

Analisis Knuckle Arm Mobil Listrik Anobrain AR-1 dengan Metode Finite Element

Hafidz El Fariz^{1*}, Kardiman², Boni Sena³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang Indonesia

*Koresponden email: hafidzelfariz1507@gmail.com

Diterima: 22 Desember 2023

Disetujui: 26 Desember 2023

Abstract

The aim of this research is to analyze the mechanical strength of knuckles, made from aluminum 6061 and alloy steel, using static analysis at maximum load. This maximum load is obtained from calculating the tire reaction load. Finally, this research uses the finite element method which produces results in Solidwork software to produce static analysis of the knuckle model. From the results of the simulation and analysis of the components, the level of displacement, stresses and safety factors will be known. The main reference for the results of this analysis is the safety factor. This research is used as a reference for the electric car team. The knuckle arm is very important so it must be paid attention to because damage to the knuckle arm affects the stability of the vehicle.

Keywords: *knuckle arm, aluminum 6061 t6, alloy steel, finite element, software solidwork*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis kekuatan mekanis knuckle, dibuat dari material aluminium 6061 dan *alloy steel*, dengan menggunakan analisis statis pada pembebanan maksimal. Beban maksimal ini diperoleh dari perhitungan pembebanan reaksi ban. Akhirnya, Penelitian ini menggunakan metode *finite element* yang menghasilkan sebuah hasil pada *software solidwork* untuk menghasilkan analisis statis pada model *knuckle*. Dari hasil simulasi dan analisis komponen-komponen akan diketahui tingkat *displacement*, *stresses*, dan *safety factor*. Acuan utama dari hasil analisis ini adalah angka keamanan (*safety factor*), penelitian ini dijadikan untuk referensi tim mobil listrik, *knuckle arm* sangat penting sehingga harus diperhatikan karena kerusakan pada *knuckle arm* mempengaruhi kestabilan kendaraan.

Kata Kunci: *Knuckle Arm, Finite Element, Software Solidwork.*

1. Pendahuluan

Steering knuckle arm suatu bagian terpenting dalam kendaraan roda empat sebagai penghubung roda ke lengan suspensi,udukan *kaliper* rem dan kemudi, termasuk bobot kendaraan, menahan gaya belok dan pengereman, bahkan sedikit kerusakan pada *steering knuckle arm* dapat mempengaruhi keselarasan roda yang mengganggu kestabilan kendaraan.

Macam-macam bentuk *steering*, *steering knuckle with spindle*, *steering knuckle with hub* dan *Upright* kerusakan yang sering terjadi pada kedua *knuckle* yaitu *bushing rod*, kerusakan *warping* atau kerusakan bengkok, titik pemasangan cacat, sambungan bola dan batang pengikat *knuckle* yang menyebabkan bunyi pada saat mobil di belokan, Karena *steering knuckle arm* adalah bagian dari sistem suspensi dan saling berhubungan, buku jari dikenai kombinasi beban termasuk gaya normal kompresi dan tarikan, dan beban kejut. Oleh karena itu, material yang digunakan harus memiliki kekuatan dan keuletan yang cukup sesuai dengan standar kerja. Material yang digunakan sebagai *steering knuckle* harus memiliki ketangguhan yang tinggi[1]. Desain *steering knuckle arm* juga mempengaruhi geometri suspensi karena menentukan sudut kemiringan sumbu kemudi.

Penelitian terdahulu yang membahas *steering knuckle arm* pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Seperti yang dilakukan oleh Sushant karri (2021). Pada penelitiannya bertujuan untuk optimalisasi berat pada penggunaan *steering knuckle arm* paduan aluminium. Penurunan berat suspensi akan memberikan substansi dan efisiensi bahan bakar. *Knuckle arm* memberikan banyak bobot maksimum komponen suspensi yang membutuhkan penurunan berat yang tinggi. *Steering knuckle arm* mengalami beban yang berubah-ubah terhadap waktu selama kinerjanya yang menyebabkan kegagalan kelelahan. Oleh karena itu desain *knuckle arm* menjadi pertimbangan dalam siklus pengembangan produk. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengurangi bobot. *knuckle arm* kendaraan berpenggerak belakang yang memiliki sistem suspensi tipe *double wishbone*. Makalah ini berfokus pada statis analisis dan optimalisasi bentuk. Analisis

elemen hingga telah digunakan untuk mengimplementasikan optimasi dan mempertahankan tingkat stres dan deformasi dan mencapai kekakuan tinggi[2].

