
Journal Of Industrial Engineering And Technology (Jointech) Universitas Muria Kudus

Journal homepage :
<http://journal.UMK.ac.id/index.php/jointech>

PENGEMBANGAN PROTOTIPE ALAT BANTU SIT UP UNTUK MENINGKATKAN KESIAPAN OTOT PERUT ATLET JUJITSU DI DOJO ABC

Mochammad Muchid^{1,*}, Muharom², Krisnadhi Hariyanto³

^{1,2}Prodi Teknik Mesin/Universitas Wijaya Putra, Jl, Raya Benowo No. 1-3 Surabaya, 60197, Indonesia

³Prodi Teknik Industri/Universitas Wijaya Putra, Jl, Raya Benowo No. 1-3 Surabaya, 60197, Indonesia

*email Koredpondensi: muchid@uwp.ac.id

INFO ARTIKEL

Article history :

Received : 29 Mei 2025

Accepted : 28 Juni 2025

Keywords:

Prototype

Kekuatan

Olahraga

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe alat bantu olahraga Sit Up guna meningkatkan kesiapan otot perut atlet Jujitsu Dojo Wijaya Putra. Perancangan dilakukan sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat dalam implementasi Tri Dharma Perguruan Tinggi oleh dosen Universitas Wijaya Putra. Pengembangan dilakukan dalam dua tahap: prototipe digital menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2023 SP5, serta prototipe fisik untuk pengujian nyata di lapangan. Simulasi analisa kekuatan material dilakukan dengan metode statik untuk mengevaluasi keamanan struktur desain. Fokus utama terletak pada komponen Plat Dudukan yang terdiri dari 2 Plat U, 1 Poros Penghubung, dan 1 Plat Segitiga Radius, yang disambung menggunakan las. Pengujian kekuatan material dilakukan dengan pembebanan 1.000 N pada permukaan Plat Segitiga Radius. Hasil analisa menunjukkan nilai faktor keamanan sebesar 4,7, menandakan bahwa desain aman digunakan dan siap untuk dikembangkan lebih lanjut. Prototipe ini mendukung latihan mandiri yang efektif bagi atlet dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi latihan.

PENDAHULUAN

Olahraga adalah salah satu aktivitas yang dapat meningkatkan kondisi fisik dan kesehatan tubuh, termasuk kesiapan otot perut yang sangat penting bagi atlet dalam cabang olahraga seperti jujitsu. Salah satu latihan yang efektif untuk melatih kekuatan otot perut adalah sit-up. Namun, untuk mencapai hasil yang optimal, dibutuhkan alat bantu yang dapat memaksimalkan efektivitas latihan tersebut. Dalam konteks ini, prototipe digital alat bantu sit-up dapat memberikan solusi inovatif bagi atlet jujitsu untuk meningkatkan kesiapan otot perut mereka.

