

Desain dan Analisis Bracket Winch Car Kendaraan Taktis 4x4 Menggunakan Metode Elemen Hingga

Muhammad Rizky Pratama¹, Ilan Ramond Awom², Dhany Ramang R³, M
Daffa Agung Pratama⁴, Daffa Muhammad Fauzan⁵

Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan RI Bogor, Indonesia¹²³⁴, Jurusan Teknik
Mesin Prodi Teknik Perancangan dan Konstruksi Mesin Politeknik Negeri
Bandung, Indonesia⁵

mrizkypb04@gmail.com, ilandramond24@gmail.com, dhanny5005@gmail.com,
dffprtm77@gmail.com, daffamuhammadfauzan119@gmail.com

ABSTRACT

This research designs and analyzes the Bracket Winch Car for a 4x4 tactical vehicle. The Finite Element Method (FEM) is used to obtain the stress results, followed by calculating the Safety Factor using CAD software. The Bracket Winch Car design, made from AISI 4340 material, demonstrates the ability to safely withstand the load of the WARN VR EVO 10-S winch. Simulations are conducted with loading conditions corresponding to the maximum pull weight of the winch, with a value of 44,452.8 N. The safety factor obtained is 1.695, indicating that the design is safe and suitable for use in tactical vehicles.

Keywords: Bracket Winch Car, 4x4 Tactical Vehicle, Finite Element Method, AISI 4340

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan menganalisis Bracket Winch Car untuk kendaraan taktis 4x4. Metode Elemen Hingga digunakan untuk mendapatkan hasil Tegangan kemudian didapatkan Faktor Keamanan (*Safety Factor*) menggunakan perangkat lunak CAD. Desain Bracket Winch Car yang dibuat dari material AISI 4340 menunjukkan dapat menahan beban Winch WARN VR EVO 10-S dengan aman. Simulasi dilakukan dengan menggunakan pembebanan sesuai dengan berat tarik maksimum Winch dengan nilai 44452,8 N. Faktor keamanan didapatkan sebesar 1.695 sehingga desain yang dibuat aman dan dapat digunakan untuk kendaraan taktis.

Kata Kunci: Bracket Winch Car, Kendaraan Taktis 4x4, Metode Elemen hingga, AISI 4340

PENDAHULUAN

Kendaraan Taktis 4x4 adalah jenis kendaraan khusus yang berfungsi sebagai kendaraan untuk pasukan militer dalam tugas operasi, patroli dan kegiatan lainnya (Rinaldho et al., 2022). Kendaraan juga merupakan kendaraan militer yang dirancang untuk mendukung operasi tempur, dengan fokus pada kekuatan, keamanan, dan ketahanan untuk menghadapi berbagai tantangan medan perang. Kendaraan taktis memainkan peran penting dalam operasi militer dan keamanan, sehingga desain rangka yang kuat dan efisien menjadi penting (Nicolas Mezzalira, 2024). Kendaraan ini sering kali menghadapi situasi buruk salah satunya terjebak dan memerlukan pemindahan beban berat. Oleh karena itu salah satu komponen pendukung pada kendaraan taktis adalah Winch. Winch secara umum adalah alat yang digunakan untuk menarik beban dengan posisi horizontal berupa tenaga hidrolik yang mempunyai daya yang besar (Yolanda Adhi Pratama, 2016). Winch banyak digunakan pada alat transportasi salah satunya adalah kendaraan taktis. Winch car adalah Winch

yang berada pada kendaraan yang digunakan untuk membantu kendaraan ketika terjebak dimedan yang sulit dan menarik beban yang berat. Umumnya digunakan dalam operasi penyelamatan seperti rescue.

