

PERANCANGAN PURWARUPA RANGKA, BONCENGAN, DAN TEMPAT BATERAI SEPEDA LIPAT LISTRIK UNTUK PRODUKSI MENGGUNAKAN PENGECORAN PASIR

1,2) Fakultas Teknik Universitas Tidar,
Jl.Kapten Suparman 39 Potrobangsan,
Magelang Utara, Jawa Tengah 56116

Hafif Romadhon^{1*}), Ikhwan Taufik²⁾

Corresponding email ^{1*)}:

¹⁾ hafifromadhon29@gmail.com

²⁾ ikhwantaufik@untidar.ac.id

Received: 04-12-2024

Accepted: 17-01-2025

Published: 28-12-2025

©2025 Politala Press.

All Rights Reserved.

Abstrak. Sepeda lipat listrik merupakan solusi transportasi modern yang menawarkan kepraktisan dan efisiensi ruang penyimpanan. Diperlukan alternatif produksi untuk mengurangi ketergantungan pada penggunaan pipa dan proses pengelasan. Salah satu alternatif proses produksi adalah menggunakan metode pengecoran logam. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kekuatan rancangan rangka, boncengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik untuk proses pengecoran logam. Material yang digunakan adalah aluminium A356. Proses perancangan dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD dan CAE. Simulasi pembebanan dilakukan dalam kondisi beban nyata dengan pembebanan 99,5 kg. Berdasarkan hasil simulasi dan analisis, rancangan rangka, boncengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik terbaik memiliki nilai von mises stress 61,21 MPa, displacement 1,712 mm, massa 4,6 kg dan faktor keamanan 4,5.

Kata Kunci: aluminium A356, pengecoran pasir, rangka, sepeda lipat listrik.

Abstract. Electric folding bikes are a modern transportation solution that offers practicality and efficiency of storage space. Production alternatives are needed to reduce dependence on pipes and welding processes. One alternative production process is to use the metal casting method. This study aims to design and analyze the strength of the design of the frame, pillion, and battery holder of the electric folding bicycle for the metal casting process. The material used is A356 aluminum. The design and simulation process is carried out using CAD and CAE software. The loading simulation was conducted under real load conditions with a load of 99,5 kg. Based on the results of simulation and analysis, the design of the frame, pillion, and battery holder of the best electric folding bicycle has a von mises stress value of 61,21 MPa, displacement of 1,712 mm, mass of 4,6 kg and safety factor of 4,5.

Keywords: A356 aluminum, electric folding bike, frame, sand casting.

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v12i2.322>

1. Pendahuluan

Sepeda lipat merupakan terobosan baru dalam bidang transportasi, yaitu kendaraan beroda dua. Sepeda lipat menjadi incaran masyarakat karena bentuk dan desainnya yang unik. Selain keunikan tersebut, sepeda lipat dapat dilihat dari segi manfaatnya yang sangat tepat dalam menjawab kebutuhan akan efisiensi ruang penyimpanan [1].

Sepeda terdiri dari komponen-komponen, yaitu rangka, roda, sistem transmisi, rem, sadel, stang, dan garpu. Rangka merupakan bagian terpenting dari sepeda karena semua komponen lain terpasang di atasnya [2]. Rangka

pada sepeda harus mampu menopang bobot pengendara, tenaga pedal yang diubah menjadi gerak maju, roda kemudi yang dapat berubah arah, dan meredam getaran jalan.

Rangka sepeda pada umumnya terbuat dari pipa yang disambung dengan proses pengelasan. Pipa dibuat dengan mengekstrusi batang logam (*billet*) pada suhu mendekati cairan menggunakan mandrel. Hasil ekstrusi tersebut kemudian dipotong sesuai ukuran untuk membuat rangka. Pipa yang telah dipotong selanjutnya disatukan dengan proses pengelasan. Proses pengelasan merupakan suatu proses menyatukan dua logam atau lebih menggunakan energi panas [3]. Terdapat ketergantungan penggunaan pipa dari perusahaan besar. Ketergantungan tersebut dapat diminimalisasi menggunakan proses produksi rangka sepeda alternatif, sehingga dapat mengurangi ketergantungan penggunaan pipa dan proses pengelasan. Jika ketergantungan terhadap penggunaan pipa dan proses pengelasan dapat diminimalisir, maka proses produksi sepeda lipat dapat dilakukan oleh industri skala kecil dan menengah.