Mitra Dojo Wijaya Putra yang memiliki berbagai atlet jujitsu, sangat memerlukan alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan fisik mereka. Saat ini, alat bantu sit-up yang ada di pasaran sering kali memiliki desain yang kurang nyaman dan kurang sesuai dengan kebutuhan pengguna, khususnya atlet yang membutuhkan alat yang dapat menyesuaikan dengan gerakan dan intensitas latihan yang tinggi. Alat tersebut sering kali tidak memberikan stabilitas yang optimal, atau tidak cukup mendukung postur tubuh yang benar saat latihan. Penggunaan prototipe digital dalam desain alat bantu olahraga memberikan keuntungan dalam memvisualisasikan konsep produk sebelum tahap produksi fisik. Dengan menggunakan perangkat lunak desain seperti SolidWorks, pengujian dan analisis dapat dilakukan secara digital untuk mengevaluasi aspek fungsional dan struktural dari alat tersebut. Hal ini memungkinkan pengujian mekanika kekuatan material, termasuk tegangan, regangan, perubahan bentuk, dan angka keamanan yang merupakan parameter penting dalam memastikan alat aman digunakan (Ma et al., 2023; Zhang & Wang, 2023). Selain itu, teknologi simulasi juga memberikan wawasan mengenai optimasi desain untuk meminimalkan penggunaan bahan dan biaya produksi, yang pada gilirannya dapat menghasilkan alat bantu yang lebih efisien secara biaya dan ramah lingkungan (Guo et al., 2023). Dalam penelitian ini, Tingkat Kesiapan Teknologi digunakan untuk menilai sejauh mana teknologi yang ada, seperti SolidWorks Simulation, mampu mendukung pengembangan alat bantu olahraga yang efisien dan aman bagi atlet. Dengan penggunaan teknologi simulasi ini, parameter teknis alat dapat diuji secara digital, menghindari kesalahan desain yang dapat berisiko bagi pengguna. Permasalahan yang menjadi fokus utama dalam pengembangan alat bantu sit-up untuk atlet jujitsu, antara lain: a. Kesiapan Teknologi: sejauh mana teknologi yang tersedia mampu mendukung pengembangan alat bantu olahraga yang efisien dan aman bagi atlet. Salah satu faktor kunci adalah penggunaan software desain dan simulasi untuk mengidentifikasi potensi masalah desain sebelum prototipe fisik dibuat (Gomes da Silva et al., 2023). b. Mekanika Kekuatan Material: bagaimana tegangan, regangan, dan perubahan bentuk pada material yang digunakan dalam alat dapat mempengaruhi kinerja dan daya tahan produk. Pengujian terhadap angka keamanan alat juga menjadi fokus utama untuk memastikan tidak ada kegagalan material yang membahayakan penggunaannya. Material yang tidak tepat atau tidak kuat dapat menyebabkan kegagalan alat, yang berpotensi menimbulkan cedera pada pengguna (Shailendra & Reddy, 2020; Noh & Hong, 2022), c. Desain dan Pengujian menggunakan SolidWorks Simulation 2023 SP5: penggunaan SolidWorks Simulation memungkinkan analisis lebih mendalam terkait distribusi tegangan dan defleksi pada desain alat. Pengujian ini sangat penting untuk memastikan bahwa desain yang diusulkan dapat menahan beban yang diterapkan selama latihan dan aman digunakan dalam jangka panjang. Dengan fitur simulasi, desain dapat dioptimalkan untuk mengurangi bobot alat tanpa mengorbankan kekuatan dan ketahanannya (Chen et al., 2021). Alat bantu sit-up yang sedang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang dengan mempertimbangkan kenyamanan, keamanan, dan efektivitas bagi atlet jujitsu. Dengan desain yang lebih ergonomis, alat ini dapat memberikan stabilitas lebih baik, mengurangi tekanan pada tubuh, serta mendukung postur yang benar selama latihan, sehingga lebih nyaman digunakan dalam jangka panjang. (Ali et al., 2021) (Yu & Wu, 2020) (Setyawan & Nugroho, 2022) (Irwanto & Saputra, 2023) (Widodo & Haryanto, 2022)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode P5MdP (Perencanaan, Pemodelan, Pengujian Fungsi, Pengujian Keamanan Produk) untuk mengembangkan alat bantu sit-up yang dapat meningkatkan kesiapan otot perut atlet jujitsu. Metode ini mengacu pada empat tahap utama yang masing-masing berfokus pada aspek kritis dari proses desain dan pengujian alat bantu tersebut. Dan berikut ini tahapan didalam menyelesaikan permasalahan diatas adalah:

1. Perencanaan (*Planing*)

Pada tahap ini, dilakukan analisis kebutuhan dan tujuan alat bantu sit-up yang akan dikembangkan. Peneliti mengidentifikasi berbagai aspek yang perlu dipertimbangkan, seperti fungsi alat, target pengguna (atlet jujitsu), serta faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas alat dalam meningkatkan kekuatan otot perut. Selain itu, dalam tahap perencanaan juga dilakukan analisis terhadap teknologi yang akan digunakan, dengan mempertimbangkan kesiapan teknologi dalam mendukung pengembangan alat ini, terutama terkait penggunaan SolidWorks Simulation 2023 SP5 untuk pemodelan dan pengujian desain alat.