Bracket Winch merupakan komponen penting yang menjadi penghubung antara sistem winch dengan rangka kendaraan (dudukan winch). *Bracket* ini harus dirancang dengan baik untuk memastikan sistem Winch dapat bekerja secara optimal tanpa mengalami kegagalan struktur. Untuk itu dalam proses penelitian ini desain *Bracket Winch Car* perlu dilakukan analisis salah satunya adalah pendekatan menggunakan Metode Elemen Hingga. Metode Elemen Hingga adalah suatu pendekatan yang membagi objek kerja menjadi elemen-elemen kecil dengan jumlah terbatas, sehingga memungkinkan perhitungan reaksi terhadap beban pada kondisi batas yang telah ditentukan (Kuntoro et al., 2018). Selain itu, Metode Elemen Hingga juga merupakan teknik komputasi yang digunakan untuk memperoleh solusi aproksimasi dalam masalah rekayasa (Musa et al., 2015). Dengan metode elemen hingga desain yang dibuat akan di analisis untuk memastikan ketahanan dan keselamatan ketika digunakan pada kendaraan taktis, metode ini juga membuat analisis menjadi lebih akurat dan efisien.

Dalam penelitian ini, peneliti merancang *Bracket Winch Car* menggunakan perangkat lunak CAD dan kemudian melakukan simulasi statik untuk menganalisis tegangan yang terjadi. Tegangan dapat didefinisikan sebagai intensitas gaya yang diterapkan pada benda yang dibagi dengan luas penampangnya (Wijaya et al., 2023). Faktor Keamanan adalah ukuran yang digunakan untuk menilai sejauh mana sebuah desain dapat aman dalam menahan beban yang diberikan (Ari & Wibawa, 2019). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan pemahaman tentang desain *Bracket Winch Car*, serta dapat membantu dalam perancangan yang lebih baik tetapi juga dapat mengurangi waktu dan biaya yang diperlukan dalam proses prototyping dan pengujian fisik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan untuk komponen pendukung pada kendaraan taktis salah satunya *Winch* yang lebih efisien, aman dan dapat diandalkan dalam berbagai kondisi operasional.

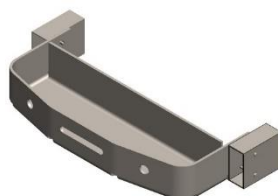
METODE PENELITIAN

Desain dan Simulasi

Desain pada penelitian ini dirancang untuk membuat pemasangan *Winch Car* pada kendaraan khususnya kendaraan taktis agar kokoh dan aman. *Winch* sendiri berfungsi sebagai alat untuk menarik beban berat seperti kendaraan yang membutuhkan bantuan saat terjebak dimedan yang sulit dan saat mengalami suatu insiden. Desain ini juga dirancang agar memastikan winch terpasang dengan stabil pada kendaraan khususnya kendaraan taktis. Desain bracket winch car ini mempertimbangkan kekuatan material dan dimensi agar dapat menahan gaya tarik yang dihasilkan oleh winch dan mudah terpasang pada kendaraan taktis.

Desain bracket dimulai dengan pembuatan model 3D menggunakan software CAD kemudian dianalisis kekuatannya menggunakan Simulasi *Static* dengan beban winch yang akan dihitung dengan winch berjenis WARN VR EVO 10-S . Pada

Penelitian ini peneliti menggunakan material AISI 4340. Dengan Simulasi menggunakan parameter pembebanan dan pemilihan material yang dihitung dan ditentukan, peneliti bertujuan untuk mendapatkan hasil tegangan dan faktor keamanan yang tinggi sehingga desain yang dibuat peneliti dapat memastikan bahwa winch dapat mampu menahan beban tarik dan berfungsi secara optimal untuk kendaraan taktis.