Penelitian yang dilakukan oleh Chaudhari (2020) tujuan penelitiannya adalah merancang dan memproduksi *steering knuckle arm* dan hub roda yang mendukung beban dalam kondisi dinamis dan ringan. Di temukan bahan terbaik untuk komponen *steering knuckle arm* adalah paduan aluminium 6061 T6 dan EN8 yang memiliki karakteristik dan mekanik yang sangat baik dan juga ringan[3].

Pada penelitian sebelumnya telah di lakukan penelitian Abati Arum Kumar (2020) Perancangan komponen *Steering Knuckle* dilakukan dengan bantuan Computer Aided Engineering (CAE). Kemudian Model buku jari disiapkan dalam catia dan analisis statis dan analisis modal dilakukan di ANSYS WORKBENCH15.0 menyimpulkan EN24 dan Al 7075 adalah yang cocok bahan karena kurang stres dan modal deformasi analisis (frekuensi dan deformasi total) juga puas menyimpulkan EN24 dan Al 7075 cocok untuk manufaktur untuk buku jari kemudi[4].

Kushal Tarani (2020) Membentuk metode optimasi digunakan dalam mengurangi bobot yang meningkatkan karakteristik bobot tanpa membawa setiap perubahan signifikan dalam kekakuan struktur. Itu pengurangan bobot menurunkan massa unsprung kendaraan sehingga meningkatkan kualitas berkendara[5].

Saurabh Srivastava (2020) Hasil simulasi menunjukkan bahwa deformasi maksimum pada buku jari kemudi asli dan buku jari kemudi yang dioptimalkan pada pemasangan suspensi yaitu 0,2644 mm dan 0,32045 mm, masing-masing Demikian pula di buku jari aslinya, tegangan maksimum sebesar 116,69 MPa yang dikembangkan pada akar penyangga sedangkan pada kemudi yang dioptimalkan secara topologi tegangan maksimum buku jari sebesar 121,92 MPa yang dikembangkan pada pemasangan rem Dari perbandingan hasil *steering knuckle* yang ada dan buku jari kemudi yang dioptimalkan secara topologi, sudah menemukan bahwa deformasi dan tegangan yang diinduksi sedikit tinggi di buku jari kemudi yang dioptimalkan daripada kemudi yang ada buku jari, tetapi terletak pada faktor keamanan yang dibenarkan. Dalam proses optimasi topologi, setelah optimasi topologi model CAD awal, konsentrasi tegangan di model sedikit meningkat, yang mengakibatkan penurunan faktor keamanan 2,65-2,54, yaitu 4,15% dari buku jari kemudi asli. Pengurangan massa lebih lanjut bisa dicapai dengan mengompromikan faktor keamanan, tetapi dalam hal ini faktor keamanan studi belum dikompromikan lebih dari 4,15%. Kompromi ini dapat diabaikan. Massa dari buku jari kemudi yang dioptimalkan lebih rendah 0,5 kg dari itu dibandingkan dengan buku jari kemudi yang ada, dan karenanya faktor keamanan yang signifikan dan pengurangan massa desain diselesaikan[6].

Dari analisa data yang ada produk dengan persentase terbesar adalah *knuckle arm steering* dengan permasalahan *defect macro shrinkage*. Penyebab tingginya defect pada *knuckle arm steering* adalah ketidakstabilan proses yang diperbaiki dengan perubahan *ingate* dan *riser pattern* serta perubahan standar pada *pouring molten iron*[7].

Hasil yang diperoleh dari analisis struktural ANSYS dibandingkan dengan buku jari kemudi yang ada dan itu mengamati bahwa nilai-nilai *stres* kurang dari nilai tegangan luluh yang diizinkan. Dari FEA disimpulkan bahwa Prinsip Maksimum *strain knuckle* kemudi aluminium 1580 mikro regangan[8].

Knuckle Arm adalah salah satu bagian terpenting dalam mobil penumpang. Semua jalan dilalui *vertical, lateral, longitudinal* gaya langsung di berikan pada *steering knuckle arm* dengan demikian *knuckle arm* menerima beban terbesar. Selain itu, komponen ini memiliki kompleks dan variabel geometri. Dengan kata lain geometrinya berubah tergantung pada spesifikasinya sistem kemudi dan sistem suspensi termasuk koordinat spasial bagian lain, kendala perakitan, sambungan dan lain-lain. Namun tergantung pada klasifikasinya mobil, bahan yang digunakan untuk membuat *knuckle arm* berbeda yaitu komposit, aluminium dan besi cor[9].