Proses produksi pembuatan rangka dapat dilakukan secara alternatif, yaitu menggunakan proses pengecoran. Proses pengecoran logam merupakan proses pembuatan produk dengan cara meleburkan dan menuangkan cairan logam ke dalam rongga cetakan berbentuk produk yang diinginkan [4]. Proses pengecoran dalam pembuatan rangka dapat dilakukan menggunakan peralatan sederhana dan memungkinkan untuk pembuatan produk dalam jumlah terbatas. Bahan baku logam yang dapat diperoleh dengan mudah, yaitu logam atau *scrap*.

Penerapan proses pengecoran dalam pembuatan rangka sepeda dapat mengalami beberapa permasalahan. Salah satu kendala yang menyebabkan kurangnya penerapan proses tersebut, yaitu bentuk rangka yang panjang dan rumit sehingga sulit pada tahap pengecoran. Permasalahan lainnya dalam penerapan proses pengecoran, yaitu massa rangka yang dibuat dengan proses pengecoran cenderung lebih berat dibandingkan dengan massa rangka yang dibuat dengan proses pengelasan pipa [5].

Permasalahan dalam proses pengecoran memunculkan gagasan untuk merancang purwarupa rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik yang dapat diproduksi menggunakan proses pengecoran dengan massa yang lebih ringan, namun kokoh dan nyaman saat digunakan. Tujuan perancangan ini adalah merancang purwarupa rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik yang dapat diproduksi menggunakan proses pengecoran.

2. Tinjauan Pustaka

Telah dihasilkan sebuah desain sepeda lipat berbahan pipa, non-pipa, dan perpaduan pipa dan non pipa. Desain sepeda lipat yang menggunakan pipa aluminium paduan 771.0 T6 memiliki keunggulan dalam hal kemudahan pelipatan dan ringan. Namun, desain ini memiliki kelemahan ketika dianalisis dengan beban yang ringan, ± 40 kg. Sedangkan, desain sepeda lipat yang menggunakan bahan non-pipa dan campuran pipa dengan non-pipa aluminium paduan 771.0 T6 memiliki kelebihan dalam hal estetika dan kekuatan, mampu menahan beban seberat 99,5 kg. Pada pembebanan sebesar 99,5 kg, tegangan dan perpindahan terbesar ditemukan di sekitar batang sadel, yaitu sebesar 100,2 MPa dan 1,107 mm. Sedangkan, faktor keamanan terkecil ditemukan di sekitar lengan ayun dan batang sadel, yaitu sebesar 6 [6].

Rancangan rangka sepeda urban yang ringan dan kuat telah diperoleh. Rangka tersebut memiliki berat sebesar 3,0 kg. Hasil *Stress Analysis* dengan berat pengendara sebesar 98 kg, menunjukkan nilai faktor keamanan terkecil terjadi pada kondisi *standing* pedal, yaitu sebesar 3,21. Tegangan dan perpindahan terbesar juga terjadi pada kondisi *standing* pedal, yaitu sebesar 55,81 MPa dan 0,81 mm. Tegangan terbesar dan faktor keamanan terkecil ditemukan di sekitar *chainset*. Sedangkan perpindahan terbesar ditemukan di sekitar *bracket* bawah [7].

Sebuah rangka sepeda MTB yang dapat diproduksi menggunakan proses pengecoran pasir berhasil diperoleh. Proses pengecoran ini menggunakan pola yang terbuat dari kayu. Berat rangka sepeda MTB dapat dikurangi dari 7 kg menjadi 3,74 kg. Faktor keamanan terkecil terjadi pada kondisi awal dengan nilai 3,70. Sedangkan, tegangan dan perpindahan terbesar terjadi pada kondisi awal dengan nilai 48,37 MPa dan 0,52 mm. Tegangan terbesar ditemukan di sekitar ujung tabung bagian bawah. Sedangkan perpindahan terbesar ditemukan di sekitar *bracket* bawah [5].

Perbedaan ketiga penelitian tersebut, yaitu jenis sepeda yang dirancang, nilai faktor keamanan terkecil, serta nilai tegangan dan perpindahan terbesar. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, peneliti tertarik untuk merancang dan membuat purwarupa rangka sepeda lipat listrik menggunakan proses pengecoran.

3. Metodologi

Studi Literatur

Mengumpulkan data dan informasi tentang rancangan sepeda lipat. Data dan informasi digunakan sebagai acuan untuk proses perancangan rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik.

