

Analisis Simulasi *Steering Knuckle* Mobil Urban Concept Weimana Menggunakan *Software Ansys Workbench*

Putu Vito Lesmana, I Made Gatot Karohika, dan I Wayan Arya Darma
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mendorong peningkatan konsumsi bahan bakar fosil dan polusi udara. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mengembangkan kendaraan hemat energi berbasis listrik, seperti Urban Concept Weimana. Salah satu komponen struktural penting yang dikembangkan adalah *steering knuckle*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan *steering knuckle* pada mobil urban concept weimana dalam kondisi statis dengan menggunakan material besi assental melalui software Ansys Workbench. *Steering knuckle* menahan beban masing – masing roda depan sebesar 26,2 kg. Analisis dilakukan terhadap nilai deformasi, von mises stress, dan safety factor. Hasil simulasi menunjukkan bahwa deformasi maksimum sebesar 0,95943 mm, nilai von mises stress mencapai 97,281 Mpa, dan nilai safety factor sebesar 2,5699. Nilai tersebut berada di bawah batas aman sehingga dinyatakan tidak aman digunakan pada mobil urban concept weimana.

Kata Kunci: *Steering knuckle, Optimasi, Topologi, Ansys Workbench, Urban Concept*

Abstract

The increasing number of motor vehicles in Indonesia has led to a rise in fossil fuel consumption and air pollution. One solution to address this issue is the development of energy-efficient electric vehicles, such as the Urban Concept Weimana. One of the key structural components being developed is the *steering knuckle*. This study aims to determine the strength of the *steering knuckle* in the Urban Concept Weimana under static conditions using assental steel material through Ansys Workbench software. The *steering knuckle* bears the load of each front wheel, which is 26.2 kg. The analysis was conducted on deformation, von Mises stress, and safety factor values. The simulation results showed a maximum deformation of 0.95943 mm, a von Mises stress of 97.281 MPa, and a safety factor of 2.5699. These values fall below the safe limit, indicating that the *steering knuckle* is not safe to be used in the Urban Concept Weimana vehicle.

Keywords: *Steering Knuckle, Topology, Optimization, Ansys Workbench, Urban Concept*

1. Pendahuluan

Peningkatan kendaraan 4,95 persen per tahun menyebabkan meningkatnya jumlah penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil di Indonesia serta semakin seriusnya permasalahan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh bahan bakar fosil. [1] Pangsa minyak bumi diperkirakan terus menurun tapi perannya masih cukup tinggi hingga 2050. Hal ini dikarenakan ketergantungan penggunaan BBM terutama pada sektor transportasi masih cukup tinggi. Beberapa negara sudah berkomitmen untuk mencapai *net-zero emission* seperti Korea, Jepang dan Uni Eropa pada tahun 2050, serta Cina 2060. [2]

Dengan beralih ke kendaraan berbasis listrik (KBL) seperti mobil listrik, memiliki beberapa keunggulan dibandingkan kendaraan bermotor berbahan bakar fosil (*fossil fueled-based vehicle*), dan salah satunya yang utama ialah tidak dihasilkannya gas buang sehingga tidak memberikan sumbangsih atau kontribusi bagi pemanasan global (*carbon footprint*) di Indonesia [3]

Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) merupakan lomba mobil irit Tingkat nasional yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional (Pruspesnas). Kegiatan ini diharapkan dapat mendorong generasi muda bangsa untuk melahirkan teknologi otomotif yang hemat energi dan bermanfaat bagi bangsa dan negara.[4]

Dalam ajang KMHE peserta lomba diharapkan merancang kendaraan yang irit, aman, dan ramah lingkungan serta peserta diharapkan memenuhi kriteria teknis seperti bobot kendaraan yang ringan, efisiensi energi, serta kekuatan *structural*. Salah satu komponen penting yang berpengaruh pada performa kendaraan adalah *steering knuckle*.