Aluminium adalah logam yang digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk peralatan rumah tangga, konstruksi, komponen otomotif dan pesawat terbang (dirgantara). Dengan melimpahnya sumber daya bijih aluminium di bumi, diharapkan penggunaan aluminium sebagai bahan utama dan bahan penolong masih akan luas di masa mendatang. Selain kepadatan rendah, ketahanan korosi, dan konduktivitas listrik yang baik, aluminium akan memiliki sifat fisik dan mekanik yang unggul jika digabungkan dengan elemen dan diproses dengan metode tertentu. Sebagian besar komponen otomotif menggunakan paduan aluminium-silikon (Al-Si), yang diproduksi menggunakan proses pengecoran. Silikon (Si) adalah elemen yang digabungkan dengan aluminium, meningkatkan sifat mekanik, kemampuan cor dan kemampuan mesin[10].

Aluminium 6061 adalah logam ringan yang memiliki banyak manfaat, khususnya sifat mampu bentuk yang baik, kekakuan umumnya tinggi, dan tahan terhadap korosi. Aluminium 6061 adalah salah satu paduan aluminium yang digunakan di berbagai bidang. Aluminium 6061 digunakan dalam industri makanan dan industri otomotif. Ini karena aluminium 6061 memiliki banyak sifat unik, di antaranya ringan,

tahan korosi, mudah dilas, ditempa, dan dicor. Meskipun demikian, kekerasan dan ketahanan aus paduan aluminium ini rendah[11].

Besi tuang adalah paduan besi yang mengandung karbon, silikon, mangan, fosfor, dan belerang. Besi cor paling banyak digunakan dalam industri logam, baik sebagai bahan dasar rangka industri maupun untuk produk lain seperti komponen kendaraan bermotor, rumah pompa, sistem perpindahan dan komponen generator serta sifat ketahanan geseknya, besi cor banyak digunakan untuk bagian duduk atau luncuran bagian mesin[12].

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari tegangan, defleksi, safety faktor menggunakan metode *finite element*, dengan *software solidworks*. Tegangan Ada dua jenis beban yang menimbulkan tegangan normal, yang pertama adalah gaya aksial berupa tarik atau tekan, dan yang kedua adalah momen lentur. Defleksi Perubahan bentuk y elemen mesin sebagai akibat dari beban vertikal pada batang atau poros disebut defleksi. Lendutan balok dari posisi awalnya sebelum dibebani dikenal sebagai deformasi balok. Dari awal sebelum pembebanan hingga akhir setelah pembebanan, lendutan diukur[13].

Perangkat lunak yang disebut *solidwork* digunakan untuk mendesain mesin, alat, atau produk. *Pro-Engineer*, *NX Siemens*, *I-Deas*, *Unigraphics*, *Autodesk Inventor*, *Autodesk AutoCAD*, dan *CATIA* adalah beberapa program CAD yang bersaing dengan *Solidwork* untuk pertama kalinya pada tahun 1995. Jon Hirschtick mendirikan *Solidwork Corporation* pada tahun 1993, merekrut tim yang terdiri dari insinyur profesional untuk mengembangkan perangkat lunak CAD 3D. Perusahaan ini berkantor pusat di Concord, Massachusetts, dan produk pertamanya, *Solidwork 95*, dirilis pada tahun 1995. Dulu orang di Indonesia sudah mengenal *Autocad* untuk gambar desain teknik, namun *Autocad* sudah jarang digunakan untuk menggambar bentuk 3D karena sudah mengenal *Solidworks Program*. *Solidworks 3D* sangat membantu untuk pemodelan model (pola/model) di industri pengecoran logam karena mengurangi kesalahan pembacaan gambar dan memudahkan operator model untuk mengubah gambar menjadi model atau pola pengecoran logam. Kesalahan dalam produk dapat terjadi akibat hal ini[14].

Jika nilai faktor keamanan lebih besar dari 1.0 maka struktur dapat dikatakan berhasil mencegah kegagalan atau keruntuhan. Kelayakan peralatan dievaluasi menggunakan perhitungan faktor keamanan. Nilai faktor keamanan antara 1.0 dan 10. Nilai faktor keamanan akan berada di bawah 1.0 jika nilai kekuatan yang dibutuhkan lebih besar dari kekuatan sebenarnya; dengan kata lain, akan terjadi deformasi yang melebihi nilai batasnya, yang mengakibatkan struktur tidak berfungsi sebagaimana yang diharapkan dan dapat menyebabkan material patah [15].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode analisis. Penelitian analisis merupakan suatu yang memaparkan sebuah data dan fakta agar dapat di hubungkan dari beberapa data yang ada. Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian analisis, penelitian ini pada umumnya dilakukan menggunakan metode-metode eksperimen bersifat pengujian terhadap satu atau lebih hipotesis, untuk kemudian dilakukan kembali pengujian.