Gambar 1 Desain *Bracket Winch Car*

Input Material

Simulasi desain Bracket winch car ini menggunakan material AISI 4340. AISI 4340 merupakan material HSLA (High Strength Low Allow) yang termasuk dalam baja karbon medium yang memiliki sifat yang baik dan tangguh dalam menanggung beban (Puspitasari et al, 2021). Proses input material dilakukan dengan *cara Apply Material* pada fitur *Manager Design Tree* yang ada pada *Software CAD* dengan memilih Material AISI 4340 yang sudah tersedia. Sifat Material AISI 4340 yang telah terinput meliputi *Yield Strenght*, *Ultimate Strenght*, *Elastic Modulus*, *Poisson's Ratio* dan *Mass Density*. *Material Properties* AISI 4340 yang tersedia pada software CAD ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1 Material Properties AISI 4340

Material Properties AISI 4340	
Yiel Strenght	710 MPa
Ultimate Strenght	1100 MPa
Elastic Modulus	205000 MPa
Poisson's Ratio	0,32
Mass Density	7850 kg/m ³

Pembebanan Pada Desain

Pembebanan pada penelitan ini menggunakan beban tarik maksimum pada jenis Winch WARN VR EVO 10-S. Beban tarik maksimum pada jenis winch ini sebesar 4536 Kg (WARN VR EVO 10-S Datasheet). Pembebanan yang diberikan adalah beban gaya gravitasi dengan nilai $9,81 \text{ m/s}^2$, sehingga beban tarik maksimum pada *Bracket Winch Car* tersebut dikonversikan dari massa (Kg) menjadi Gaya (N) sehingga nilai pembebanan tersebut akan mendekati kondisi nyata. Pembebanan pada penelitian ini dihitung sebagai berikut.

$$F = m \times g$$

$$F = 4536 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$
$$F = 44452,8 \text{ N}$$

Keterangan:

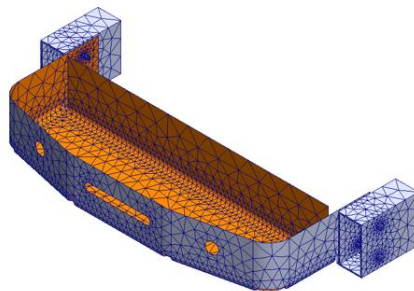
F = Gaya untuk pembebanan (N)

m = Beban tarik maksimum winch (kg)

g = Percepatan gravitasi (g)

Meshing

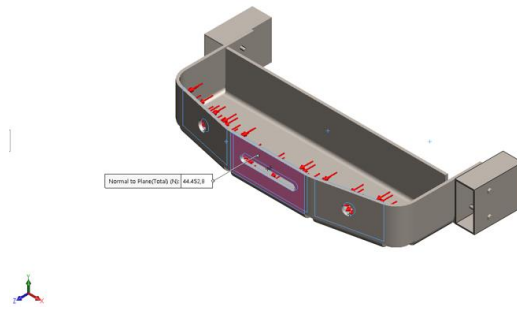
Meshing adalah pembagian objek menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (Fernanda & Wijanarko, 2022) Meshing juga merupakan proses dalam simulasi yang berfungsi untuk menganalisa bentuk dari geometri dengan memecah objek yang semulanya tidak hingga menjadi hingga (Kurniawati & Sukanda, 2020). Meshing dengan kata lain desain 3D yang kita buat dipecah menjadi elemen- elemen untuk mendapatkan hasil yang nantinya akan di analisis. Proses ini memastikan bahwa setiap bagian dari desain dapat dianalisis untuk mendapatkan distribusi tegangan dan faktor keamanan. Pada penelitian ini desain yang dimeshing mendapatkan Maximum Element Size sebesar 50,5 mm dan Minimum Element Size sebesar 2,52 mm. Untuk total nodes sebanyak 23735 dan total element sebanyak 12057. Berikut gambar 2 merupakan hasil meshing pada desain *Bracket Winch Car*. Hasil *meshing* dari desain *Bracket Winch Car* dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