2. Pemodelan (*Modeling*)

Setelah melakukan tahapan perencanaan, tahap selanjutnya adalah pemodelan desain alat bantu sit-up secara digital. Pada tahap ini, digunakan perangkat lunak desain 3D seperti SolidWorks untuk menciptakan model digital alat tersebut. Dalam tahap pemodelan ini, dilakukan analisis terhadap bentuk dan struktur alat, dengan mempertimbangkan faktor kekuatan material dan kinerja desain. SolidWorks Simulation digunakan untuk memodelkan distribusi tegangan, regangan, serta perubahan bentuk pada material alat yang diusulkan. Hasil dari pemodelan ini adalah desain awal yang dapat diuji lebih lanjut untuk melihat potensi masalah yang mungkin terjadi sebelum tahap produksi fisik.

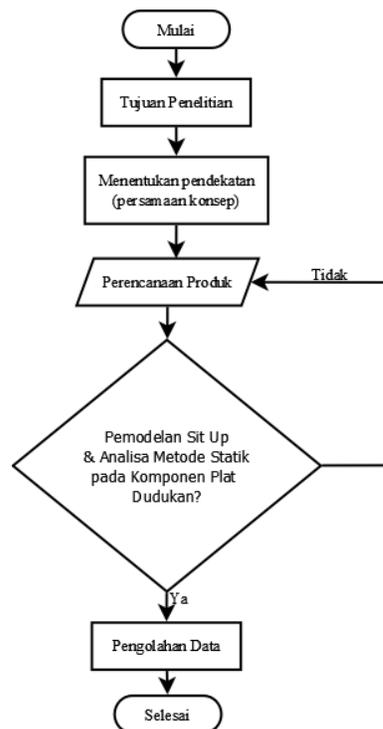
3. Pengujian Fungsi (*Function Testing*)

Pengujian fungsi dilakukan untuk memastikan bahwa alat bantu sit-up yang dirancang berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Pada tahap ini, prototipe digital diuji dengan menggunakan SolidWorks Simulation untuk mensimulasikan beban dan gerakan yang dialami alat saat digunakan oleh atlet dalam latihan sit-up. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat dapat mendukung gerakan sit-up dengan cara yang aman dan efektif. Simulasi ini juga melibatkan analisis terhadap daya tahan alat dalam menghadapi tekanan dan penggunaan berulang, serta memberikan data tentang bagaimana desain dapat dioptimalkan.

4. Pengujian Keamanan Produk (*Product Safety Testing*)

Tahap terakhir adalah pengujian keamanan produk, yang berfokus pada evaluasi aspek keselamatan dari alat bantu sit-up. Pengujian ini mengukur seberapa aman alat tersebut digunakan oleh atlet jujitsu, mengingat risiko cedera atau kerusakan alat jika desain atau material yang digunakan tidak memenuhi standar keamanan. Pengujian dilakukan dengan menganalisis tegangan, regangan, dan perubahan bentuk pada material alat yang digunakan selama simulasi. Selain itu, angka keamanan juga dihitung untuk memastikan bahwa alat tersebut aman digunakan dalam jangka panjang, meskipun mengalami beban atau tekanan yang tinggi selama latihan. Hasil pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi apakah perubahan desain atau material diperlukan untuk meningkatkan tingkat keamanan alat.

Berikut dibawah ini adalah gambar diagram alir penelitian dengan judul: Pengembangan Prototipe Alat Bantu Sit Up Untuk Meningkatkan Kesiapan Otot Perut Atlet Jujitsu: Studi Kasus Dojo Wijaya Putra.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Diagram ini memberikan gambaran visual mengenai urutan kegiatan yang dilakukan mulai dari tahap perencanaan hingga pengujian prototipe alat. a. Perencanaan: tahap pertama dalam penelitian ini melibatkan analisis kebutuhan atlet dan identifikasi masalah pada alat bantu sit-up yang ada saat ini. Hasil dari tahap ini adalah spesifikasi kebutuhan alat dan pemilihan teknologi yang akan digunakan, termasuk pemilihan perangkat lunak seperti SolidWorks untuk desain dan simulasi. b. Pemodelan: Pada tahap ini, desain alat bantu sit-up dibuat secara digital menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Prototipe digital ini memungkinkan peneliti untuk melakukan simulasi awal terhadap struktur alat, mengidentifikasi potensi masalah desain, dan menentukan material yang digunakan. c. Pengujian Fungsi: setelah desain awal selesai, prototipe digital diuji untuk mengevaluasi fungsionalitas alat, seperti kestabilan dan kenyamanan pengguna saat melakukan latihan. Pengujian ini dilakukan melalui simulasi yang mencakup analisis tegangan, regangan, dan perubahan bentuk pada material. Pengujian. d. Keamanan Produk (P): Pada tahap ini, dilakukan pengujian keamanan untuk memastikan bahwa alat yang dirancang tidak hanya fungsional tetapi juga aman digunakan oleh atlet. Pengujian ini mencakup analisis angka keamanan dan keandalan material yang digunakan dalam alat bantu sit-up. e. Produksi dan Evaluasi: Setelah pengujian selesai, prototipe final diproduksi untuk uji coba fisik, dan hasil evaluasi digunakan untuk memperbaiki desain alat guna meningkatkan kenyamanan dan efektivitasnya.