Perancangan Desain

Melakukan perancangan desain rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik menggunakan perangkat lunak CAD dengan merujuk pada data dan informasi yang telah dikumpulkan sebelumnya. Desain yang dibuat berupa 2 dimensi dan 3 dimensi.

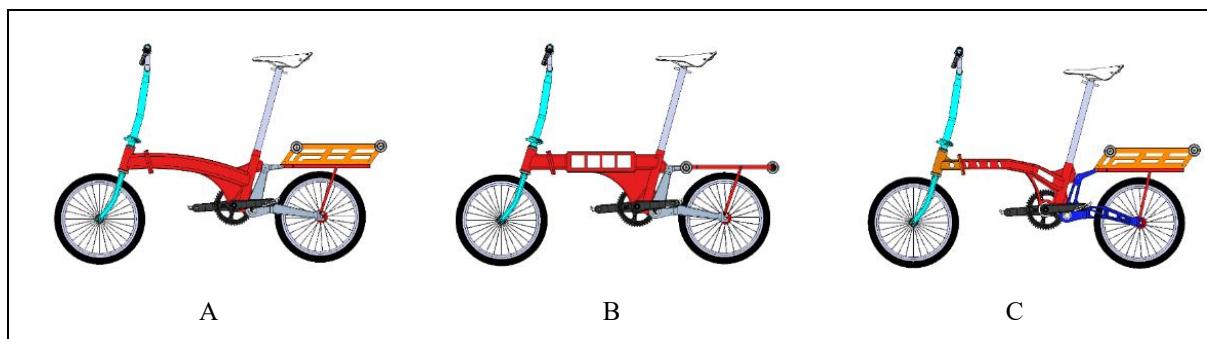
Simulasi Desain

Melakukan simulasi pembebanan pada desain rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik yang telah dibuat menggunakan perangkat lunak CAE. Simulasi pembebanan dilakukan dengan memberikan beban total 99,5 kg. Simulasi tersebut menghasilkan data *von mises stress*, *displacement*, dan faktor keamanan pada desain yang dihasilkan. Jika nilai faktor keamanan berada di bawah 2, maka akan dilakukan evaluasi dan perancangan ulang hingga mencapai nilai faktor keamanan yang diharapkan.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil Desain

Proses perancangan dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD. Pada perancangan ini telah menghasilkan 3 varian desain purwarupa rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik. Setiap varian desain mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Dari ketiga varian desain tersebut, akan dipilih yang terbaik untuk dapat menarik minat pembeli serta memenuhi keamanan sebuah sepeda lipat listrik. Gambar 1 adalah tiga varian desain yang dimaksud.

