

Simulasi Analisa Struktur *Steering Knuckle* Mobil Hemat Energi Naga Pasa Evo I Weimana Menggunakan *Ansys Workbench*

Erend Prasetya, I M. Widiyarta, dan I Wayan Arya Darma
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali
Lab. Mechanical Design & Tribology, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Komponen *Steering Knuckle* adalah bagian terpenting dari kendaraan yang terhubung ke roda depan dengan bantuan *hub* roda dan ini juga terhubung ke *steering system* dan rem ke *chassis*. Penelitian ini fokus dilakukan dengan menganalisis kekuatan *steering knuckle* mobil hemat energi Naga Pasa Evo I Weimana dalam kondisi statis dengan menggunakan material aluminium 6061. *Steering knuckle* menahan beban masing-masing roda depan dengan berat maksimum sebesar 32 kg. Analisis dilakukan terhadap nilai tegangan *von mises*, *deformation*, dan *safety factor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan *von mises* pada *steering knuckle* kiri sebesar 37,378 MPa dan kanan sebesar 34,964 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa material ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap tegangan yang terjadi karena masih jauh dari batas kekuatan luluh aluminium 6061 sebagai materialnya, yaitu sebesar 259,20 MPa. Total deformasi yang terjadi pada *steering knuckle* kiri sebesar 0,1329 mm dan kanan sebesar 0,0718 mm, ini mengindikasikan bahwa material *steering knuckle* mengalami deformasi elastis yang berarti material akan kembali ke bentuk semula ketika beban dihilangkan. Selain itu, nilai *safety factor* pada *steering knuckle* kiri sebesar 6,9345 dan kanan sebesar 7,4134. Hal ini menandakan bahwa material dan desain cukup kuat dan memberikan nilai keamanan yang besar.

Kata Kunci: *Steering Knuckle, Tegangan Von Mises, Deformation, Safety Factor, Ansys Workbench*

Abstract

The *Steering Knuckle* component is the most important part of the vehicle that is connected to the front wheels with the help of the wheel hub and it is also connected to the steering system and brakes to the chassis. This study focuses on analyzing the strength of the steering knuckle of the Naga Pasa Evo I Weimana energy-efficient car in static conditions using 6061 aluminum material. The steering knuckle supports the load of each front wheel with a maximum weight of 32 kg. Analysis was carried out on the von mises stress value, deformation, and safety factor. The results showed that the von mises stress on the left steering knuckle was 37.378 MPa and the right was 34.964 MPa. This indicates that this material has high resistance to stress that occurs because it is still far from the yield strength limit of 6061 aluminum as its material, which is 259.20 MPa. The total deformation that occurs on the left steering knuckle is 0.1329 mm and the right is 0.0718 mm, this indicates that the steering knuckle material experiences elastic deformation which means the material will return to its original shape when the load is removed. In addition, the safety factor value on the left steering knuckle is 6.9345 and the right is 7.4134. This indicates that the material and design are strong enough and provide great safety value.

Keywords: *Steering Knuckle, Tegangan Von Mises, Deformation, Safety Factor, Ansys Workbench*

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia setiap tahun berdampak langsung terhadap tingginya tingkat polusi udara, dimana emisi dari sektor transportasi menjadi salah satu kontributor utamanya [1]. Sebagai solusi, kendaraan berbasis listrik menjadi alternatif tidak menghasilkan emisi gas buang [2]. Tim Weimana Universitas Udayana sebagai Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) didorong untuk turut berkontribusi dalam pengembangan teknologi berkelanjutan, salah satunya melalui *Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE)*.

KMHE merupakan event nasional yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional (Puspresnas) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) sebagai wadah bagi mahasiswa teknik seluruh Indonesia untuk menguji kemampuan dalam perancangan dan pembangunan kendaraan yang aman, irit dan ramah lingkungan. Kegiatan ini diikuti oleh seluruh universitas/institut/politeknik di Indonesia yang memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh panitia [3].

Dalam kompetisi KMHE, desain kendaraan harus memenuhi kriteria teknis seperti bobot

*Korespondensi: Tel./Fax.: 083117590837
E-mail: m.widiyarta@unud.ac.id

ringan, efisiensi energi, serta kekuatan struktural. Salah satu komponen penting yang sangat memengaruhi performa kendaraan adalah *steering knuckle*.