Material yang digunakan harus memiliki ketahanan korosif yang cukup baik, karena tempat kerja *steering knuckle* berada dibagian bawah kendaraan dan berhubungan langsung dengan tanah dan lumpur serta udara luar.

1. Alumunium 6061 T6(ss)

Tabel 1. Sifat mekanik material Alumunium 6061 T6 (ss)

Properties	Value
Elastic Modulus	6900000067 N/mm ²
Poissons Ratio	0.33
Density	2700 Kg/m ³
Tensile Strength	3100000021 N/mm ²
Yeild Strength	2750000009 N/mm ²

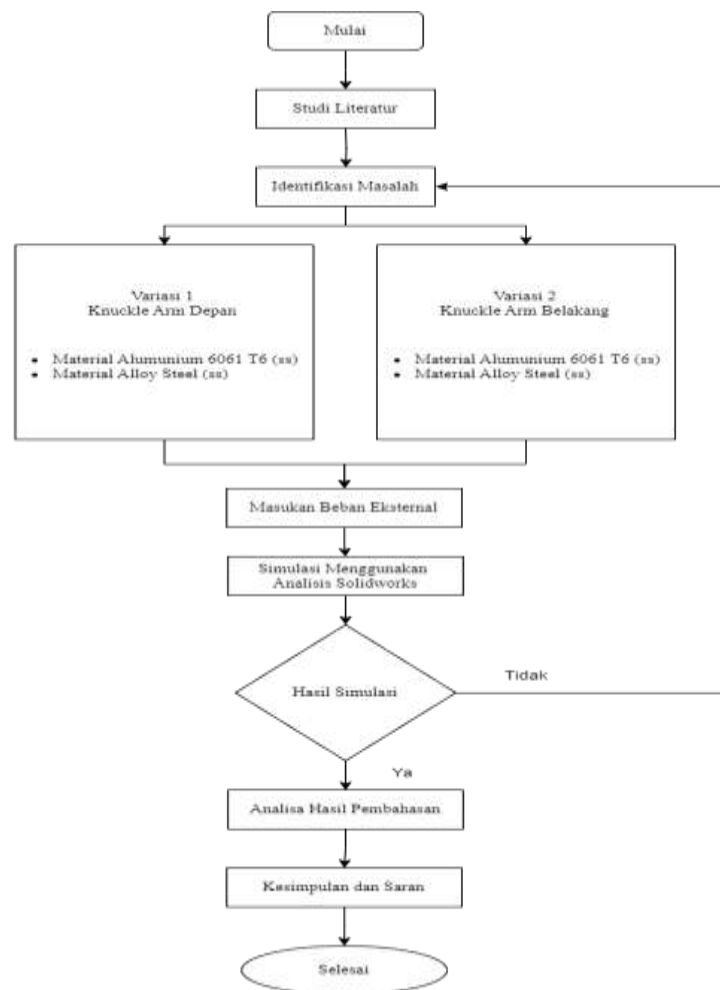
Sumber: Solidworks Material

2. Alloy Steel (ss)

Tabel 2. Sifat mekanik material Alloy Steel (ss)

Properties	Value
Elastic Modulus	210000.0005 N/mm ²
Poissons Ratio	0.28
Density	7700.000118 Kg/m ³
Tensile Strength	723.825617 N/mm ²
Yeild Strength	620.4219978 N/mm ²

