

## Desain Lower Arm Model Double Wishbone Mobil Listrik PHB Menggunakan Finite Element Metode

### *Lower Arm Design of Double Wishbone Model PHB Electric Car Using Finite Element Method*

Sigit Setijo Budi<sup>1\*</sup>, Andre Budhi Hendrawan<sup>1</sup>, Muhammad Khumaidi Usman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> D3 Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama, Pesurungan Lor, Tegal, Jawa Tengah, Indonesia

\*Corresponding author: seti08405@gmail.com

Diterima: 07-09-2024

Disetujui: 06-10-2024

Dipublikasikan: 31-12-2024

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



#### Abstrak

Bobot *part* dari sebuah mobil bisa dikurangi dengan menggunakan material, salah satunya adalah menggunakan material dari aluminium. *Lower arm* merupakan komponen utama dari sistem suspensi, biasanya terdapat dibagian depan suspensi baik sistem *Macpherson* dan *Double Wishbone*. Terdapat material AA6061 dan *malleable cast iron* dimana AA6061 terbuat dari paduan aluminium dan untuk material *malleable cast iron* terbuat dari paduan baja. Keduanya berbeda dari sisi materialnya akan tetapi hampir mirip dari material propertiesnya. Metode penelitiannya menggunakan FEM berbantu software solidworks serta dilihat dari pembebanan, stress dan strain tersebut. Hasil penelitiannya adalah material dari AA6061 lebih baik, akan tetapi lebih mahal jika dibuat dalam jumlah lebih sedikit.

**Kata Kunci:** Desain, Lower arm, AA6061, Malleable cast iron.

#### Abstract

*The weight of a car's parts can be reduced by using materials such as aluminum. The lower arm is the main component of the suspension system, usually found at the front of the suspension in both Macpherson and Double Wishbone systems. There are AA6061 and malleable cast iron materials, where AA6061 is made from aluminum alloy, and the malleable cast iron material is made from steel alloy. Both are different in terms of material but almost similar in terms of material properties. The research method uses FEM assisted by Solidworks software and looks at the loading, stress and strain. The results of the research were that the material from AA6061 was better but more expensive if made in smaller quantities.*

**Keywords:** Design, Lower arm, AA6061, Malleable cast iron.

### 1. Pendahuluan

Kendaraan listrik memang menjadi idola dibanding dengan kendaraan konvensional karena kendaraan listrik minim suara, hemat energi, minim perawatan dan juga baterai bisa diisi dari rumah. Selain memiliki kelebihan, kendaraan listrik ini juga memiliki kekurangan seperti ban, baterai, serta limbah dari baterai kendaraan listrik. Oleh karena itu, ada beberapa part yang bisa mengurangi. Bobot *part* dari sebuah mobil listrik bisa dikurangi dengan mereduksi material yang lebih ringan salah satunya adalah *part lower arm* (Budi et al. 2024). Pengurangan bobot *part* bisa dilakukan dengan cara beberapa hal yaitu, dengan cara mengoptimalkan desain baik secara *modelling* dan komputasi,

sehingga dapat dipakai struktur kendaraan yang ringan, kuat serta kaku seperti yang Honda lakukan dengan rangka eSAF (Kompas.com 2019). Berat kendaraan bisa dikurang minimal 10 % hal ini berimbas dari meningkatnya efisiensi energi sebesar 6% sampai 8% (Energy.gov 2023). Bobot dari *part lower arm* saat ini menggunakan *cast iron* dan paduan aluminium (Ramli et al. 2020). Untuk mereduksi dibuat dengan material paduan aluminium dengan simulasi solidworks. Bahan yang digunakan disini adalah logam *malleable cast iron* yang biasa digunakan pada part kendaraan serta bahan yang baru adalah paduan aluminium AA6061.