Peralatan yang di gunakan dalam untuk menyelesaikan penelitian dengan judul "Pengembangan Prototipe Alat Bantu Sit Up Untuk Meningkatkan Kesiapan Otot Perut Atlet Jujitsu: Studi Kasus Dojo Wijaya Putra":

1. Laptop

Laptop yang digunakan dalam penelitian ini adalah ASUS TUF Gaming A15, dengan spesifikasi sebagai berikut: Sistem Operasi: Windows 11 Home Single Language, Tipe Sistem: 64-bit, RAM: 24 GB dan Prosesor: AMD Ryzen 7 5350 HS dengan Radeon

Graphics 3.30 GHz. Laptop ini digunakan untuk menjalankan perangkat lunak desain dan analisis, memberikan kinerja yang mumpuni untuk pemodelan prototipe dan simulasi dalam pengembangan alat bantu sit-up.

2. Software Desain dan Analisa Produk

SolidWorks 2024 SP5 adalah perangkat lunak utama yang digunakan untuk desain dan analisis produk. Dengan kemampuan simulasi yang sangat mendalam, SolidWorks memungkinkan pembuatan model 3D alat bantu sit-up serta analisis mekanika material, termasuk tegangan, regangan, dan angka keamanan yang sangat penting dalam menjamin keamanan dan efektivitas alat.

3. Software Office

Microsoft Office 365 versi Home and Student 2021 digunakan dalam pengolahan data lainnya, seperti konversi hasil simulasi dan dokumentasi. Program ini juga digunakan untuk analisis data dan presentasi hasil penelitian.

4. Alat Ukur Panjang

Meteran TikTac 6 ft (2 meter) digunakan untuk melakukan pengukuran dimensi tubuh atlet, seperti tinggi badan, panjang kaki, panjang tangan, dan lebar bahu. Pengukuran yang tepat sangat penting dalam menentukan desain alat bantu sit-up yang dapat digunakan oleh berbagai atlet jujitsu.

5. Alat Ukur Berat

Timbangan Digital digunakan untuk mengukur berat tubuh atlet. Pengukuran berat badan juga menjadi faktor penting dalam desain alat bantu, terutama untuk menentukan kekuatan dan stabilitas alat saat digunakan dalam latihan.

Berikut dibawah ini adalah pengukuran pada bagian tubuh yang dilakukan terhadap atlet jujitsu.



Gambar 2. Pengukuran pada Atlet Jujitsu

Pada gambar di atas, terlihat pengukuran tubuh atlet jujitsu, yang mewakili pengukuran tubuh atlet lainnya dalam penelitian ini. Dalam pembuatan prototipe alat bantu sit-up, dimensi tubuh yang mempengaruhi desain alat antara lain meliputi tinggi total atlet, panjang kaki, panjang tangan, dan lebar bahu. Data pengukuran tubuh atlet ini sangat penting karena akan menentukan bagaimana alat bantu sit-up disesuaikan agar dapat digunakan dengan nyaman oleh berbagai atlet. Setelah data pengukuran tubuh atlet jujitsu dikumpulkan, informasi tersebut diolah untuk menghasilkan desain alat bantu sit-up yang ideal, yaitu alat yang dapat digunakan oleh seluruh atlet jujitsu tanpa memandang perbedaan ukuran tubuh secara signifikan. Proses ini memastikan bahwa alat bantu yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan semua atlet dengan efektif, memberikan kenyamanan dan stabilitas yang optimal saat latihan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pembuatan Desain Alat Bantu Sit-Up

Berikut dibawah ini adalah hasil pembuatan prototipe alat bantu Sit Up menggunakan perangkat lunak atau aplikasi SolidWork 2024 SP5.