Steering knuckle adalah komponen penting dalam sistem kemudi kendaraan yang menghubungkan roda dengan suspensi. Fungsinya adalah sebagai titik pivot (poros) untuk gerakan putar roda saat kendaraan berbelok.[5] Komponen ini juga berfungsi untuk menopang beban kendaraan sehingga dituntut memiliki kekuatan tinggi dan kekakuan memadai. Oleh karna itu, diperlukan pendekatan Teknik seperti analisis elemen hingga (FEA)

untuk memastikan performa yang optimal dari komponen. [6]

Analisis pada *steering knuckle* dengan menggunakan simulasi merupakan pendekatan yang digunakan untuk memahami perilaku dan performa komponen tersebut dengan mempertimbangkan sejumlah parameter penting seperti tegangan *von mises stress*, deformasi, dan faktor keamanan (*safety factor*). [7]

Tujuan dari kajian ini, yaitu untuk mengetahui kekuatan serta keamanan pada *steering knuckle* mobil *urban concept* dimana pada konsisi statis yang diukur melalui tiga parameter seperti *von mises stress*, *deformation* dan *safety factor*. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dari permasalahan yang ada, maka perlu dilakukan pembatasan antara lain:

1. Produk *steering knuckle* yang dilakukan analisis merupakan komponen pada mobil *Urban Concept* Weimana.
2. Desain permodelan menggunakan *software Autodesk Inventor*.
3. Simulasi pembebanan statis menggunakan *software Ansys Workbench*.

2. Dasar Teori

2.1 Mobil Urban concept

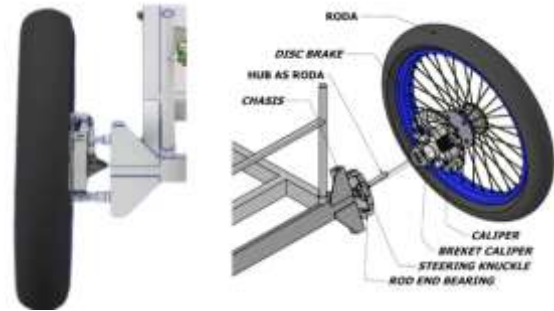
Urban concept adalah Kendaraan roda empat yang tampilannya mirip kendaraan pada umumnya dan sesuai untuk kendaraan di jalan, merupakan jenis tipe kendaraan yang digunakan dalam kompetisi nasional seperti Kontes Mobil Hemat Energi maupun internasional seperti kompetisi Shell EcoMarathon. Pada tipe *urban concept*, kendaraan diharuskan mengikuti desain kendaraan roda empat saat ini dengan cara stop and go pada saat mengemudi. [8]

1.1 Tabel parameter kendaraan weimana dengan *steering knuckle*

Parameter	value	Unit
Vehicle Mass		
- Vehicle Mass	105	Kg
- Driver Mass	70	Kg
- Vehicle Mass With driver	175	Kg
Track width depan	974,03	mm
Track width belakang	810	mm
Wheelbase	1473,63	mm
Wheel radius	0,425	m

2.2 Steering System

Steering system atau sistem kemudi adalah sistem yang berfungsi mengatur arah dan membelokkan kendaraan dengan cara membelokkan roda depan. Sistem kemudi pada mobil *Urban Concept* Weimana ini menggunakan sistem kemudi konvensional dimana seluruh tenaga yang dibutuhkan untuk memutar roda disalurkan dari sistem kemudi. Sistem kemudi manual, untuk komponen-komponennya sangat sederhana, sistem kemudi tipe manual ini terdiri dari: *steering wheel*, *steering rod*, *tie rod shaft*, *tie rod arm*, dan *ball joint*. [9]



Gambar 1. Desain Assembly Steering Knuckle Dengan Sasis

2.3 Steering Knuckle

Steering knuckle merupakan komponen penting kendaraan yang berfungsi untuk menahan beban yang diberikan roda depan dan memungkinkan *steering arm* untuk memutar roda depan serta mendukung beban vertikal kendaraan. *Steering knuckle* merupakan penghubung antara suspensi, sistem kemudi, hub roda dan rem. Ini menanggung berbagai beban sehingga mengalami kondisi yang berbeda, tetapi tidak mempengaruhi kinerja kemudi kendaraan dan karakteristik kendaraan. Lalu ketika pengemudi memutar roda kemudi, gaya rotasi ditransmisikan melalui kolom kemudi ke *gearbox* kemudi atau *rack*, dalam keadaan ini gaya tersebut ditransfer ke lengan kemudi mendorong atau sebaliknya menarik *tie rod* yang terhubung ke knuckle pada setiap sisi kendaraan. Gerakan ini yang menyebabkan roda berbelok sesuai dengan arah yang diinginkan. [10]

