

Analisis defleksi dan kekuatan pada *steering stem* sepeda motor dengan metode simulasi elemen hingga

Jamal Muhammad Afiff¹, Tono Sukarnoto¹, Mohammad Fajar Ramdhani²

¹Staff Pengajar, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

²Mahasiswa, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti
Jl. Kyai Tapa No. 1 Grogol, DKI Jakarta 11440

Email korespondensi: jamal@trisakti.ac.id

Abstrak

Industri otomotif dan manufaktur khususnya sepeda motor dituntut untuk terus berkembang, misalnya dengan penggantian jenis material untuk komponen tertentu agar lebih ekonomis namun tetap memenuhi fungsi. Sebagai contoh perubahan material yang sebelumnya dibuat dari baja cor menjadi aluminium cor untuk komponen *steering stem* atau biasa disebut dudukan segitiga pada sepeda motor. Kajian ini bertujuan mengkaji apakah perubahan material *steering stem* dari baja cor SC450 ke aluminium cor AC4CH tetap aman untuk diaplikasikan pada sepeda motor jenis skuter matik (skutik). Dalam pelaksanaannya dilakukan simulasi pembebanan statis dari berat kendaraan ditambah penumpang dan beban impact disaat kendaraan melaju dengan kecepatan 40 km/jam. Analisis menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak Ansys. Hasil analisis menunjukkan nilai defleksi tertinggi untuk material AC4CH sebesar 0,17 mm, sedangkan pada material SC450 sebesar 0,11 mm. Ada pun tegangan maksimum yang terjadi untuk AC4CH sebesar 181 MPa masih di bawah kekuatan material 250 MPa. Untuk material SC450, tegangan maksimum yang terjadi 233 MPa, masih di bawah kekuatan material 450 MPa. Dari hasil ini menunjukkan bahwa meskipun kekuatan aluminium cor AC4CH lebih rendah dari pada baja cor SC450, namun AC4CH masih aman untuk diaplikasikan sebagai material *steering stem* skutik dengan keuntungan bobotnya lebih ringan.

Kata kunci: perubahan material, *steering stem*, defleksi, metode elemen hingga.

Abstract

Manufacture and automotive industry, especially motorcycle needs to improve its product to stay competitive. one of those improvements is changing material of a certain part for economic reasons but still fulfill its function. Substituting from steel casting to aluminum casting for *steering stem* on motorcycle is an example. This study aims to examine the strength of aluminum casting AC4CH to substitute current material steel casting SC450 for *steering stem* of an automatic scooter. Simulation analysis was done for static load on two conditions. First, normal driving, vehicle weight and passengers' weight, second impact load when motorcycle hit obstacle with velocity 40 km/h. The analysis with Finite Element Method (FEM) using Ansys. The analysis result for maximum deflection, 0.17 mm for AC4CH dan 0.11 mm for SC450. Maximum stress 181 MPa for AC4CH, below its tensile strength 250 MPa and 233 MPa for SC450, below its tensile strength 450 MPa. These result show that event the tensile strength of AC4CH is lower than SC450 but using AC4CH for *steering stem* of an automatic scooter is still safe with advantage in reducing weight.

Keywords: changing material, *steering stem*, deflection, finite element method.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri otomotif di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan perkembangan yang terbilang atraktif. Salah satu kajian menyatakan, data yang dipublikasikan Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (GAIKINDO), mengenai geliat prospek dan tantangan industri otomotif Indonesia, menyebutkan sepanjang tahun 2019 tercatat 1.100.950 unit sepeda motor terjual, naik 19,4% dari tahun 2018 (922.123 unit) [1]. Tren kenaikan juga terjadi pada penjualan mobil dengan data 851.430 unit mobil terjual pada 2018, atau naik 10,85% dibanding dengan tahun 2017 (786.120 unit).

Dilihat dari perkembangan penggunaan material pada kendaraan otomotif pun saat ini telah terjadi peralihan penggunaan material. Kajian yang membahas

penggunaan pada komponen kendaraan sepeda motor maupun mobil diketahui bahwa, komponen berbahan dasar paduan besi beralih ke material berbahan dasar plastik atau paduan aluminium [2]. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa penggunaan material dengan massa jenis tinggi akan dialihkan dengan penggunaan material dengan massa jenis yang relatif rendah. Peralihan penggunaan material dari massa jenis yang tinggi juga didasarkan pada adanya penghematan terhadap bahan bakar yang digunakan dalam sebuah kendaraan. Dalam kajian yang telah dilakukan bahwa menggunakan teknologi yang tepat pada komponen material yang ringan, tetapi kuat untuk mengurangi berat kendaraan akan meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan bakar minyak (BBM) [3].