**Gambar 1.** *Lower arm* yang akan dibuat

Untuk membuat *lower arm* yang baik dan tepat maka dibuatlah rancang bangun menggunakan solidworks menggunakan material yang sesuai agar *lower arm* tersebut dapat menghasilkan kenyamanan. Dilain sisi material paduan aluminium terbilang masih baru digunakan dibandingkan paduan logam. Penelitian ini menggunakan simulasi solidwork untuk menghasilkan pemodelan 3D dan menganalisis tegangan, regangan, serta perpindahan gaya dari *lower arm* (Ciampaglia, Santini, and Belingardi 2020).

## 2. Metode

Penelitian ini digunakan untuk menganalisis *displacement*, *stress*, dan *strain* menggunakan struktur pemodelan SolidWorks 2022 (Patel, Sidar, and Gajbhiye 2019; Hanif et al. 2023). Analisis ini bertujuan untuk memahami respons struktural pada *lower arm* kendaraan terhadap beban mekanis yang diberikan. Data awal yang digunakan dalam penelitian ini adalah komponen *lower arm* dengan material aluminium AA6061 dan material paduan baja *malleable cast iron*. Aluminium AA6061 dipilih karena sifat mekanisnya yang ringan dan tahan korosi, sementara baja *malleable cast iron* memiliki keunggulan dalam kekuatan dan daya tahan terhadap beban berat. Kombinasi kedua material ini diharapkan memberikan hasil analisis yang mencerminkan kelebihan masing-masing bahan.

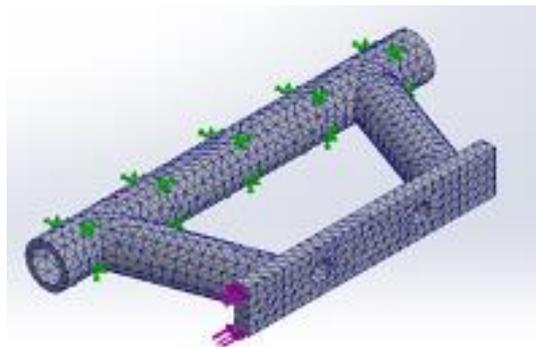
Langkah awal penelitian melibatkan pembuatan gambar 3D model dari *lower arm*, di mana setiap dimensi dirancang dengan presisi tinggi sesuai dengan ukuran asli dari komponen *lower arm*. Model 3D ini kemudian menjadi dasar untuk proses *meshing*, yaitu pembagian struktur model menjadi elemen-elemen kecil untuk memungkinkan analisis yang lebih akurat. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks yang mendukung teknik *finite element analysis* (FEA) guna mendapatkan hasil *displacement*, *stress*, dan *strain* yang lebih rinci dan akurat.

Dalam penelitian ini, *lower arm* dianalisis dalam dua kondisi beban utama, yaitu tanpa pengereman (1G) atau setara dengan gaya 1N, dan dengan pengereman (3G) atau setara dengan gaya 30N. Kedua kondisi ini merepresentasikan skenario aktual yang terjadi pada kendaraan saat beroperasi, sehingga hasil analisis dapat diaplikasikan pada desain struktural kendaraan yang lebih optimal. Setelah itu, dilakukan pemodelan *meshing* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2

(Energy.gov 2023). Proses meshing bertujuan untuk menghasilkan elemen-elemen finite kecil yang mempermudah analisis distribusi gaya, tekanan, dan deformasi pada *lower arm*.