Gambar 3. Hasil Pembuatan Desain Alat Bantu Sit-Up

Hasil penelitian Pengembangan Prototipe Alat Bantu Sit Up Untuk Meningkatkan Kesiapan Otot Perut Atlet Jujitsu: Studi Kasus Dojo Wijaya Putra yang dapat digerakan pada sudut 22° , 45° , 60° dan 90° .

B. Hasil Menentukan Spesimen Uji

Berikut dibawah ini adalah hasil dari komponen Plat Dudukan yang digunakan sebagai spesimen uji.

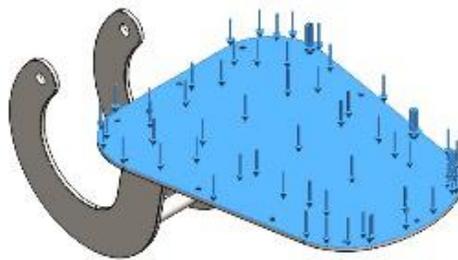


Gambar 4. Hasil Menentukan Spesimen Uji

Pada gambar diatas adalah spesimen uji Plat Dudukan yang terdapat pada bagian alat bantu Sit Up tepatnya terdapat pada dudukan pengguna atlet jujitsu. Pemilihan sebagai spesimen uji dengan asumsi komponen Plat Dudukan sering mendapatkan beban terus menerus dan berulang-ulang komponen Plat Dudukan dianggap kritis dan perlu dilakukan analisa Statik. Plat Dudukan yang terdiri dari: 2 buah Plat U, 1 buah Poros Penghubung dan 1 buah Plat Segitiga Radius dari seluruh komponen tersebut diikat atau disambung menjadi satu kesatuan menggunakan lasan.

C. Hasil Menentukan Nilai Pembebanan

Dari hasil menghitung berat badan pada atlet jujitsu Dojo Wijaya Putra yang terdiri dari: sekolah dasar jumlah peserta 35 anak, sekolah lanjutan tingkat pertama jumlah peserta 40 anak, sekolah menengah atas dan sekolah menengah kejuruan jumlah peserta 25 serta mahasiswa jumlah peserta 8 mendapatkan nilai 108 peserta dengan nilai rata-rata yang didapatkan sebesar 62 kg, berat alat bantu Sit Up 18 kg didapatkan nilai berat total (BT) sebesar 80 kg. Dan untuk memastikan pembebanan ideal (PI) maka nilai berat total (BT) sebesar 80 kg dikalikan dengan nilai batas aman (BA) $\frac{1}{4}$ menjadi 0.25 dan mendapatkan hasil sebesar 20 kg lalu nilai berat total (BT) sebesar 80 kg. Sehingga mendapatkan nilai pembebanan ideal (PI) adalah berat total (BT) + (PI) = 100 kg. Pada analisa Statik yang dilakukan pembebanan memiliki satuan newton dengan nilai didapatkan dari nilai satuan gravitasi sebesar 9.8 m/s² dibulatkan menjadi 10.0 m/s² sehingga mendapatkan nilai pembebanan ideal (PI) sebesar 1,000 N.



Gambar 5. Hasil Menentukan Lokasi Pembebanan

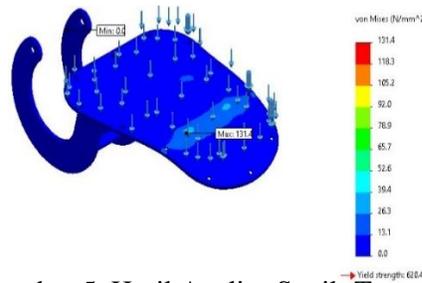
Pada gambar diatas menyatakan lokasi pembebanan yang ditunjukkan dengan pemilihan permukaan (warna biru) tepatnya terjadi pada Plat Segitiga Radius dengan nilai 1,000 N.