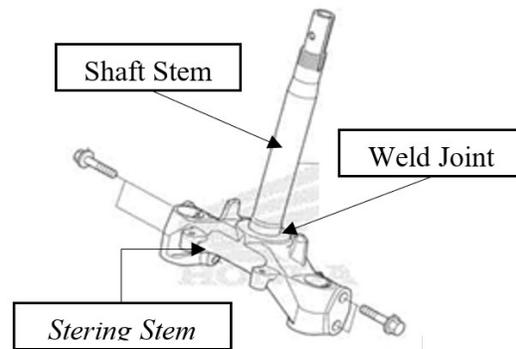
Komponen sepeda motor yang akan dilakukan studi perubahan material dari massa jenis tinggi ke rendah ini salah satunya yakni produk *steering stem* atau biasa disebut dengan dudukan segitiga sepeda motor pada sepeda motor jenis skuter matik. Sebelumnya *steering stem* dibuat dari baja cor seperti SC450, logam ringan yang akan digunakan untuk menggantikan adalah aluminium cor (*die casting*) AC4CH. Salah satu kajian menyebutkan bahwa AC4CH banyak digunakan pada komponen otomotif yang berbentuk kompleks seperti, blok silinder, rumah transmisi dan rumah konverter (torsi) [4]. Kekuatan tarik AC4CH T6 minimum 250 MPa sesuai JIS H 5202 : 2010.

Pembebanan yang terjadi pada *steering stem* dapat mengakibatkan adanya defleksi, sehingga *steering stem* ini harus memiliki kemampuan untuk menahan terjadinya defleksi dalam keadaan batas yang sesuai standar dan tidak patah disaat sepeda motor dalam keadaan menahan beban diam atau melakukan perjalanan. Untuk itu perlu dilakukan analisis terhadap distribusi tegangan, defleksi akibat penggantian jenis material. Metode analisis yang dilakukan menggunakan simulasi metode elemen hingga (MEH).

Sistem rangka sepeda motor merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk menunjang kendaraan dalam segi basis statis dan basis dinamis. Basis statis ini difungsikan sebagai penyangga beban pengemudi, penumpang, mesin dan komponen aksesoris penunjang sepeda motor seperti halnya tangki dan lain-lain. Sedangkan pada basis dinamis ini yakni difungsikan untuk menunjang kepresisian saat pengendara sepeda motor mengemudi, kemampuan *good roadhold*, *handling*, dan kenyamanan pengendara untuk terhindar dari kelelahan saat berkendara [5],[6].

Konstruksi *steering stem* atau biasa disebut dengan dudukan segitiga untuk skutik ditunjukkan pada Gambar 1. Bagian bawah *steering stem* menjepit bagian atas *shock breaker* jenis telekopik yang sekaligus berfungsi sebagai konstruksi pemegang roda depan dan sistem rem. Pada bagian atas *steering stem* terdapat *shaft stem* sebagai poros kemudi yang bisa berputar bebas pada rangka utama skutik.

Sambungan jepit antara *shaft stem* dengan *steering stem* dilas mati, sedangkan sambungan jepit dengan batang *shock breaker* dikencangkan dengan baut.

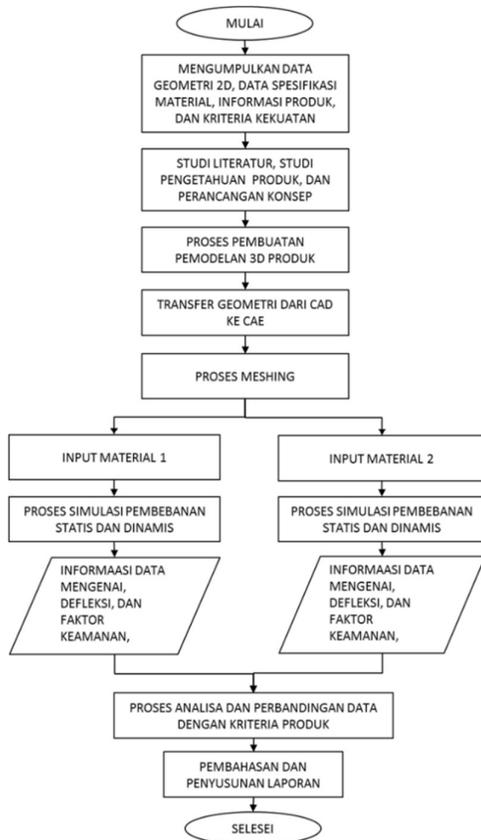


Gambar 1. Konstruksi steering stem pada skutik [7].