**Gambar 2.** Pemodelan *lower arm*



**Gambar 3.** Meshing menggunakan model segitiga

Penggunaan pemodelan statis linier, sifat dari material adalah modulus elastisitas material dan *poisson ratio*. Geometri *lower arm* dibuat menggunakan SolidWorks 2022, disimpan di *Hypermesh*, dan kemudian dianalisis menggunakan *model finite element* (Kashyzadeh et al. 2022; Messana et al. 2020). Pemodelan *lower arm* dengan material paduan alumuniun AA 6061 dan material paduan baja *Malleable Cast Iron* dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

**Tabel 1.** *Material properties AA6061*

Properti material	Nilai
<i>Density</i>	2720 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	310 MPa
<i>Tensile Yield Strength</i>	276 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	68,9 GPa
<i>Poisson Ratio</i>	0,33
<i>Shear Streght</i>	207 MPa

**Tabel 2.** *Material properties malleable cast iron*

Properti material	Nilai
<i>Density</i>	7150 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	365 MPa
<i>Tensile Yield Strength</i>	241 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	172 GPa
<i>Poisson Ratio</i>	0,271

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan dari pengujian Finite Elemen Modelling tanpa pengereman 1N dan dengan pengereman 30N dengan displacement, stress, dan strain dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Hasil simulasi finite element modelling menunjukkan perbedaan yang signifikan pada displacement, stress, dan strain untuk kedua material, baik dalam kondisi tanpa pengereman (1N) maupun dengan pengereman (30N). Pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa material aluminium AA6061 menunjukkan displacement maksimum sebesar  $4,462 \times 10^{-5}$  m, lebih besar dibandingkan displacement maksimum pada malleable cast iron yang hanya  $1,640 \times 10^{-5}$  m Hal ini mengindikasikan bahwa aluminium AA6061 cenderung lebih fleksibel dan mengalami deformasi yang lebih besar dibandingkan malleable cast iron, yang memiliki sifat lebih kaku.

**Tabel 3.** Data Tanpa Pengereman

	<i>Displacement</i>	<i>Stress</i>	<i>Strain</i>
AA6061 1G Max	4,462e-5	3,368e04	3,296e-07
AA6061 1G Min	1,000e-30	3,749e-03	5,827e-14
Malleable cast iron Max	1,640e-05	3,842e+04	1,249e-07
Malleable cast iron Min	1,000e-30	8,756e-04	3,327e-15

Pada aspek stress, aluminium AA6061 memiliki nilai maksimum  $3,368 \times 10^4$  Pa, sedikit lebih kecil dibandingkan malleable cast iron dengan stress maksimum  $3,842 \times 10^4$  Pa. Perbedaan ini mencerminkan bahwa malleable cast iron mampu menahan beban dengan distribusi tegangan yang lebih tinggi. Namun, aluminium AA6061 tetap menunjukkan performa yang baik untuk aplikasi dengan beban ringan karena kemampuan deformasinya yang lebih tinggi, sehingga cocok untuk komponen yang membutuhkan bobot lebih ringan.

**Tabel 4.** Data Dengan Pengereman

	<i>Displacement</i>	<i>Stress</i>	<i>Strain</i>
AA6061 3G Max	1,351e-03	1,122e+6	1,143e-6
AA6061 3G Min	1,000e-30	2,502e-02	3,627e-13
Malleable cast iron Max	1,640e-05	3,842e+04	1,249e-07
Malleable cast iron Min	1,000e-30	8,756e-04	3,425e-15