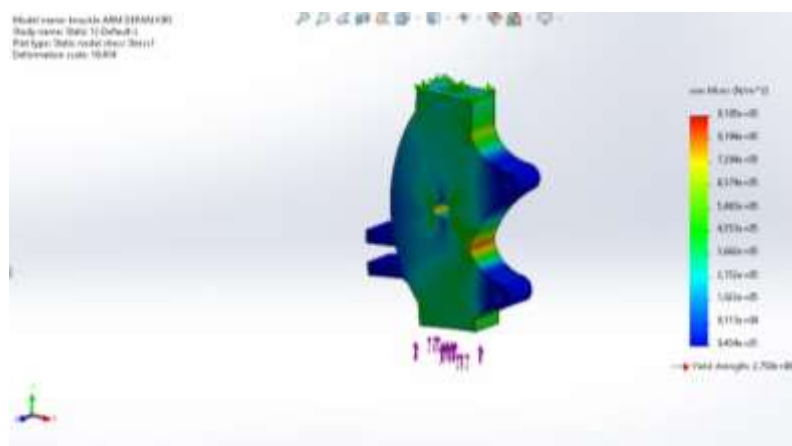
Sumber: Solidworks Material



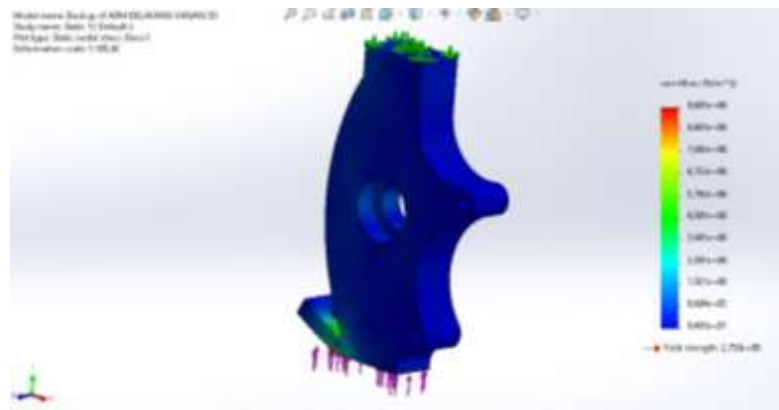
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Analisis data

3. Hasil dan Pembahasan

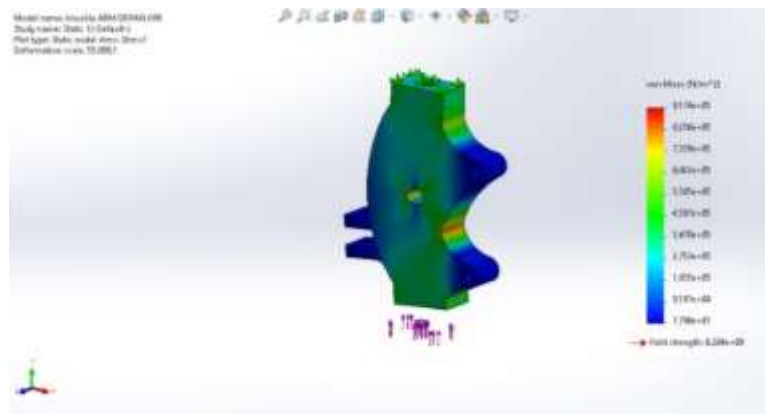
3.1. Hasil tegangan von mises pada software solidwork