Metode elemen hingga digunakan untuk menyelesaikan permasalahan fisik dalam analisis *engineering* dan *design*. Permasalahan fisik biasanya melibatkan kondisi struktural secara aktual untuk pembebanan tertentu. Keidealan suatu permasalahan fisik membutuhkan model perhitungan matematik kompleks dan membutuhkan asumsi tertentu yang akan mengantarkan kepada persamaan diferensial sebagai perintah model matematik, dengan metode analisis elemen hingga ini dapat menyelesaikan model matematika tersebut [8]. Konsep dasar dari metode elemen hingga ini adalah dengan diskritisasi atau membagi benda menjadi elemen-elemen yang saling terhubung satu sama lain oleh *nodes*, persamaan aljabar pun dapat dibuat pada masing-masing *nodes* tersebut yang kemudian dapat diperoleh solusinya [9]. Beberapa analisis MEH sebelumnya dengan perangkat lunak Ansys seperti, analisis kekuatan gerbong datar oleh [10], analisis *lower guard frame* oleh [11], menunjukkan dengan pemilihan parameter yang tepat perlu disertai pendekatan analitis agar menghasilkan hasil analisis yang cukup akurat.

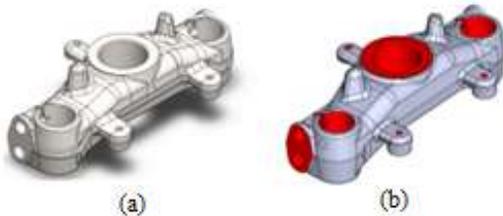
2. Metode

Kajian ini dilakukan dengan pemodelan dari ukuran sesungguhnya *steering stem* skutik matik. Dari model tadi kemudian dilakukan analisis MEH dengan Ansys. Analisis dilakukan untuk material baja cor SC450 dan aluminium cor AC4CH. Gambar 2 menunjukkan diagram alir metode kajian.



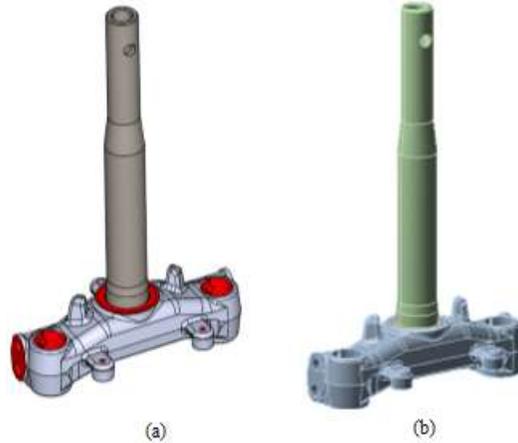
Gambar 2. Diagram alir kajian.

Pada tahap ini, pemodelan tiga dimensi (3D) produk dilakukan dengan cara melakukan *3D scanning* terhadap produk asli dari *steering stem*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3(a). Kemudian dari hasil *3D scanning*, selanjutnya dilakukan *input* data 3D ke dalam CAD menggunakan Solidworks untuk dilakukan perbaikan kesesuaian data 3D dengan data gambar dua dimensi (2D), seperti ditunjukkan pada Gambar 3(b).



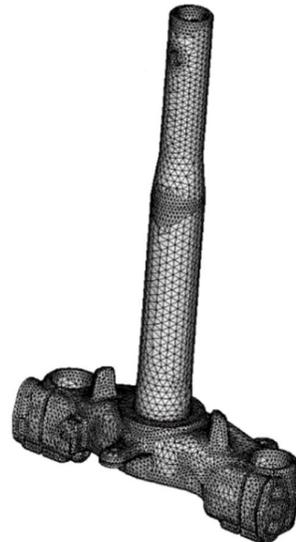
Gambar 3. Pemodelan steering stem (a) hasil 3D scanning, dan (b) hasil pengolahan CAD.