Bagian dari komponen *steering knuckle*:

1. *Suspension Mounting Upper Arm/Strut Mount*
2. *Tie Rod Mounting/Steering Arm*
3. *Lower Ball Joint /Suspension Mounting Lower Arm*
4. *Ball Bearing Location/Stub Hole*
5. *Brake Caliper Mounting*

2.4 Meshing

Meshing adalah proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit. Sebuah mesh terdiri dari titik-titik (*nodes*) dan koordinat yang menggambarkan bentuk geometri. Semakin kecil ukuran *mesh*, hasil yang diperoleh akan lebih akurat dan mendekati yang diinginkan. Namun, dengan ukuran *mesh* yang kecil, proses *meshing* akan memakan waktu yang lama. Sebaliknya, jika ukuran *mesh* besar, hasil yang diperoleh menjadi kurang akurat dan mungkin tidak sesuai dengan yang diinginkan. Untuk ukuran mesh yang besar, waktu pengerjaan tidak akan terlalu lama. [11]



Gambar 2. Skewness Parametric

2.5 Tegangan Von Mises Stress

Tegangan *von Mises stress* dihitung berdasarkan tegangan normal dan tegangan geser yang terjadi dalam benda padat. Tegangan normal adalah tegangan yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan, sedangkan tegangan geser adalah tegangan yang bekerja sejajar dengan permukaan. Tegangan von Mises didasarkan pada asumsi bahwa kegagalan bahan terjadi ketika tegangan *von mises stress* mencapai suatu nilai kritis.[9]

2.6 Deformation

Deformation dalam konteks mekanika merujuk pada perubahan bentuk atau ukuran suatu benda padat akibat penerapan gaya atau beban. *Deformation* dapat terjadi secara elastis atau plastis, tergantung pada perilaku bahan. *Deformation* plastis merupakan *deformation* yang terjadi ketika benda mengalami perubahan bentuk yang permanen atau tidak dapat pulih setelah beban diterapkan dan kemudian dihilangkan. Benda plastis akan tetap dalam bentuk yang baru meskipun gaya diterapkan telah dihilangkan. *Deformation* plastis sering terjadi pada benda yang melebihi batas elastisitasnya, di mana struktur kristal bahan mulai bergeser atau terjadi perubahan yang permanen dalam susunan atomiknya.[9]

2.7 Safety Factor

Dalam pembuatan suatu produk, rangka, maupun suatu benda terdapat hal utama yang perlu diperhatikan yaitu kekuatan. Pada dasarnya, kekuatan adalah kapasitas suatu objek dalam memikul ataupun menopang beban. [12] Terdapat beberapa aturan dalam penentuan safety factor pada *material ductile* menurut. [13] 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 elemen mesin dapat menahan pembebanan dinamis dengan keyakinan menengah terhadap data yang ada.
3. Faktor keamanan antara 2,5 – 4. Desain struktur elemen mesin dapat menahan beban dinamis dengan ketidakpastian pada pembebanan, material, dan lingkungan.
4. Faktor keamanan lebih dari 4. Desain struktur elemen mesin dapat menahan kombinasi pembebanan, material, dan lingkungan tergantung kegunaan atau kebutuhan struktur.

Safety factor dapat dihitung dengan persamaan:[12]

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_e} \quad (1)$$

Dimana:

η : Safety factor

S_y : Yield strength

σ_e : Von mises stress

3. Metode Penelitian

3.1 Diagram Alir penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.2 Pembuatan Model Produk

Desain *steering knuckle* dapat dilihat pada gambar 4 dikembangkan menggunakan *software Autodesk Inventor* meliputi konektivitas seperti poros roda, lengan kemudi atas, lengan kemudi bawah serta *brake caliper*.