Komponen ini tidak hanya berfungsi dalam sistem kemudi, tetapi juga menopang beban dan mentransfer gaya, sehingga dituntut memiliki kekuatan tinggi, kekakuan memadai, dan bobot seringan mungkin [4]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan teknik seperti analisis elemen hingga (FEA) untuk memastikan performa yang optimal dari komponen [5].

Melalui metode ini, perilaku mekanik *steering knuckle* dapat dikaji secara numerik dengan mempertimbangkan sejumlah parameter penting seperti *von mises stress*, deformasi total, dan *safety factor*. Analisis terhadap ketiga parameter tersebut sangat penting untuk menilai apakah rancangan rangka mampu menahan beban operasional tanpa mengalami deformasi yang berlebihan atau kegagalan struktural [6].

Tujuan dari kajian ini, yaitu untuk mengetahui kekuatan serta keamanan pada *steering knuckle* mobil hemat energi Naga Pasa Evo I Weimana dalam kondisi statis yang diukur melalui 3 parameter yaitu *von mises stress*, total *deformation* dan *safety factor*. Untuk memperoleh hasil yang optimal terhadap permasalahan, maka dilakukan pembatasan sebagai berikut:

1. Produk *steering knuckle* yang dilakukan analisis merupakan komponen pada mobil hemat energi Naga Pasa Evo I Weimana.
2. Desain pemodelan menggunakan aplikasi *Autodesk Inventor*.
3. Simulasi pembebanan statis menggunakan aplikasi *Ansys Workbench*.

2. Dasar Teori

2.1. Von Mises Stress

Tegangan *von mises*, σ_1 , σ_2 , dan σ_3 adalah tegangan normal dalam tiga arah yang berbeda. Tegangan *von mises* biasanya digunakan dalam analisis kegagalan dan desain bahan untuk memprediksi titik kegagalan suatu benda padat. Saat *von mises stress* mencapai nilai kritis yang ditentukan untuk suatu bahan tertentu, maka benda tersebut berada dalam risiko kegagalan dan mungkin perlu diubah desainnya atau diganti dengan bahan yang lebih kuat [7]. Dalam mekanika kekuatan, tegangan *von mises* dinyatakan sebagai:

$$\sigma_{\text{vonmises}} = \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1)}$$

2.2 Deformation

Deformasi terjadi sebagai respons material terhadap hubungan antara tegangan (*stress*) dan

regangan (*strain*) saat menerima beban. Ketika suatu komponen seperti *chasis* atau bagian struktural lainnya dikenai gaya pada permukaannya, maka akan muncul perubahan bentuk yang dikenal sebagai deformasi (δ) [8]. Besarnya deformasi ini dipengaruhi oleh sifat material dan besarnya beban yang diterima. Secara umum, deformasi linier dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\delta = (P \times L) / (A \times E)$$

dimana:

δ = Deformasi (mm)

P = Beban (N)

L = Panjang awal (mm)

A = Luas Penampang (m²)

E = Modulus Elastisitas (N/m²)

2.3 Safety Factor

Dalam pembuatan suatu produk, rangka, maupun suatu benda terdapat hal utama yang perlu diperhatikan yaitu kekuatan. *Safety factor* merupakan kapasitas suatu produk dalam menahan beban [9]. Terdapat beberapa aturan dalam penentuan *safety factor* pada material *ductile* menurut [10] yaitu:

1. Faktor keamanan antara 1,25 – 2. Struktur desain dapat menahan beban statis dengan keyakinan tinggi terhadap data yang ada.
2. Faktor keamanan antara 2 – 2,5. Struktur desain dapat menahan pembebanan dinamis dengan keyakinan menengah terhadap data yang ada.
3. Faktor keamanan antara 2,5 – 4. Desain struktur desain dapat menahan beban dinamis dengan ketidakpastian pada pembebanan, material, dan lingkungan.
4. Faktor keamanan lebih dari 4. Desain struktur desain dapat menahan kombinasi pembebanan, material, dan lingkungan tergantung kegunaan atau kebutuhan struktur.