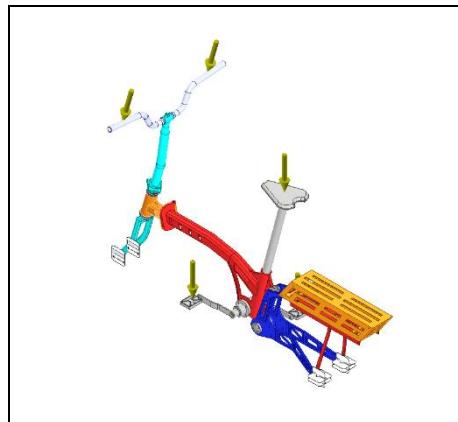


Gambar 1. Varian Desain: A) Proto A; B) Proto B; C) Proto C

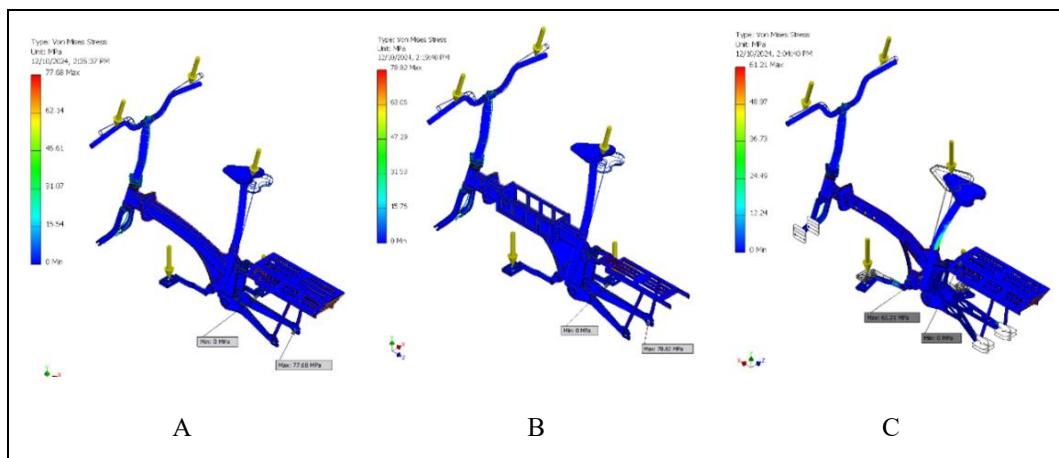
Pada Proto A, rangka mempunyai bentuk melengkung dengan rongga pada bagian dalamnya dan tempat baterai ditempatkan di atas bongcengan. Untuk meringankan massa rangka, Proto A perlu dikembangkan lagi. Pengembangan pada Proto A menghasilkan Proto B dan Proto C. Pada Proto B, tempat baterai menyatu dengan rangka utama dengan bentuk rangka lurus. Pada Proto C, terjadi penyesuaian bentuk rangka, pengurangan ukuran, dan penambahan lubang pada bagian rangka.

Hasil Simulasi

Proses simulasi dan analisis pembebanan pada rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik dilakukan menggunakan perangkat lunak CAE. Simulasi dilakukan pada posisi pengendara duduk dengan kedua kaki berada pada pedal. Material yang digunakan pada simulasi adalah aluminium A356. Aluminium A356 memiliki sifat fisis dan mekanis yaitu, massa jenis 2,67 g/cm³, *hardness knoop* 112, **kekuatan tarik** \geq 234 MPa, **kekuatan luluh** \geq 165 MPa, *modulus young* 72,4 GPa, *elongation at break* 3,5%, *poisson ratio* 0,33%, modulus geser 27,2 GPa, dan kekuatan geser 143 Mpa [8]. *Constraints* ditempatkan pada bagian dudukan as roda depan dan belakang. Pembebanan dengan sampel massa pengendara 99,5 kg. Massa pengendara dibagi menjadi 3 titik berat, yaitu 50 kg pada sadel/batang sadel, 18 kg pada masing masing pedal kanan dan kiri, dan 6,75 kg pada masing-masing bagian kanan dan kiri stang [9]. Visualisasi pembebanan dapat dilihat pada Gambar 2.

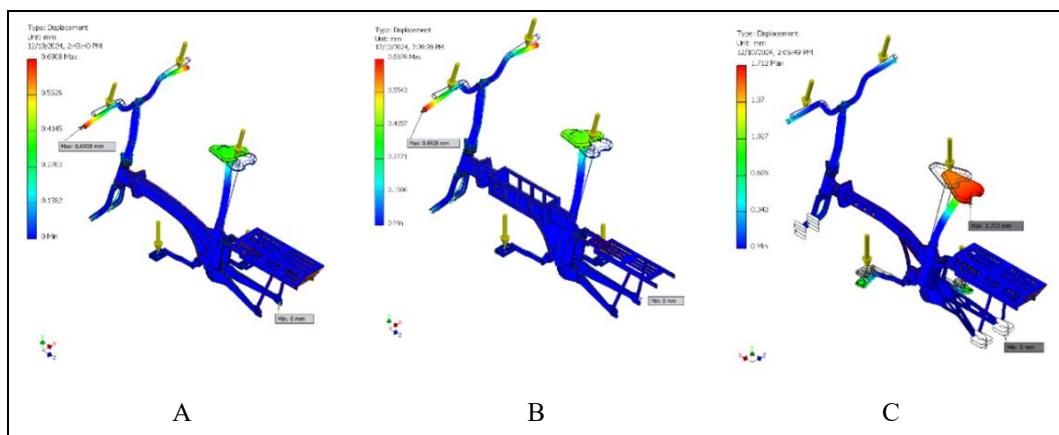


Gambar 2. Visualisasi titik pembebahan pada rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik