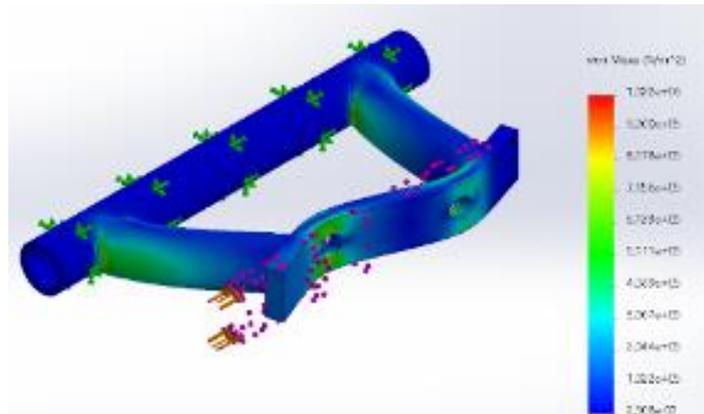
Pada kondisi pengereman (Tabel 4), hasil menunjukkan kenaikan yang signifikan pada displacement, stress, dan strain untuk kedua material. Aluminium AA6061 menunjukkan displacement maksimum  $1,351 \times 10^{-3}$  m, jauh lebih tinggi dibandingkan displacement maksimum malleable cast iron, yang tetap pada nilai  $1,640 \times 10^{-5}$  m. Kondisi ini semakin mempertegas karakteristik fleksibilitas aluminium, meskipun pada stress maksimum, aluminium AA6061 mencatat nilai  $1,122 \times 10^6$  Pa, yang jauh lebih besar dibandingkan stress maksimum pada kondisi tanpa pengereman. Sementara itu, malleable cast iron menunjukkan stress maksimum yang tetap pada nilai  $3,842 \times 10^4$  Pa, menunjukkan kestabilan material ini terhadap perubahan kondisi beban.

Strain pada aluminium AA6061 juga meningkat secara signifikan pada kondisi pengereman dengan nilai maksimum  $1,143 \times 10^{-6}$ , yang lebih besar dibandingkan strain pada malleable cast iron sebesar  $1,249 \times 10^{-7}$ . Hal ini menunjukkan bahwa aluminium AA6061 lebih rentan terhadap deformasi plastis dibandingkan malleable cast iron ketika beban pengereman besar diterapkan.

Secara keseluruhan, hasil simulasi ini menunjukkan bahwa aluminium AA6061 lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan material ringan dan fleksibel, sementara malleable cast iron lebih ideal untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan dan kestabilan tinggi terhadap

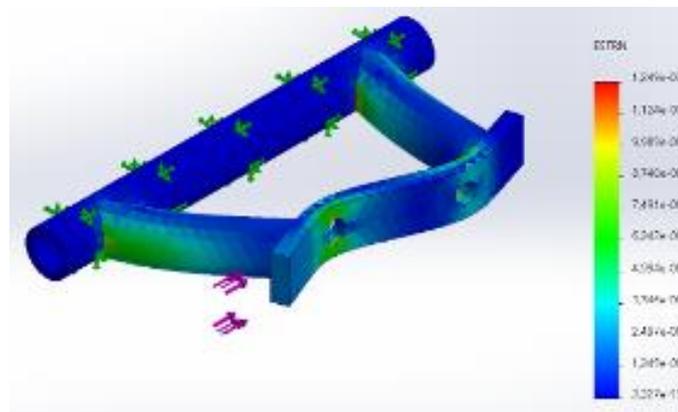
beban. Kedua material memiliki keunggulan masing-masing yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan desain komponen kendaraan.

Simulasi yang dilakukan pada material AA6061 pada beban 3G. Hasil simulasi pada *software* FEM ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Stress AA6061 3G (30N)

Hasil dari *lower arm* AA6061 3G (*stress*) didapat angka paling tinggi (warna merah)  $1,022.10^6$  dan paling rendah  $2,508.10^{-2}$ . Pada hasil simulasi kali ini didapat material *malleable cast iron*. Dari hasil ini pada *software* FEM terdapat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Lower arm material *malleable cast iron* 1G (*strain*)

Pada hasil simulasi *lower arm malleable cast iron* 1G (*stress*) didapat angka paling tinggi (warna merah) adalah  $8,756.10^{-4}$  dan paling rendah pada  $3,327.10^{-15}$ .