Safety factor dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta = S / \tau$$

dimana:

η = *Safety Factor*

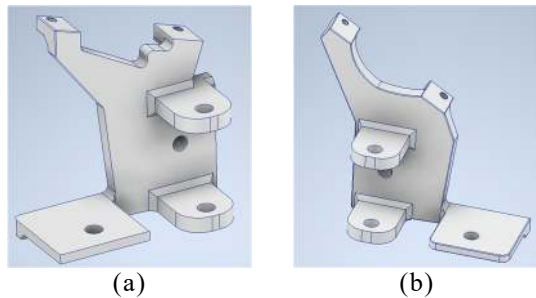
S = *Yield Strength* (MPa)

τ = Tegangan yang diizinkan (MPa)

3. Metode Penelitian

3.1 Pembuatan Model Produk

Model CAD seperti yang bisa dilihat pada Gambar 3.1, dikembangkan menggunakan *software Autodesk Inventor* dengan mempertimbangkan konektivitas *steering knuckle* dengan komponen yang lainnya seperti *steering knuckle* dengan poros roda, lengan kemudi, lengan bawah dan atas, serta *brake caliper* maka *steering knuckle* kanan dan kiri dibuat dengan desain yang berbeda pada bagian *bracket kaliper*.



Gambar 3.1 Desain Steering Knuckle (a) Kiri dan (b) Kanan

Desain tersebut kemudian disimpan menggunakan format file .STP/.STEP untuk kemudian dilakukan simulasi.

3.2 Ansys Workbench

Ansys Workbench merupakan sebuah platform perangkat lunak yang menyediakan fitur yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pemodelan, simulasi, analisis, permasalahan rekayasa teknik struktural, termal, dinamika fluida, elektromagnetik, dan banyak lagi [11].

3.3 Material yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan Aluminium 6061 sebagai material, dengan karakteristik materialnya ditampilkan pada Gambar 3.2.

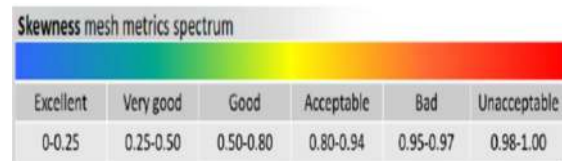
Structural	
▼ Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	69040 MPa
Poisson's Ratio	0,33000
Bulk Modulus	67686 MPa
Shear Modulus	25955 MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	
Tensile Ultimate Strength	313,10 MPa
Tensile Yield Strength	259,20 MPa

Gambar 3.2 Material Properties dari Aluminium 6061

3.4 Meshing

Meshing adalah proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit [12]. Nilai *skewness*

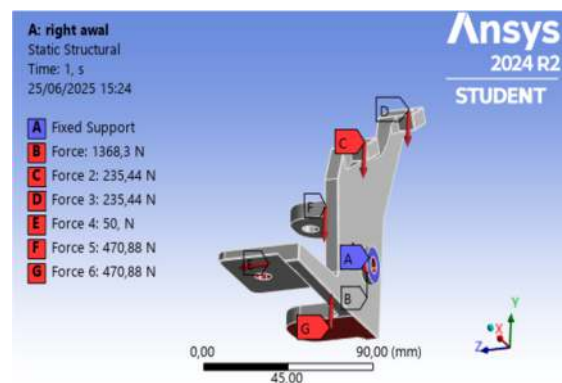
yang ditampilkan pada Gambar 3.3 digunakan sebagai dasar untuk memvalidasi hasil *meshing* [13].



Gambar 3.3 Skewness Parametric

3.5 Kondisi Batas dan Pembebanan

Kondisi batas dan titik pembebanan ditunjukkan oleh Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Free Body Diagram Batas dan Pembebanan

Besaran pembebanan dijabarkan sebagai berikut:

A = *Fix support*

B = Arah *knuckle hub* dari arah x, y, dan z dengan ekuivalen sebesar (1368,3 N)

C = Arah gaya *caliper brake mounting* sebesar (235,44 N)

D = Arah gaya *caliper brake mounting* sebesar (235,44 N)

E = Arah gaya *tie rod mounting* sebesar (50N)

F = Arah gaya *suspension mounting upper-arm* sebesar (470,88 N)

G = Arah gaya *suspension mounting lower-arm* sebesar (470,88 N)