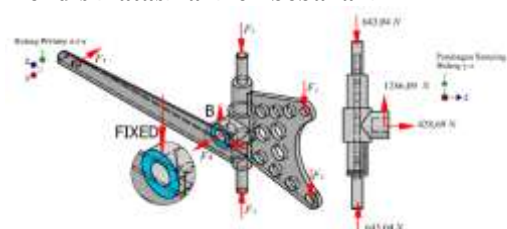


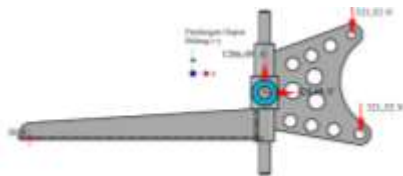
Gambar. 4 Desain steering knuckle

3.3 Ansys Workbench

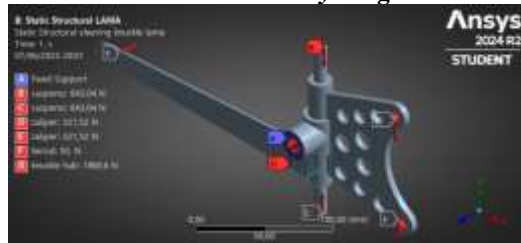
Ansys Workbench merupakan sebuah platform perangkat lunak yang menyediakan fitur yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pemodelan, simulasi, analisis, permasalahan rekayasa teknik struktural, termal, dinamika fluida, dan elektromagnetik. [14]

3.4 Kondisi Batas Dan Pembebanan





Gambar. 5 Free Body Diagram



Gambar. 6 Kondisi batas dan pembebanan

Besaran pembebanan dijabarkan sebagai berikut:

A = Fix support

B = Arah gaya *suspension mounting upper arm* sebesar (643,04 N)

C = Arah gaya *suspension mounting lower arm* sebesar (643,04 N)

D = Arah gaya *caliper brake mounting* sebesar (321,52 N)

E = Arah gaya *caliper brake mounting* sebesar (321,52 N)

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

G = Arah *knuckle hub* dari arah x, y, dan z dengan ekivalen sebesar (1868,6 N)

3.2. Metode Uji

Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian berbasis Analisis simulasi statik streuktural dengan prosedur penelitaan sebagai berikut:

1. Pembuatan Model Produk
2. Perhitungan Pembebanan
3. Simulasi *Static Structural Pada Software ANSYS Workbench*

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil *Static Structural Analysis Steering knuckle*

Hasil simulasi berupa nilai *deformation*, *von mises stress* dan *safety factor* pada *steering knuckle* material besi assental pada *software ansys workbench* ditunjukkan pada table 2. Dan pada gambar 7, 8, dan 9

Tabel. 2. Hasil Simulasi *Static Structural Steering Knuckle*

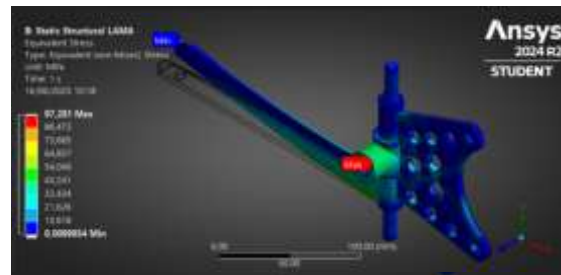
Produk Desain	Material	Massa (gram)	Deformation (mm)	Von Mises Stress (MPa)	Safety factor
Steering Knuckle lama	Besi assental	570 g	0,95943 mm	97,821 MPa	2,5699

Gambar. 7 *Deformation* yang terjadi pada *steering knuckle*

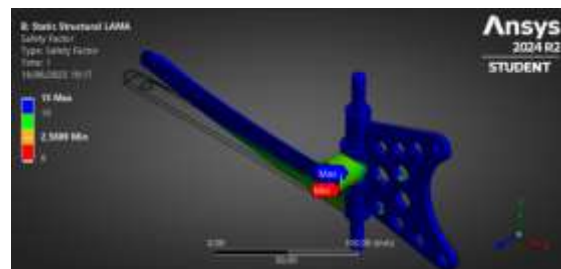
Dari analisis gambar 7 dapat diketahui bahwa *steering knuckle* tersebut mengalami deformasi maksimal terbesar 0,95943 mm yang berada pada tierod. Sedangkan deformasi minimalnya sebesar 0 mm.