Hasil dari data 3D yang telah dilakukan perbaikan dengan Solidworks ini selanjutnya dilakukan proses penggambaran model *3D assembly* secara utuh dengan penambahan model *stem shaft*, seperti ditunjukkan pada Gambar 4(a). Selanjutnya setelah dilakukan pemodelan utuh menggunakan *shaft stem* lalu dilakukan transfer data model geometri 3D dari file CAD ke dalam file CAE dalam bentuk file stp, seperti yang digambarkan pada Gambar 4(b).



Gambar 4. Pemodelan assembly steering stem (a) pemodelan 3D CAD, dan (b) pemodelan 3D CAE.

Meshing dibuat menggunakan tetrahedral pada daerah-daerah yang rumit seperti pada lekukan geometri karena keunggulan *mesh* tetrahedral yang mampu membentuk berbagai bentuk geometri yang rumit. Proses *meshing* dilakukan dengan SALOME_MECA *mesh*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



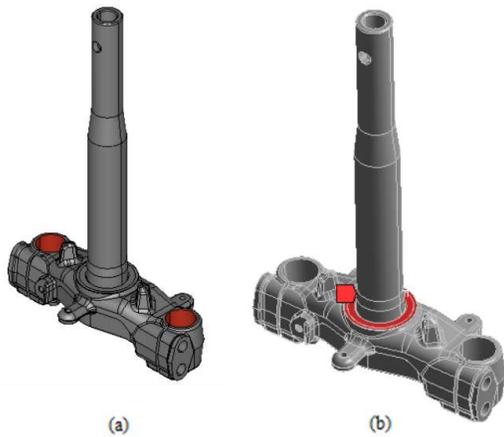
Gambar 5. Hasil proses meshing.

Asumsi pembebanan digunakan untuk mempermudah analisis pengujian *steering stem*. Pembebanan yang diasumsikan dalam pengujian ini adalah pembebanan statis, yaitu sebesar 220 kg berasal dari berat kendaraan ditambah dengan berat penumpang, dan pembebanan impact akibat tabrakan ketika sepeda motor melaju dengan kecepatan 40 km/jam.

Pada simulasi ini digunakan *solver* Finite Element Analysis (FEA) code_aster yang berada di dalam *environment* SALOME_MECA. Adapun kondisi batas utama yang digunakan adalah *fixed support* dan beban gaya.

Pengaturan *fix support* digunakan untuk membatasi gerakan landasan (*bending*) baik translasi maupun rotasi. *Fix support* yang digunakan adalah pada luas permukaan lubang cekam suspensi depan seperti dapat dilihat pada Gambar 6(a).

Pengaturan beban gaya yakni menempatkan daerah yang diasumsikan sebagai permukaan yang dikenakan pembebanan, baik secara pembebanan statis maupun dinamis. Beban gaya yang dikenakan adalah pada badan *steering stem* dengan daerah permukaan dudukan rangka badan, seperti dapat dilihat pada Gambar 6(b).

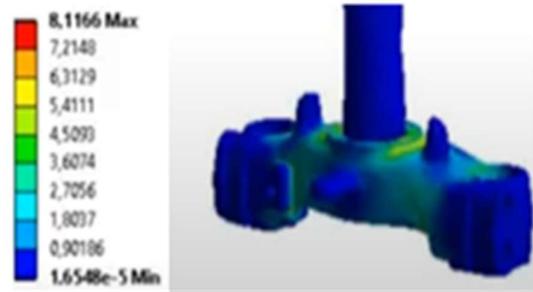


Gambar 6. Pengaturan komputasi (a) area *fix support*, dan (b) area pembebanan gaya.

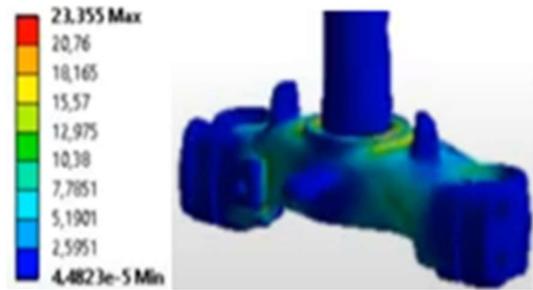
3. Hasil dan Pembahasan

Distribusi tegangan akibat pembebanan statis pada *steering stem* untuk material AC4CH-T6 dan SC450 menunjukkan nilai maksimum tegangan yang sama besar, yaitu 15,9 MPa, di mana tegangan terbesar terjadi pada daerah *rib* penampang bagian bawah *steering stem* seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