Gambar 2. Hasil tegangan Aluminium 6061 T6 (ss)
Sumber: Analisis data



Gambar 3. Hasil tegangan Aluminium 6061 T6 (ss)
Sumber: Analisis data

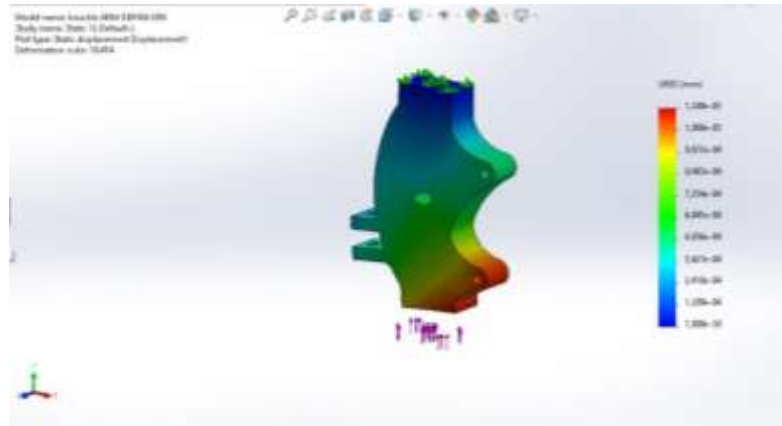


Gambar 4. Hasil tegangan Alloy Steel (ss)
Sumber: Analisis data

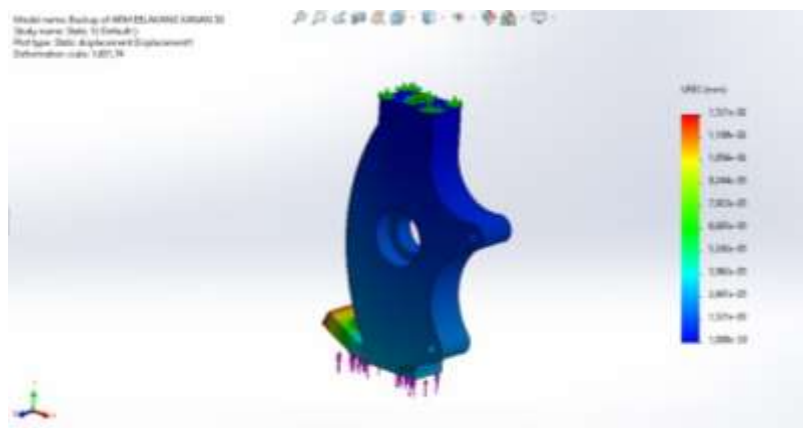


Gambar 5. Hasil tegangan Alloy Steel (ss)
Sumber: Analisis data

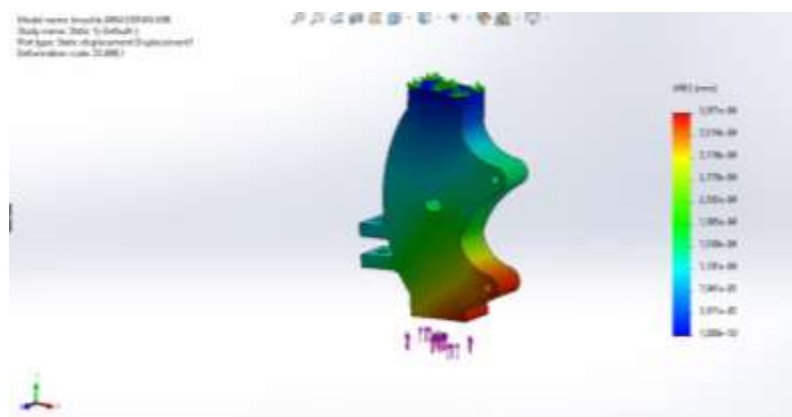
3.2. Hasil simulasi *displacement* pada *software solidwork*



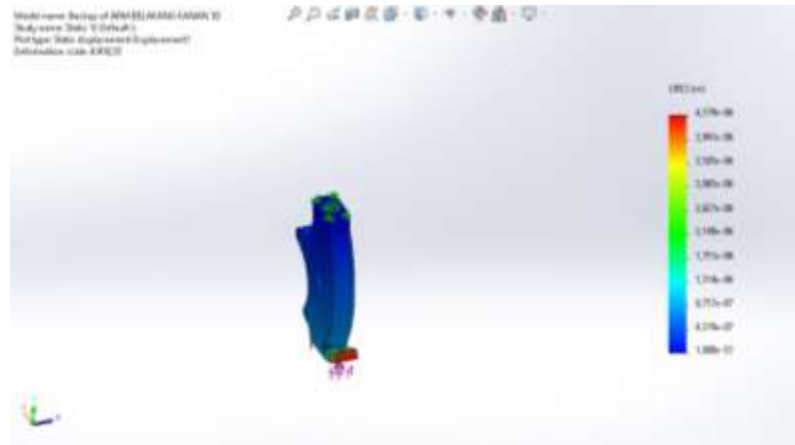
Gambar 6. Hasil Displacement Aluminium 6061 T6 (ss)
Sumber: Analisis data