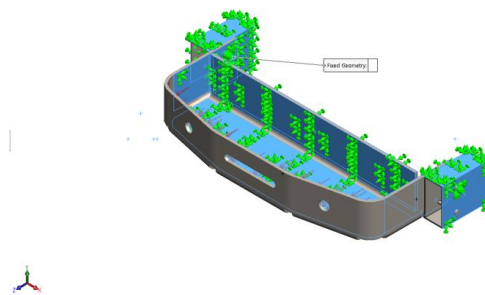
Gambar 2 Meshing Desain *Bracket Winch Car*

Setup Boundary Condition

Setup Pembebanan dilakukan setelah *meshing* selesai dilakukan. Tahap ini adalah penentuan kondisi batas yang meliputi pemberian beban yang telah dilakukan perhitungan sebelumnya dan pemberian *fixed support*. Dengan melakukan pembebanan yang tepat dan sesuai dengan kondisi nyata serta tempat *fixed support* yang bertindak sebagai bagian yang tidak bergerak atau diam sehingga selama simulasi peneliti dapat memperoleh hasil yang tepat dan akurat sesuai dengan kinerja *Bracket Winch Car*. Setup Pembebanan dan Setup *Fixed Support* dapat dilihat Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Setup Pembebanan

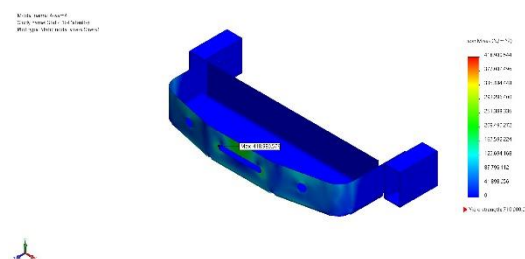


Gambar 4 Setup Fixed Support

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi Von Mises Stress

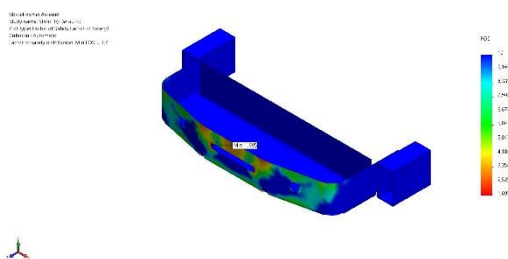
Berdasarkan hasil simulasi Von Mises Stress pada desain *Bracket Winch Car* yang dapat dilihat pada gambar 5, nilai tegangan maksimal yang didapatkan sebesar 418,98 Mpa. Distribusi tegangan pada gambar menunjukkan sebagian besar berada pada kondisi tegangan rendah (kontur berwarna biru), yang menunjukkan bahwa sebagian besar bagian dari bracket dapat menahan beban dengan baik. Namun, pada area tertentu menunjukkan konsentrasi yang tinggi yang ditandai dengan warna kontur berwarna merah dan tidak berwarna biru. Daerah yang menunjukkan tegangan yang tinggi masih berada dibawah batas kemampuan material sehingga secara keseluruhan Bracket Winch Car dapat menahan beban tarik maksimum yang digunakan. Hasil simulasi Von Mises Stress dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Hasil Simulasi Von Mises Stress

Hasil Simulasi Faktor Keamanan

Berdasarkan hasil simulasi faktor keamanan pada desain *Bracket Winch Car* yang dapat dilihat pada gambar 6, nilai faktor keamanan minimum tercatat 1,695 ini menunjukkan bahwa bagian dengan nilai faktor keamanan terendah pada desain ini masih mampu menahan beban. Distribusi warna pada gambar memperlihatkan bahwa sebagian besar desain memiliki faktor keamanan yang cukup tinggi (kontur berwarna biru) tetapi ada beberapa area yang memiliki faktor keamanan lebih rendah. Area dengan faktor keamanan rendah ini terletak pada titik-titik distribusi tegangan tinggi (kontur berwarna merah). Secara Keseluruhan desain *Bracket Winch Car* menunjukkan bahwa desain yang kita buat dalam kondisi aman dan baik.