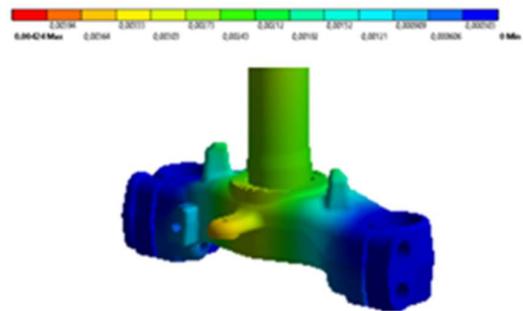
Pengujian beban impact disimulasikan ketika roda depan kendaraan menabrak dalam kondisi lurus pada kecepatan 40 km/jam. *Steering stem* dengan material SC450 mengalami tegangan maksimum dengan nilai sebesar 233,55 MPa, pada posisi tengah antara lubang *stem* dengan *shaft stem*, seperti ditunjukkan pada Gambar 8, sedangkan untuk AC4CH-T6 tegangan bernilai sebesar 181,16 MPa seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 7. Distribusi tegangan akibat beban statis 220 kg.

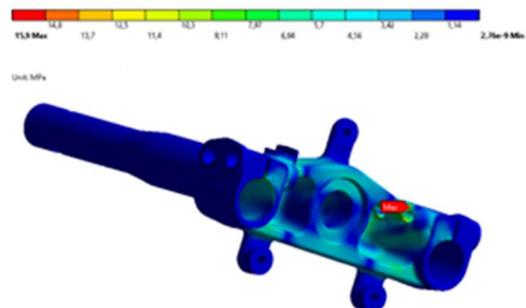


Gambar 8. Hasil simulasi tegangan akibat beban impact untuk material SC450.

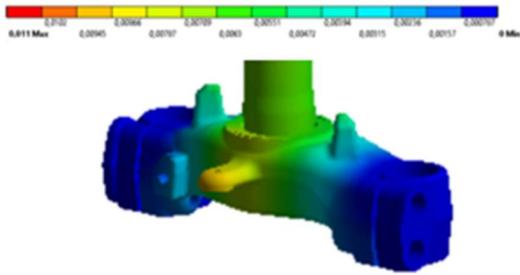


Gambar 9. Hasil simulasi tegangan akibat beban impact untuk material AC4CH-T6.

Defleksi yang terjadi pada *steering stem* dengan pembebanan statis terjadi dengan nilai maksimum untuk SC450 sebesar 0,00424 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Sedangkan untuk material AC4CH-T6 defleksi terjadi sebesar 0,011 mm seperti pada Gambar 11.



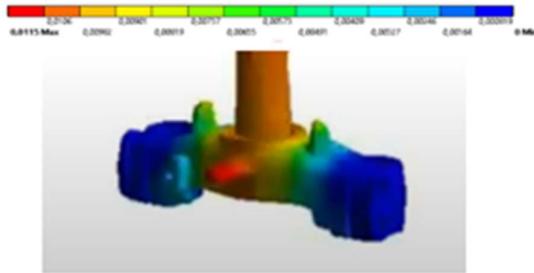
Gambar 10. Hasil defleksi pembebanan statis untuk material SC450.



Gambar 11. Hasil defleksi pembebanan statis untuk material AC4CH-T6.

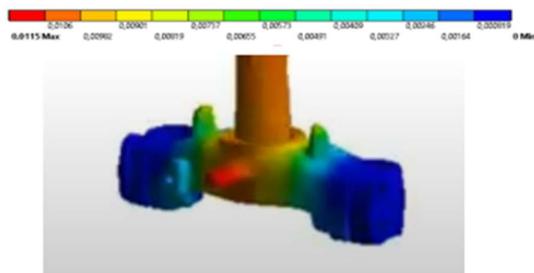
Defleksi maksimal pada kedua material terjadi pada daerah tengah bagian *steering stem* atau di antara lubang *stem* dengan *shaft stem*.

Defleksi yang disebabkan oleh beban impact pada *steering stem* SC450, terjadi dengan nilai maksimum sebesar 0,115 mm pada posisi tengah antara lubang *stem* dan *shaft stem* seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil defleksi pembebanan impact untuk material SC450.

Sedangkan pada *steering stem* AC4CH-T6, defleksi terjadi dengan nilai maksimum sebesar 0,1754 mm pada posisi yang sama seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil defleksi pembebanan impact untuk material AC4CH-T6.