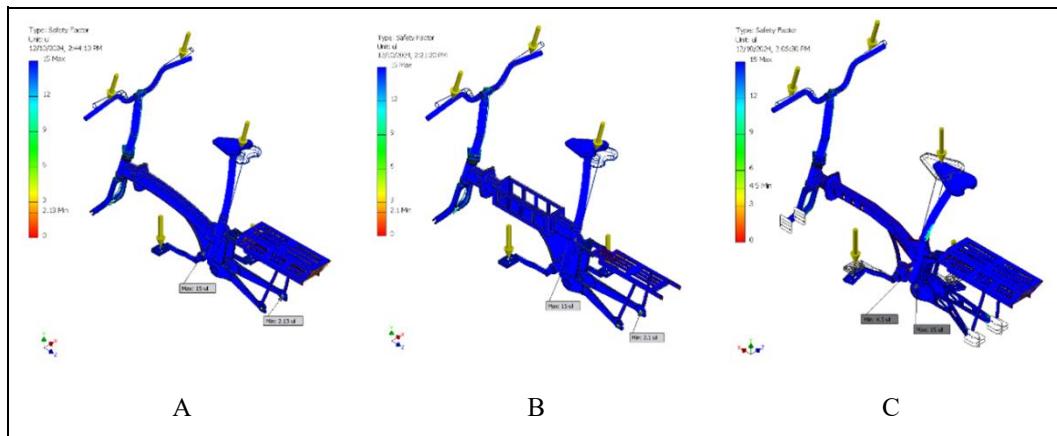
Gambar 3. Visualisasi *von mises stress* pada rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik: A) Proto A; B) Proto B; C) Proto C

Pada Gambar 3 menunjukkan *von mises stress* terbesar yang terjadi. *Von mises stress* merupakan tegangan yang terjadi pada suatu desain setelah dilakukan simulasi pembebahan [10]. *Von mises stress* dapat digunakan untuk menghitung nilai faktor keamanan [11]. Pada Proto A dan Proto B, *von mises stress* terbesar terjadi pada dudukan as roda belakang, dengan nilai 77,68 MPa pada Proto A dan 78,82 MPa pada Proto B. Pada Proto C *von mises stress* terbesar terjadi pada as pedal dengan nilai 61,21 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa desain aman, dikarenakan *von mises stress* yang terjadi tidak melebihi kekuatan luluh material [12].



Gambar 4. Visualisasi *displacement* pada rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik: A) Proto A; B) Proto B; C) Proto C

Pada Gambar 4 terlihat beberapa komponen mengalami *displacement*. *Displacement* merupakan perubahan bentuk suatu desain setelah dilakukan simulasi pembebahan [13]. Bagian yang mengalami *displacement* terbesar ditandai dengan warna merah, sedangkan bagian yang tidak mengalami *displacement* ditandai dengan warna biru. Pada Proto A dan Proto B, terlihat warna merah pada bagian ujung kemudi yang menunjukkan *displacement* sebesar 0,6908 mm. Pada Proto C, terlihat warna merah pada bagian sedel yang menunjukkan *displacement* sebesar 1,712 mm.



Gambar 5. Visualisasi faktor keamanan pada rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik: A) Proto A; B) Proto B; C) Proto C

Pada Gambar 5 menunjukkan warna biru yang dominan. Warna biru yang dominan pada rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik menunjukkan bahwa desain rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik sangat kokoh. Selain warna biru, terlihat warna kuning tua pada Proto A dan Proto B yang terletak pada dudukan as roda belakang, serta warna hijau pada Proto C yang terletak pada as pedal. Warna - warna tersebut menunjukkan faktor keamanan pada desain. Faktor keamanan merupakan perbandingan antara tegangan maksimum dan tegangan ijin dari suatu material. Faktor keamanan juga dapat diartikan kekuatan suatu desain dalam menahan beban yang terjadi [14]. Warna kuning tua pada Proto A dan Proto B menunjukkan nilai faktor keamanan terkecil sebesar 2,1, sedangkan, warna hijau pada Proto C menunjukkan nilai faktor keamanan terkecil sebesar 4,5. Faktor keamanan haruslah lebih besar dari pada 1,0 untuk menghindari kegagalan. Faktor keamanan yang disarankan yaitu di atas 2, disesuaikan dengan keadaan. Kemungkinan kegagalan menjadi tinggi apabila faktor keamanan sangat rendah, sehingga diperlukan perbaikan pada rancangan. Namun, apabila faktor keamanan sangat besar, maka terjadi pemborosan pada material atau bahan yang digunakan [15].