Gambar 7. Hasil Displacement Aluminium 6061 T6 (ss)
Sumber: Analisis data

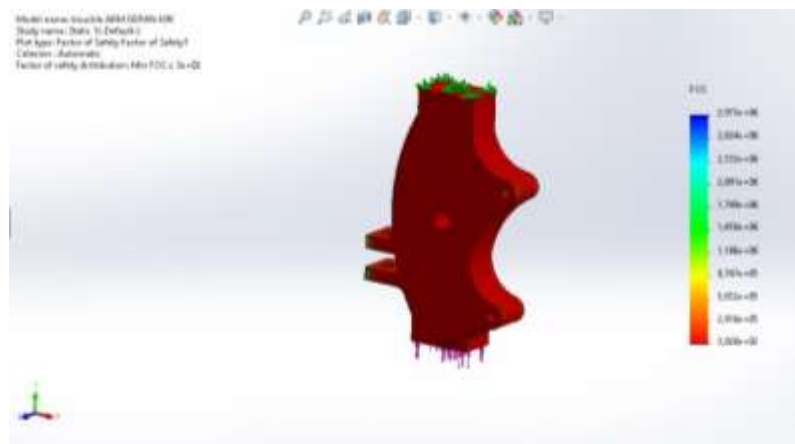


Gambar 8. Hasil Displacement Alloy Steel (ss)
Sumber: Analisis data

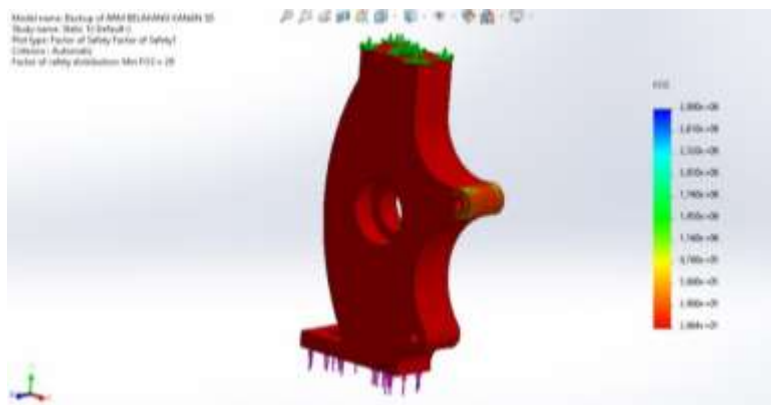


Gambar 9. Hasil *Displacement Alloy Steel (ss)*
Sumber: Analisis data

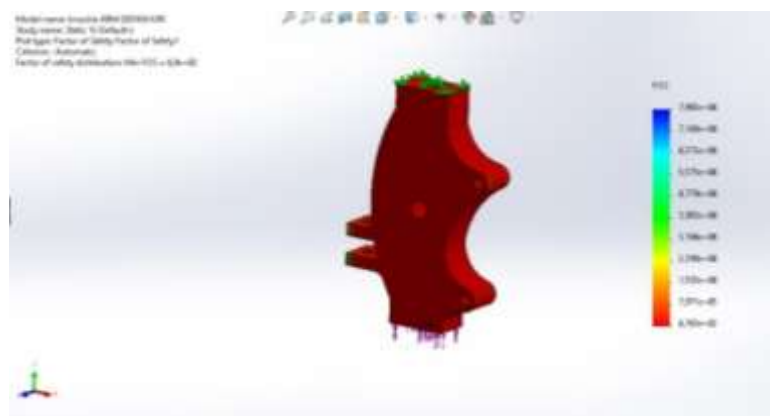
3.3. Hasil simulasi *Safety Factor* pada *software solidwork*



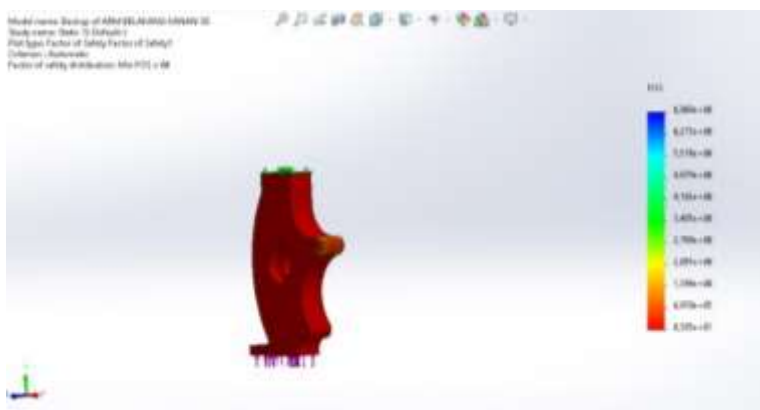
Gambar 10. Hasil *Safety Factor Aluminium 6061 T6 (ss)*
Sumber: Analisis data