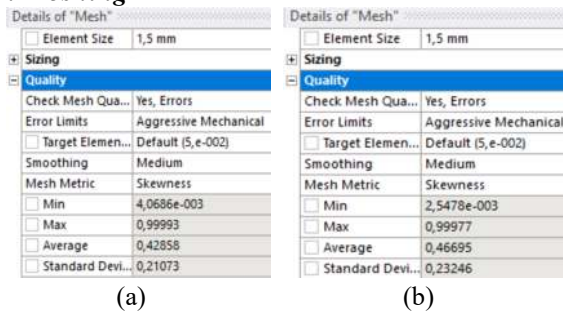
3.6 Simulasi

Simulasi *static structural* dilakukan dengan *input Static Structural* pada perangkat lunak *Ansys Workbench*. Dalam tahap ini, parameter seperti tegangan *von mises*, deformasi total, dan *safety factor* yang digunakan sebagai keluaran yang diamati.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Simulasi

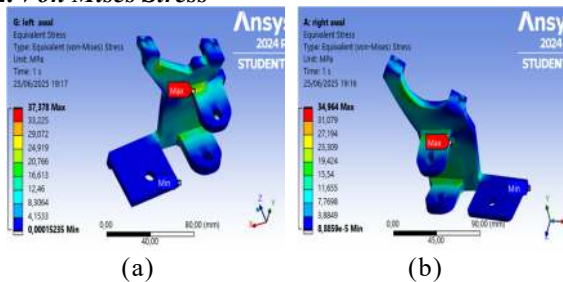
1. Meshing



Gambar 4. 1 Hasil Mesh Steering Knuckle (a).Kiri dan (b).Kanan

Pada penelitian kali ini menggunakan *mesh* dengan *element size* 1,5 mm dengan *mesh metric skewness* sebagai acuan. Hasilnya ditunjukkan oleh Gambar 4.1 dengan hasil *meshing* *very good* berdasarkan *skewness parametrics* yang berkisar 0.25-0.50 sesuai dengan Gambar 3.3.

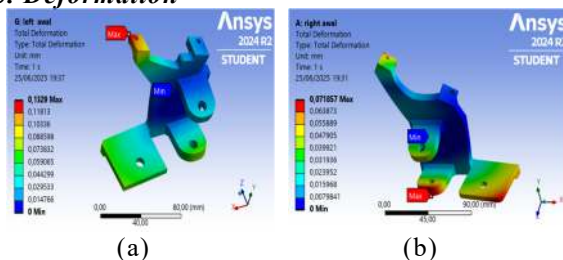
2. Von Mises Stress



Gambar 4. 2 Hasil Von Mises Stress Steering Knuckle (a).Kiri dan (b).Kanan

Berdasarkan Gambar 4.2, daerah yang berwarna biru merupakan daerah yang tidak terkena tegangan tinggi, warna hijau menunjukkan daerah yang terkena tegangan rendah, sedangkan warna merah menunjukkan daerah yang terkena tegangan kritis dengan tanda “max” yaitu kiri sebesar 37,378 MPa dan kanan sebesar 34,964 MPa.

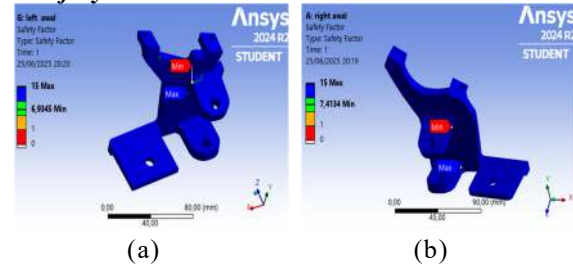
3. Deformation



Gambar 4. 3 Hasil Deformation Steering Knuckle (a).Kiri dan (b).Kanan

Berdasarkan Gambar 4.3 bahwa deformasi yang terjadi pada *steering knuckle* kiri sebesar 0,1329 mm dan kanan sebesar 0,071857 mm. *Deformation* ini relatif kecil dan hampir mendekati nol ini mengindikasikan bahwa mengalami deformasi elastis yang berarti material akan kembali ke bentuk semula ketika beban dihilangkan.

4. Safety Factor



Gambar 4. 4 Hasil Safety Factor Steering Knuckle (a).Kiri dan (b).Kanan

Berdasarkan Gambar 4.4, *steering knuckle* kanan memiliki nilai *safety factor* kiri sebesar 6,9345 dan kanan sebesar 7,4134. Hal ini menandakan bahwa material dan desain cukup kuat dan memberikan margin keamanan yang besar dalam kondisi operasi.