Tabel 1. Perbandingan hasil simulasi desain rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik

No.	Varian desain	Von mises stress	Displacement	Faktor keamanan	Massa
1	Proto A	77,68 MPa	0,6908 mm	2,1	5,7 kg
2	Proto B	78,82 MPa	0,6908 mm	2,1	5,4 kg
3	Proto C	61,21 MPa	1,712 mm	4,5	4,6 kg

Tabel 1 menunjukkan bahwa desain terbaik yang telah dihasilkan adalah Proto C. Proto C mempunyai nilai *von mises stress* dan massa terendah dari semua desain yaitu, 61,21 Mpa dan 4,6 kg. Proto C mempunyai nilai faktor keamanan tertinggi dari semua desain yaitu, 4,51. Hal tersebut menunjukkan bahwa Proto C adalah desain yang paling ringan, kokoh, dan aman dibandingkan dengan Proto A dan Proto B.

5. Kesimpulan

Rancangan rangka, bongcengan, dan tempat baterai sepeda lipat listrik yang dapat diproduksi menggunakan metode pengecoran pasir berhasil dibuat. Rancangan terbaik yang telah dihasilkan adalah Proto C, dengan nilai *von mises stress* 61,21 Mpa, *displacement* 1,712 mm, massa 4,6 kg dan faktor keamanan 4,5 pada pembebahan 99,5 kg.

Daftar Pustaka

[1] S. Kholidah, B. Tristiyono, and H. Susandari, "Desain Sepeda yang Mendukung Aktivitas dan Gaya Hidup Masyarakat Kota Metropolitan dengan Konsep Mudah dibawa dan Ringan," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 8, no. 2, pp. 307–313, 2020.

- [2] J. Barnett, *Barnett's manual: Analysis and procedures for bicycle mechanics*, 4th ed. Boulder, Colorado: VeloPress, 2003.
- [3] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, vol. 8. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
- [4] F. R. Saputra, B. Harjanto, and N. Sriwardani, "Pengaruh Variasi Penambahan Kadar Air dengan Bahan Pengikat Bentonit terhadap Karakteristik Pasir Cetak dan Cacat Porositas Hasil Pengecoran Logam Paduan Al-Si," *NOZEL J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 02, no. 04, pp. 291–300, 2020.
- [5] Suyitno and U. A. Salim, "Fabrication of Bicycle Frame of A356 Aluminum Alloys by Using Sand Casting," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 758, no. April, pp. 131–135, 2015.
- [6] A. Ginting, "Perancangan Sepeda Lipat dengan Bahan Pipa, Non Pipa, dan Perpaduan Pipa dan Non Pipa Aluminium Paduan 771.0 T6," Universitas Gadjah Mada, 2011.
- [7] Suyitno, M. Mahardika, U. A. Salim, R. Palmaris, and S. Saragih, "Rancang Bangun Frame Sepeda Urban," in *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI dan Thermofluid IV*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2012, pp. 1714–1719.
- [8] M. H. John, *Structural Alloys Handbook*. West Lafayette: Cindas LLC, 1996.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1049:2008 Sepeda – Syarat keselamatan." Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [10] K. Budarma, K. R. Dantes, and G. Widayana, "Analisis Komparatif Tegangan Statik pada Frame Ganesha Electric Vehicles 1.0 Generasi 1 Berbasis Continous Variable Transmission (CVT) Berbantuan Software Ansys 14.5," *J. Jur. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [11] H. A. W. Satrio, A. Widodo, and O. Kurdi, "Analisis Dinamis Frame Sepeda Lipat," *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 11, no. 1, pp. 72–75, 2023.
- [12] E. B. Saputra, A. Zohari, Andriansyah, and W. B. Sulistyo, "Analysis Static of Chassis Robot Arm as Design Modification Induction Melting Furnace Machine Using FEA Method," *J. Renew. Energy Mech.*, vol. 6, no. 02, pp. 85–98, 2023.
- [13] R. Ramadhan *et al.*, "Stress Analysis pada Komponen Silinder Pengepresan Mesin Up-Press Hidrolik Minyak Kakao di PT . Aneka Usaha Laba Jaya Utama," *J. Mech.*, vol. 14, pp. 1–7, 2023.
- [14] F. Anggara, "Validasi Nilai Simulasi Faktor Keamanan Pada Putaran Kritis Poros ST41," *Quantum Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–37, 2020.
- [15] T. Mulyanto and A. D. Sapto, "Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian dengan Software Solidworks," *Presisi*, vol. 18, no. 2, pp. 24–29, 2017.