Gambar 11. Hasil *Safety Factor Aluminium 6061 T6 (ss)*
Sumber: Analisis data



Gambar 12. Hasil *Safety Factor Alloy Steel (ss)*
Sumber: Analisis data



Gambar 13. Hasil *Safety Factor Alloy Steel (ss)*
Sumber: Analisis data

4. Kesimpulan

Analisis terhadap knuckle arm menunjukkan knuckle arm tersebut telah memenuhi standar kemandirian baik dalam perhitungan teoritis maupun simulasi, beban yang diberikan pada knuckle arm sebesar 131 Kg untuk knuckle depan dan 134 Kg pada knuckle belakang. Hasil dari perhitungan simulasi pada material Aluminium 6061 T6 adalah $9,1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ untuk knuckle depan dan $9,6 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada knuckle belakang. Displacement maksimal pada knuckle depan $1,258 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$, knuckle belakang simulasi pada knuckle depan $1,209 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2$, belakang $1,32 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$ dan faktor keamanan minimal pada knuckle menggunakan material Aluminium 6061 adalah 30,2 pada knuckle depan, 28,6 knuckle belakang pada simulasi. Selain itu, melalui simulasi menggunakan material Alloy Steel, diperoleh tegangan pada simulasi knuckle depan, $9,1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, pada knuckle belakang pada simulasi knuckle depan nilai displacement nya adalah $3,971 \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$, knuckle belakang $4,379 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$, dan faktor keamanan secara simulasi 67,6 knuckle depan dan 63,8 knuckle belakang. Nilai-nilai tersebut masih berada dibawah yield strength dari material Aluminium 6061 T6 $2,75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan material Alloy Steel $6,2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Berdasarkan nilai analisis ini, dapat disimpulkan bahwa knuckle arm dapat dikatakan aman dan layak untuk digunakan.

5. Referensi

- [1] Jaya, Gede Serana, and Kadek Rihendra Dantes. "Analisa Pembebanan Statik Pada Rancangan Steering Knuckle Mobil Listrik Ganesha Sakti (Gaski)." *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha* 6.2 (2018): 88-96.
- [2] Karri, Sushant, et al. "CAE Analysis On Weight Optimization In Steering Knuckle Using Aluminium Alloy." *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)* 12.14 (2021): 771-778.
- [3] C. P and K. R, "Weight Optimization of Hub and Knuckle Using Topology Optimization," *Int. J. Mech. Eng.*, vol. 7, no. 6, pp. 20–23, 2020, doi: 10.14445/23488360/ijme-v7i6p103.
- [4] Yadav, Sanjay, et al. "Design and analysis of steering knuckle component." *Int. J. Eng. Res.* (2016): 4.

- [5] Tagade, Poonam P., Anil R. Sahu, and H. C. Kutarmare. "Optimization and finite element analysis of steering knuckle." *Int. J. Comput. Appl* 975 (2015): 8887.
- [6] V. Dhinakaran, A. R. Kumar, R. Ramgopal, S. Kannan, B. Stalin, and T. Jagadeesha, "Topology Optimization of Steering Knuckle," *Lect. Notes Mech. Eng.*, vol. 23, pp. 197–206, 2021.
- [7] A. Andira and D. Haryanto, "Analisis Penerapan Konsep Lean Manufacturing pada Penurunan Defect Knuckle Arm Steering dengan Metode PDCA di PT.PQR," *JIE Sci. J. Res. Appl. Ind. Syst.*, vol. 4, no. 1, p. 33, 2019.
- [8] Kashyap, S., and W. R. DeVries. "Finite element analysis and optimization in fixture design." *Structural optimization* 18 (1999): 193-201.
- [9] K. R. Kashyzadeh, K. Souiri, A. G. Bayat, R. S. Jabalbarez, and M. Ahmad, "Fatigue Life Analysis of Automotive Cast Iron Knuckle under Constant and Variable Amplitude Loading Conditions," *Appl. Mech.*, vol. 3, no. 2, pp. 517–532, 2022.
- [10] Anderson, Kevin, John Weritz, and J. Gilbert Kaufman. "ASM Handbook, Volume 2A: Aluminum Science and Technology." *ASM International* (2018).
- [11] I. Tsamroh, A. Suprpto, and P. Eka Setyawan, "Optimasi Parameter Anodizing pada Aluminium 6061 dengan Metode Taguchi," *Semin. Nas. Teknol. Fak. Tek. Unmer Malang*, pp. 113–116, 2020.
- [12] Wicaksana, Novfian Rekzy, and S. T. Agus Yulianto. *Karakterisasi Material Besi Cor Kelabu Akibat Pengaruh Fesi 4%+ Femn 4% Pada Proses Casting Dengan Cetakan Logam Dan Pasir*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2021.
- [13] A. Restu Pahlawan, R. Hanifi, and A. Santosa, "Analisis Perancangan Frame Gokart dari Pengaruh Pembebanan dengan Menggunakan CAD Solidworks 2016," *J. METTEK*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2021.
- [14] Asep Muhamad Nurpalah, D. Rachmad Hartono, and D. Sugiharto, "Rancang Bangun Konstruksi Atap Yang Dapat Dibuka Tutup Secara Otomatis," *Institusional Repos. Sci. Journals*, pp. 16–17, 2017.
- [15] S. Mubarok, "Pengaruh Variasi Material Dan Beban Keamanan Pada Desain Pencakar Inner Puller Bearing Berbasis Simulasi Menggunakan solidwork," *Unnes*, pp. 22–66, 2019.