D. Hasil Analisa Statik

Pada analisa Mekanika Kekuatan Material metode Statik, yang sudah dilakukan berguna untuk mendapatkan hasil perhitungan atau fenomena sekumpulan gaya yang berkumpul pada permukaan tertentu yang terjadi akibat pembebanan. Hasil analisa ini ditandai dengan diagram batang warna yang menunjukkan distribusi tegangan pada permukaan material. Pembacaan nilai dilakukan pada sisi kanan diagram batang warna. Warna merah yang terjadi pada permukaan produk menunjukkan nilai maksimal dari pengujian, sedangkan warna biru menunjukkan nilai minimal dari pengujian. Diagram warna ini memberikan gambaran visual yang jelas mengenai titik-titik kritis pada material yang diuji, yang memungkinkan perancang untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan memastikan keamanan serta kekuatan alat secara menyeluruh.

Tegangan

Material yang digunakan pada spesimen Plat Dudukan adalah baja paduan rendah (alloy steel) yang memiliki Mass Density sebesar 7,700 kg/m³, Yield Strength sebesar 620 Mpa. Pemberian beban sebesar 1,000 N tepatnya pada permukaan Plat Segitiga Radius mendapatkan hasil sebagai berikut dibawah ini:

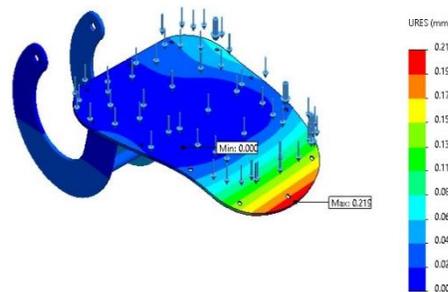


Gambar 5. Hasil Analisa Statik-Tegangan

Dari gambar diatas mendapatkan nilai tegangan minimum sebesar 0.00 Mpa yang ditandai dengan warna biru terjadi pada seluruh permukaan dan mendapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 131.4 Mpa yang ditandai dengan warna merah terjadi pada kedua sambungan pengelasan tepatnya pada Plat Segitiga Radius bagian belakang.

Perubahan Bentuk

Hasil perubahan bentuk terjadi akibat pemberian beban sebesar 1,000 N tepatnya pada permukaan Plat Segitiga Radius mendapatkan hasil sebagai berikut dibawah ini

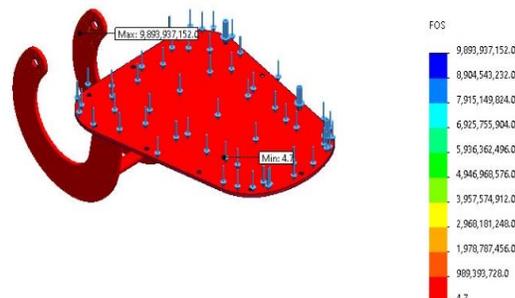


Gambar 6. Hasil Analisa Statik-Perubahan Bentuk

Dari gambar diatas mendapatkan nilai perubahan bentuk minimum sebesar 0.00 mm yang ditandai dengan warna biru terjadi pada kedua permukaan Plat U, Poros Penghubung Plat U dan bagian Plat Segitiga Radius tepatnya pada permukaan depan dan mendapatkan nilai maksimum sebesar 0.219 mm yang ditandai dengan warna merah terjadi pada Plat Segitiga Radius tepatnya pada permukaan bagian belakang.

Faktor Keamanan

Hasil yang didapatkan dari angka keamana terjadi akibat pemberian beban sebesar 1,000 N tepatnya pada permukaan Plat Segitiga Radius mendapatkan hasil sebagai berikut dibawah ini:



Gambar 7. Hasil Analisa Statik-Faktor Keamanan

Dari gambar diatas mendapatkan nilai angka keamanan minimum sebesar 4.7 yang ditandai dengan warna merah terjadi pada seluruh permukaan kecuali pada kedua sambungan pengelasan tepatnya pada Plat Segitiga Radius bagian belakang dan mendapatkan nilai maksimum sebesar 9,893,937,152 yang ditandai dengan warna biru terjadi pada kedua sambungan pengelasan tepatnya pada Plat Segitiga Radius bagian belakang.