Rangkuman keseluruhan hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 1. Dari perbandingan σ_{max} / σ_u terlihat nilainya lebih besar dari 1, yang menunjukkan bahwa kedua material aman untuk menerima beban yang disimulasikan. Pada AC4CH-T6, nilainya 1,1 meski masih aman, perlu dilakukan penguatan pada bagian yang kritis agar tegangan maksimum yang terjadi mengecil.

Tabel 1. Data hasil analisis Ansys.

| Material | Jenis Beban | Tegangan Von Mises (σ_{max}) [MPa] | Kekuatan (σ_u) [MPa] | Rasio σ_{max}/σ_u [-] |
|----------|-------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|
| SC450 | (1) | 15,9 | 450 | 14,15 |
| | (2) | 233 | 450 | 1,28 |
| AC4CH | (1) | 15,9 | 270 | 12,26 |
| | (2) | 181 | 270 | 1,1 |

Catatan:

- (1) Beban Statis dan Dinamis (Mesin + Pengemudi)
- (2) Beban Impact (Kecepatan 40 km/jam)

4. Kesimpulan

Distribusi tegangan pada *steering stem* pembebanan statis dan dinamis memiliki nilai maksimum sebesar 15,9 MPa untuk kedua material, dengan area tegangan maksimum tersebut berada pada posisi *rib* penampang bawah, sedangkan nilai maksimum pada pembebanan dengan kondisi sepeda motor menabrak pada kecepatan 40 km/jam yakni bernilai sebesar 233 MPa untuk SC450, dan 181 MPa untuk AC4CH-T6, dengan area tegangan maksimum pada tengah antara lubang *stem* dan *shaft stem*.

Nilai defleksi tertinggi terjadi pada pembebanan impact, dan terlihat bahwa pada bahan AC4CH-T6 memiliki nilai maksimum yang lebih tinggi 0,175 mm dibandingkan dengan bahan SC450 dengan nilai maksimum 0,116 mm.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada PT Astraotoparts Divisi Nusametal yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menggunakan salah satu model komponen dalam analisis ini.

Daftar Pustaka

- [1] S. N. Hidayah, (2019). Geliat, Prospek, dan Tantangan Industri Otomotif Indonesia. GAIKINDO, JAKARTA.
- [2] I. N. Prima, (2010). Pengaruh Penambahan Fe dan Sr Terhadap Pembentukan Fasa Intermetalik dan Nilai Fluiditas Metode Vakum pada Paduan Al-7 % Si dan Al-11 % Si. *Disertasi Universitas Indonesia*.
- [3] B. Sitorus, R. D. R. Hidayat, and O. Prasetya, (2014). Pengelolaan Penggunaan Bahan Bakar Minyak yang Efektif pada Transportasi Darat. *Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik*, vol. 01, no. 02, pp. 117–126.
- [4] M. Okayasu, Y. Miyamoto, K. Morinaka, (2015). Material Properties of Various Cast Aluminum Alloys Made Using a Heated Mold Continuous Casting Technique with and without Ultrasonic Vibration. *Metals* 2015, 5, 1440-1453; doi:10.3390/met5031440.

- [5] J. Heckman, R. Pinto, and P. A. Savelyev, (1967). *Motorcycle Handling And Chassis Design*. Angew. Chemie Int. Ed. 6(11), 951–952.
- [6] V. Cossalter, (2006) *Motorcycle Dynamics* (Second Edition).
- [7] PT. Astra Honda Motor, (2016), Spesifikasi Motor Honda Beat. <http://www.astra-honda.com/produk/kendaraan/beat-esp/>.
- [8] S. S. Rao, (2010). *The Finite Element Method in Engineering*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- [9] M. D. Nugraha, (2019). Analisa Numerik Kekuatan Velg Sepeda Motor Yang Dibebeani Dengan Beban Impact,” Tugas Akhir UMSU, p. 10.
- [10] T. Andreas, T Sukarnoto, Soeharsono, (2019). Analisis Kekuatan Struktur pada Gerbong Datar. *MESIN*, Volume 10 Nomor 1, Januari 2019, hal. 29-34
- [11] T. Sukarnoto, R. H. Nugroho, and Y. Mujalis, (2021). Pengujian dan Analisis Lower Guard Frame pada Kendaraan Bak Terbuka Menggunakan Metode FEA Static Analysis. *Journal of Mechanical Engineering & Mechatronics* vol. 6, no. 1, pp. 22–31, 2021.