#### 4. Kesimpulan

*Lower arm* merupakan salah satu komponen kendaraan yang ada disuspensi, baik berupa *mac pherson* maupun *double wishbone*. Berdasarkan hal ini material AA6061 dan *malleable cast iron* memiliki kelebihan serta kekurangan. Dimana untuk AA6061 dan *malleable cast iron* 1G *displacement* (pembebanan) lebih tinggi dibanding *malleable cast iron*, dan *stress* tingginya hampir sama untuk AA6061 dan *malleable cast iron* sedangkan untuk *malleable cast iron* lebih tinggi dua kali lipat dibanding AA6061. Pada pengereman untuk 3G material AA6061 dan *malleable cast iron displacement* lebih tinggi AA6061, serta *stress* pada *malleable cast iron* lebih baik jika dibandingkan AA6061. Untuk *strain* material AA6061 lebih baik dari *malleable cast iron*. Berdasarkan hal tersebut material AA6061 dilihat dari *displacement*, *stress*, dan *strain* lebih baik jika dibandingkan dengan material *malleable cast iron*.

## Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada P3M Politeknik Harapan Bersama atas bentuk dukungan dari institusi sebagai upaya bentuk tridarma perguruan tinggi.

## Daftar Pustaka

- Budi, S., S. Hendrawan, B. Andre, I. Saputra, I. Ismail, and R. Ismail. 2024. "Force-Displacement Analysis of MacPherson Type L Suspension Spring for Electric City Car Using Finite Element Method." *AIP Conference, TIC Conference 3070*: 4–9.
- Ciampaglia, Alberto, A. Santini, and G. Belingardi. 2020. "Design and Analysis of Automotive Lightweight Materials Suspension Based on Finite Element Analysis." *Journal of Mechanical Engineering Science 0 (0)*: 1–11.
- Baananto, Fauzan. 2023. "Desain Awal Dan Analisa Computational Fluid Dynamics (CFD) Aliran Fluida Cair Yang Melewati Objek Silinder Terbelah". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA) 2 (3)*:30-35. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i3.76>.
- Energy.gov. 2023. "Lightweight Materials for Cars and Trucks, Vehicle Technologies Office." Accessed June 10, 2024. <https://www.energy.gov/eere/vehicles/lightweight-materials-cars-and-trucks>.
- Hanif, Hanandita Setya, Ubaidillah, Rio Aditya Prabowo, Wangsa Bhre Lenggana, Arjon Turnip, and Endra Joelianto. 2023. "Static Structural Analysis of Checking Fixture Frame of Car Interior Using Finite Element Method." *Journal Umima 6 (3)*: 652–668.
- Kashyadeh, Reza Kazem, Kambiz Sour, Abdolhossein Bayat Gharehsheikh, Reza Jabalbarez Safavi, and Mahmood Ahmad. 2022. "Fatigue Life Analysis of Automotive Cast Iron Knuckle under Constant and Variable Amplitude Loading Conditions." *Applied Mechanics 3*: 517–532.
- Kompas.com. 2019. "4 Kelebihan Rangka ESAF pada Motor Honda." Accessed June 4, 2024. <https://otomotif.kompas.com/read/2019/09/11/094200415/4-kelebihan-rangka-esaf-pada-motor-honda>.
- Messana, Alessandro, Alessandro Ferraris, G. Andrea Airale, Alessandro Fasana, and Massimiliana Carello. 2020. "Enhancing Vibration Reduction on Lightweight Lower Control Arm." *Shock and Vibration 3*: 510–522.
- Mulyadi, Mulyadi, and Tony Siagian. 2023. "Aerodynamic Preliminary Study of Low-Speed Unmanned Aerial Vehicle Wing". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA) 2 (2)*:47-53. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i2.60>.
- Patel, K., Aman Sidar, and Pankaj Gajbhiye. 2019. "Analysis and Optimization of FLCA Using Finite Element-Based Topology Optimization Technique." *IJARIE 5*: 267–272.
- Ramli, N., Mohamad Sulaiman, Syabillah Azizul, and A. Muhammad. 2020. "Implementation of Weight Reduction Method for Lower Front Control Arm without Reducing the Safety Factor." *Journal of Design for Sustainable Environment 2 (2)*: 1–6.