KESIMPULAN

Hasil analisa tegangan menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimal yang terukur adalah 131,4 MPa, sedangkan tegangan minimal tercatat sebesar 0,00 MPa. Nilai ini masih jauh di bawah nilai kekuatan tarik material yang mencapai 620,4 MPa, yang berarti alat masih berada dalam zona elastisitas dan belum mengalami deformasi plastis, sehingga dapat dikatakan aman untuk digunakan. Hasil analisa perubahan bentuk menunjukkan adanya pertambahan panjang maksimal sebesar 0,219 mm, yang tergolong sangat kecil dan tidak menimbulkan dampak signifikan terhadap kerusakan alat, sehingga dapat dianggap aman. Pada analisa angka keamanan, diperoleh hasil minimal sebesar 4,7, yang artinya nilai ini lebih besar dari 1, yang menunjukkan bahwa alat masih dalam batas aman untuk digunakan. Berdasarkan hasil analisa tegangan, perubahan bentuk, dan angka keamanan di atas, dapat disimpulkan bahwa Plat Dudukan pada alat bantu sit-up aman digunakan. Meskipun demikian, hasil ini menunjukkan nilai yang cukup besar, sehingga disarankan untuk melakukan topologi desain pada Plat Dudukan. Beberapa perubahan yang dapat dipertimbangkan adalah dengan melubangi bagian Plat Segitiga Radius untuk mengurangi berat atau mengganti ketebalan plat. Alternatif lainnya adalah mengganti material Plat Dudukan dengan aluminium, yang lebih ringan. Desain alat bantu sit-up ini juga akan dikembangkan menjadi bentuk lipat, agar lebih ringan, mudah dipasang, dan portabel, yang sangat dibutuhkan dalam kejuaraan tingkat kota dan provinsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Qureshi, A. J., & Khan, A. M. (2021). Finite element analysis of fitness bench under variable loading conditions. *Engineering Reports*, 3(8), e12495. <https://doi.org/10.1002/eng2.12495>
- Chen, L., Wang, K., Wei, Y., & Zhang, N. (2021). Application of virtual simulation technology in physical education. *MEMSSR 2021*. http://webofproceedings.org/proceedings_series/ESSP/MEMSSR 202021/PJ151.pdf
- Gomes da Silva, J. C., Silva, K. F., Batista, C. E. C. F., Patrício, G. T., & Batista, G. R. (2023). Development of prototypes in sport: A systematic review. *Journal of Sports Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.1177/17543371231189920>
- Guo, W., He, J., Li, K., & Zhang, J. (2023). A study on the design of a fitness furniture and its finite element analysis. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2767313/v1>
- Irwanto, A., & Saputra, R. (2023). Evaluasi numerik kekuatan material pada alat olahraga multifungsi dengan pendekatan CAD-CAE. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 55–66. <https://doi.org/10.22441/jrm.2023.v18.i2.03>
- Ma, Y., Ren, M., & Li, X. (2023). Application of virtual simulation technology in sports decision training: A systematic review. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1164117>

- Noh, E., & Hong, S. (2022). Finite Element Analysis and Support Vector Regression-Based Optimal Design to Minimize Deformation of Indoor Bicycle Handle Frame Equipped with Monitor. *Applied Sciences*, 12(6), 2999. <https://doi.org/10.3390/app1206299>
- Setyawan, R. A., & Nugroho, H. (2022). Desain alat bantu olahraga push-up berbasis simulasi numerik. *Jurnal Teknik Mesin dan Industri*, 13(1), 12–20. <https://doi.org/10.25077/jtmi.13.1.12-20.2022>
- Shailendra, K., & Reddy, S. (2020). Materials study on a telescopic barbell design using finite element model. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/347364498>
- Widodo, S., & Haryanto, T. (2022). Analisis beban statik alat bantu kebugaran menggunakan SolidWorks Simulation. *Jurnal Inovasi Teknik Mesin*, 5(2), 40–47. <https://doi.org/10.31294/jitm.v5i2.16502>
- Yu, X., & Wu, H. (2020). Ergonomic design of exercise equipment based on simulation. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 7(1), 45–58. <https://doi.org/10.1504/IJHFE.2020.107038>
- Zhang, Y., & Wang, L. (2023). A study on the design of a fitness furniture and its finite element analysis. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2767313/v1>