Gambar. 8 *Von mises stress* yang terjadi pada *steering knuckle*

Dari analisis gambar 4 dapat diketahui bahwa *steering knuckle* tersebut mengalami *von mises stress*



(tegangan) maksimal sebesar 97,281 Mpa yang berada pada *knuckle hub* seperti ditunjukkan tanda panah diatas. Sedangkan *von mises stress* (tegangan) minimalnya sebesar 0,0099854 Mpa.



Gambar. 9 *Safety factor steering knuckle*

Dalam proses analisa tekanan yang terjadi pada *steering knuckle*, dihasilkan *safety factor* minimum 2,5699 dan maksimum adalah 15. Ini menunjukkan bahwa *steering knuckle* dengan material besi assental menunjukkan kekuatan material kurang dari tegangan (*von mises stress*) yang terjadi, sehingga bisa dinyatakan simulasi pada *software ansys workbench* tidak aman jika di fungsikan.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian Hasil simulasi *static structural* menunjukkan bahwa desain *steering knuckle* dengan material besi assental memiliki deformasi maksimum 0,95943 mm, *von Mises* 97,821 MPa, dan *safety factor* 2,5699. Nilai tersebut berada di bawah batas aman (≥ 4), sehingga dinyatakan tidak aman digunakan.

6. 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] IEA, *World Energy Outlook 2021*. 2021. [Online]. Available: www.iea.org/weo
- [3] D. Ariansyah, "Pada Knuckle Untuk Kendaraan Jenis Prototype Roda Tiga,"

- 2017.
- [4] dkk. Reksowardojo, “Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2021,” *Pedoman Kontes Mob. Hemat Energi*, vol. 1, p. 2023, 2021, [Online]. Available: <https://kmhe.kemdikbud.go.id/storage/unduh/pedoman-kmhe-2023-937734.pdf>
- [5] Yulianto, “Tesis-Tm185400 Desain Dan Prototyping Steering Knuckle Mobil Formula Listrik,” 2019.
- [6] RizalFahmi-Technopex, “Berdasarkan Variasi Material Pada Prototipe,” no. 2022, pp. 32–48, 2023.
- [7] 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.
- [8] A. Izaz, A. Saputra, S. J. Purnomo, and M. Listrik, “Rancang Bangun Bodi Mobil Listrik Urban Concept BERBAHAN Fiber Carbon Pendahuluan Mobil adalah kendaraan darat yang digerakan oleh tenaga mesin , terbuat dari pipa , kabel dan bagian-bagian lainnya yang disusun menjadi kendaraan yang bermanfaat bagi manusi,” vol. 2, 2019.
- [9] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, “Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11157.
- [10] I. H. A. Razak., “Modeling, Simulation and Optimization Analysis of Steering Knuckle Component for Race Car,” *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 03, no. 11, pp. 221–225, 2014, doi: 10.15623/ijret.2014.0311037.
- [11] Saputra, Dkk ., “Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA) Uji pengaruh penggunaan bahan terhadap kekuatan mounting footstep menggunakan finite element method,” vol. 4, pp. 1–6, 2021.
- [12] H. Isworo, “Mekanika Kekuatan Material I,” *Buku Ajar*, pp. 19–22, 2018.
- [13] J. W. Robert L. Mott, Edward M. Vavrek, *Machine Elements*. 2018.
- [14] A. G. G. Octavianus and Penerbit, *Ansys Workbench*. 2021.

	Putu Vito Lesmana, mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, dari tahun 2021 sampai 2025 yang telah menyelesaikan Pendidikan dengan topik penelitian ANALISIS SIMULASI <i>STEERING KNUCKLE MOBIL URBAN CONCEPT</i> WEIMANA MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE ANSYS WORKBENCH</i> Dengan konsentrasi REKAYASA MANUFAKTUR.
--	---