Gambar 6 Hasil Simulasi Faktor Keamanan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan pada desain *Bracket Winch Car*, dapat disimpulkan bahwa desain tersebut aman dan memenuhi persyaratan teknis yang dibutuhkan. Hasil simulasi Von Mises Stress menunjukkan bahwa meskipun terdapat beberapa area dengan konsentrasi tegangan tinggi, nilai tegangan maksimum yang tercatat (418,98 MPa) masih berada di bawah batas kekuatan material (AISI 4340 dengan yield strength 710 MPa), sehingga material tidak mengalami kegagalan. Sebagian besar desain berada pada kondisi tegangan rendah, yang berarti bracket mampu menahan beban dengan baik.

Hasil simulasi faktor keamanan juga menunjukkan bahwa desain secara keseluruhan berada dalam kondisi aman, dengan faktor keamanan minimum tercatat sebesar 1,695. Ini berarti bagian dengan faktor keamanan terendah masih dapat menahan beban dengan baik. Meskipun sebagian besar desain menunjukkan faktor keamanan yang tinggi, ada beberapa area dengan faktor keamanan yang lebih rendah, terutama pada titik-titik yang mengalami konsentrasi tegangan tinggi. Secara keseluruhan, desain *Bracket Winch Car* dapat menahan beban tarik maksimum dengan aman dan memiliki faktor keamanan yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

Ari, L., & Wibawa, N. (2019). Pengaruh Susunan dan Jumlah Lubang Baut terhadap

- Kekuatan Rangka Main Landing Gear untuk Pesawat UAV. V(1). <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl>.
- Fernanda, M. Y., & Wijanarko, D. V. (2022). Studi Numerik Konveksi Paksa pada Tube Banks dengan Penambahan Vortex Generator. *JTM*, 10(2), 61-70.
- Kuntoro, S., & Kabib, M. (2018). Analisis Kekuatan Dies Frame Link pada Mesin Roll Pipa 2 In Penggerak Hidrolik dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal SIMETRIS*, 9(2).
- Kurniawati, D. M., & Sukanda, J. M. (2020). Simulasi Numerik Pengaruh Aspect Ratio Dan Sudut Serang Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Vertikal H-Rotor. *ROTASI*, 22(1), 22-28.
- Mezzalira, N. (2024). *Desain dan Analisis Frame Kendaraan Taktis Menggunakan Tubular Frame di Perusahaan PT Delimajaya*. [Skripsi, Universitas Nusa Putra].
- Musa, I., Afolayan, M., & Dagwa, I. (2015). Finite Element Model for Predicting Residual Stresses in Shielded Manual Metal Arc Welding of Mild Steel Plates. *Nigerian Journal of Technology*, 35(1), 85. <https://doi.org/10.4314/njt.v35i1.14>
- Pratama, Y. A., Yudo, H., & Adietya, B. A. (2016). Analisa Kekuatan Struktur Winch Terhadap Tension Force Tali Warp Pada Kapal Ikan Tradisional PP II 29 GT di Kabupaten Batang dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(4), 878-882.
- Puspitasari, N. A., Marsono, & Nugraha, M. P. (2021). Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis dengan Bantuan Software SolidWorks pada Hasil Perancangan Ladder Frame Chassis Mobil Listrik Menggunakan Material AISI 4340. Seminar Nasional Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri, 25 November 2021, ITENAS Bandung.
- Rinaldho, A. R., Agson Gani, E., Bagdja, A., Studi, P., Daya Gerak, T., & Teknologi Pertahanan, F. (2022). Studi Ergonomi Desain Kursi Penumpang Kendaraan Taktis MAUNG 4X4 PT. PINDAD Berdasarkan Anrtopometri Pengguna Berbasis Virtual Envoirement Modelling Menggunakan Metode Posture Evaulation Index (PEI) Ergonomic.
- Wijaya, A., Sofyan, E., setiawan, F., & Kevin Adam, M. (2023). Analysis And Design Of Vtol Uav Wing Using Finite Element Analysis. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 9(1), 144-151.