5. Simpulan

Penelitian yang telah dilaksanakan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *safety factor* sebesar 6,9345 pada *steering knuckle* kiri dan 7,4134 pada *steering knuckle* kanan memberikan keyakinan yang tinggi terhadap kemampuan *steering knuckle* dalam menghadapi beban dinamis operasional Mobil Hemat Energi Naga Pasa Evo I.
2. Nilai von mises *stress* maksimum sebesar 37,378 Mpa pada *steering knuckle* kiri dan 34,964 MPa pada *steering knuckle* kanan masih jauh di bawah *tensile yield strength* material aluminium 6061 yaitu 259,20 MPa yang berarti material bekerja pada rentang elastis yang aman dan tidak mendekati titik luluh material.
3. Nilai total deformasi maksimum sebesar 0,1329 mm pada *steering knuckle* kiri dan 0,071857 mm menunjukkan bahwa *steering knuckle* mengalami perubahan bentuk yang sangat kecil di bawah beban yang diberikan. Deformasi yang minimal ini mengindikasikan kekakuan struktur yang baik.

Berdasarkan parameter *safety factor*, von mises

stress, dan total deformasi, struktur *steering knuckle* Mobil Hemat Energi Naga Pasa Evo I dengan material aluminium 6061 dinyatakan aman dan memenuhi standar kekuatan untuk menahan beban statis yang diujikan.

Daftar Pustaka

- [1] N. C. Kresnanto, “Model Pertumbuhan Sepeda Motor Berdasarkan Produk Dosmetik Regional Bruto (PRDB) Perkapita (Studi Kasus Pulau Jawa),” *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 25, no. 1, p. 107, 2019, doi: 10.14710/mkts.v25i1.18585.
- [2] Zola, G., Nugraheni, S. D., Rosiana, A. A., Pambudy, D. A and N. Agustanta, “Inovasi kendaraan listrik sebagai upaya meningkatkan kelestarian lingkungan dan mendorong pertumbuhan ekonomi hijau di Indonesia,” *Ekon. Sumberd. dan Lingkung.*, vol. 11, no. 3, pp. 159–170, 2023.
- [3] N. Widiyanto, “Desain dan Analisis Kekuatan Pada Rangka Kendaraan Jenis Urban Concept Sesuai Regulasi Kontes Mobil Hemat Energi 2015,” *Core.Ac.Uk*, p. 14210597, 2021, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/151617074.pdf>
- [4] B.Babu, “Stress Analysis on Steering Knuckle of the Automobile Steering System,” *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 03, no. 03, pp. 363–366, 2014, doi: 10.15623/ijret.2014.0303067.
- [5] RizalFahmi-Technopex, “Berdasarkan Variasi Material Pada Prototipe,” no. 2022, pp. 32–48, 2023.
- [6] A. Kengkongan, A. Rio, and F. Imaduddin, “Structural assessment of an energy-efficient urban vehicle chassis using finite element analysis - A case study,” *Procedia Struct. Integr.*, vol. 27, no. 2019, pp. 69–76, 2020, doi: 10.1016/j.prostr.2020.07.010.
- [7] 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.
- [8] M. W. Kahfi and N. A. Mufarida, “A r m a t u r :,” vol. 4, no. January, pp. 18–30, 2023.
- [9] H. Isworo, “Mekanika Kekuatan Material I,” *Buku Ajar*, pp. 19–22, 2018.
- [10] R. L. Mott and P. P. Hall, “Buku Machine Elements in Mechanical Design Isi,” p. 51, 2004.
- [11] O. dan Gamayel, “Tutorial Ansys Workbench untuk Bidang Mekanikal,”

- pp. 1–110, 2021.
- [12] A. Yusra, I. Haryanto, and Jamari, “Analisa Kontak Elastis Antar Hemispheres menggunakan metode elemen hingga,” *Rotasi*, vol. 10, no. 1, pp. 3–7, 2008.
- [13] S. O. Hizkia, T. Prahasto, and D. Satrijo, “Rancang Bangun Dan Analisis Heavy Duty Hand Truck Dengan Metode Elemen Hingga,” *J. Tek. Mesin S-I*, vol. 11, no. 3, pp. 127–134, 2023.



Errend Prasetya, Denpasar, 08 Agustus 2002, menyelesaikan studi SMK di SMK PGRI 2 BADUNG pada tahun 2021, kemudian melanjutkan program sarjana di Universitas Udayana Program Studi Teknik Mesin angkatan 2021 dan mengambil bidang ilmu Rekayasa Manufaktur