasi struktural alat sandblasting. Distribusi *displacement* menunjukkan bahwa sebagian besar struktur, khususnya pada kaki penyangga dan bagian bawah, mengalami perpindahan yang sangat minimal (ditandai warna biru), sedangkan deformasi terbesar terjadi pada bagian atas rangka terutama di area sambungan dan pelat horizontal yang merupakan titik terjauh dari tumpuan serta menerima beban langsung [11]. Pola ini sesuai dengan perilaku struktur yang diharapkan, di mana defleksi meningkat seiring jarak dari tumpuan. Secara keseluruhan, nilai deformasi yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa rangka memiliki kekakuan yang sangat baik, sehingga tidak menimbulkan gangguan terhadap stabilitas maupun fungsi alat selama proses operasional.

C. Simulasi *Safety Factor*



Gambar 7 Analisis Data *Safety Factor*

Berdasarkan hasil simulasi, seluruh elemen rangka memiliki *safety factor* sebesar 15, yang merupakan batas maksimum dalam pengaturan simulasi, sehingga menunjukkan bahwa struktur bekerja jauh di bawah batas kegagalan material. Distribusi *safety factor*

yang ditampilkan pada visualisasi memperlihatkan dominasi warna biru secara merata di seluruh bagian rangka, mulai dari kaki penyangga hingga sambungan, yang menandakan tidak adanya area kritis atau titik lemah pada struktur [12]. Hasil ini konsisten dengan analisis tegangan sebelumnya yang menunjukkan nilai tegangan sangat rendah, sehingga beban dapat terdistribusi secara efisien tanpa menimbulkan konsentrasi berbahaya. Secara keseluruhan, nilai safety factor yang jauh melebihi standar perancangan (2–4) menunjukkan bahwa rangka sangat aman dan memiliki cadangan kekuatan yang besar, meskipun dalam konteks desain teknik hal ini juga mengindikasikan adanya potensi *overdesign* yang masih dapat dioptimalkan agar lebih efisien tanpa mengurangi tingkat keamanan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis kekuatan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa desain rangka alat *sand blasting* menggunakan material baja *hollow* ASTM A500 berukuran 40 mm × 40 mm memiliki kekuatan struktur yang sangat baik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangka mampu menahan seluruh beban operasional maksimum tanpa mengalami kegagalan struktur serta memenuhi kriteria faktor keamanan yang diizinkan. Dengan demikian, desain rangka ini dinyatakan layak untuk diproduksi dan diaplikasikan pada industri skala kecil maupun laboratorium karena mampu menjamin keselamatan kerja dan kestabilan alat. Nilai safety factor sebesar 15 yang diperoleh juga mengindikasikan adanya potensi *overdesign*, sehingga penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi dimensi atau pengurangan ketebalan rangka (misalnya dari 0,8 mm ke variasi ketebalan lain) agar diperoleh desain yang lebih ekonomis dalam biaya produksi tanpa mengurangi tingkat keamanan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. Pambudi, V. Naubnome, and N. Fauzi, “Rancang Bangun Alat Sandblasting Sebagai Pembersih Kotoran Pada Permukaan Logam,” *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 12, no. 2, p. 65, 2021, doi: 10.33772/djtm.v12i2.17832.
- [2] W. K. Ekin Saputra, R. D. Anjani, and A. Santoso, “Perancangan Alat Sandblasting untuk Diaplikasikan Pada Komponen Plat Besi Sebagai Penghilang Karat,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 2–9, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i4.6911.
- [3] Bagustius Pratama Anf, “Rancang Bangun Alat Sandblasting Dengan Blasting Room Untuk Membersihkan Permukaan Logam Dari Kotoran,” Politeknik Negeri Padang, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/proteman>
- [4] P. N. Banjarmasin, “RANCANG BANGUN MESIN PEMBERSIH PERMUKAAN LOGAM TIPE PENYEMPROTAN PASIR DENGAN KABIN TERTUTUP,” vol. 7, no. 2, pp. 193–204, 2025, doi: 10.20527/jtam.
- [5] M. A. Saputra and R. D. Anjani, “Armatur: (Jurnal Teknik Mesin) Proses Pembuatan Alat Sandblasting Portable untuk Diaplikasikan pada Komponen Permukaan Logam Karat.” vol. xx, no. January, pp. 1–7, 2023, doi: <https://10.24127/armatur.v4i1.3266>
- [6] N. Adyono, “ANALISA FAKTOR KEAMANAN PADA DESAIN ALAT DIE CUT MENGGUNAKAN SIMULASI FINITE ELEMENT ANALYSIS,” vol. 1, pp. 144–155, 2024.
- [7] M. Prasetya, J. Haryanto, and M. Sabri, “Jurnal Dinamis (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin) Desain dan Konstruksi Alat Sandblasting untuk Pembersih Permukaan,” 2025, [Online]. Available: <http://doi.org/10.32734/dinamis.v13i1.21854>
- [8] Aris toteles, “ANALISIS MATERIAL KONTRUKSI CHASIS MOBIL LISTRIK LAKSAMANA V2 MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR Program

- Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan , Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Bengkalis Email : arishtoteles99@gmail.com 30,” *Tek. Mesin Vol. 7 No. 1, April 2021*, vol. 7, no. 1, pp. 30–37, 2021.doi <https://doi.org/10.33019/jm.v7i1.1931>
- [9] K. B. Andriansah and Y. S. Pramesti, “Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Mesin Uji Tarik Kapasitas 5 Ton Menggunakan Aplikasi Solidworks,” 2025. [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/>
- [10] Y. S. P. Ali Akbar, “Analisa Kekuatan Rangka Mesin Pencetak Samier,” vol. 8, 2024, [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek>
- [11] F. S. Perdana, A. Akbar, and H. Mahmudi, “Analisa Kekuatan Material Bahan Dan Rangka Alat Pengguling Sapi Berbobot 1.2 Ton Menggunakan Software Autodesk Inventor,” *J. Semin. Nas. Inov. Teknol.*, pp. 17, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29407/inotek.v6i3.2713>
- [12] A. S. Febrian Arif Budiman, “Analisis Tegangan *Von Mises* dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Febrian Arif Budiman dkk / Jurnal Rekayasa Mesin,” *Rekayasa Mesin*, vol.16,no. 1, pp. 100 108, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.pol ines.ac.id/index.php/rekayasa>