EISSN: 2528 - 0112

JURNAL VIRTUAL OF MECHANICAL ENGINEERING ARTICLE (V-MAC)

https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/vmac email: vmac.mesin@gmail.com

Perancangan Alat Uji Tarik Material Komposit Serat Alam dengan Metode FEA Menggunakan AISI 304 dan ASTM A36 *Steel*

Rizki Romadon Siregar[1], Agus Fikri[2]
[1]Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Jakarta, Indonesia, riskiromadonsiregar434@gmail.com
[2]Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Jakarta, Indonesia, agus_fikri@uhamka.ac.id

Corresponding Author: agus_fikri@uhamka.ac.id

Abstract: *Natural fiber composite materials have been increasingly utilized in various engineering applications due to their low weight, favorable mechanical properties, and environmental sustainability. The growing use of these materials requires tensile testing equipment with reliable structural performance to ensure accurate mechanical characterization. However, most previous studies have primarily focused on manufacturing processes and experimental testing, while structural safety evaluation during the design stage has received limited attention. This study aims to design a horizontal tensile testing machine for natural fiber composite materials and evaluate its structural performance using AISI 304 and ASTM A36 Steel through the Finite Element Analysis (FEA) method. Static simulations were performed under a maximum tensile load of 2 kN to determine the von Mises stress, displacement, and factor of safety. The simulation results indicate that the AISI 304 structure produced a maximum von Mises stress of 94.186 MPa, a maximum displacement of 0.066 mm, and a minimum factor of safety of 2.849. In comparison, the ASTM A36 Steel structure exhibited a maximum von Mises stress of 92.969 MPa, a maximum displacement of 0.065 mm, and a minimum factor of safety of 3.350. Both materials remained within the elastic region, as the maximum stress values were below their respective yield strengths. Overall, ASTM A36 Steel demonstrated superior structural performance by exhibiting lower stress, smaller deformation, and a higher safety margin, making it a more suitable material for the structural construction of laboratory-scale tensile testing machines.*

Keyword: *Tensile testing machine, FEA, AISI 304, ASTM A36 Steel, Natural fiber composite.*

Abstrak: Material komposit serat alami semakin banyak digunakan pada berbagai aplikasi teknik karena memiliki massa yang ringan, sifat mekanik yang baik, serta lebih ramah lingkungan. Peningkatan penggunaan material tersebut memerlukan alat uji tarik yang memiliki kinerja struktur andal agar mampu menghasilkan karakterisasi mekanik yang akurat. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada proses manufaktur dan pengujian eksperimental, sedangkan evaluasi keamanan struktur pada tahap perancangan masih terbatas. Penelitian ini bertujuan merancang alat uji tarik horizontal untuk material komposit serat alami serta mengevaluasi kinerja struktur menggunakan material AISI 304 dan ASTM A36 *Steel* melalui metode *Finite Element Analysis* (FEA). Simulasi dilakukan dengan

pembebanan statik sebesar 2 kN yang menghasilkan nilai *von Mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan material AISI 304 menghasilkan *von Mises stress* maksimum sebesar 94,186 MPa, *displacement* maksimum 0,066 mm, dan *factor of safety* minimum 2,849. Sementara, ASTM A36 *Steel* menghasilkan *von Mises stress* maksimum 92,969 MPa, *displacement* maksimum 0,065 mm, dan *factor of safety* minimum 3,350. Kedua material masih bekerja pada daerah elastis karena tegangan maksimum berada di bawah batas tegangan luluhnya. Secara keseluruhan, ASTM A36 *Steel* menunjukkan kinerja struktur yang lebih baik melalui tegangan dan deformasi yang lebih rendah serta margin keamanan yang lebih tinggi, sehingga layak direkomendasikan sebagai material konstruksi alat uji tarik skala laboratorium.
Kata Kunci: Alat uji tarik, FEA, AISI 304, ASTM A36 *Steel*, Komposit serat alam

1. PENDAHULUAN

Material komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material yang menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan material penyusunnya. Salah satu jenis komposit yang berkembang pesat adalah komposit serat alami karena memiliki massa jenis rendah, rasio kekuatan terhadap berat (*specific strength*) yang tinggi, mudah diperoleh, dapat diperbarui, serta lebih ramah lingkungan dibandingkan komposit berbasis serat sintetis [1]. Seiring meningkatnya perhatian terhadap penggunaan material berkelanjutan pada sektor otomotif, konstruksi, dirgantara, dan manufaktur, kebutuhan terhadap material komposit serat alami terus mengalami peningkatan sehingga diperkirakan pasar *natural fiber composites* akan terus bertumbuh pada beberapa tahun ke depan [2].

Karakterisasi sifat mekanik merupakan tahapan penting dalam pengembangan material komposit karena menjadi dasar dalam menentukan kelayakan material pada berbagai aplikasi teknik. Salah satu metode karakterisasi yang paling banyak digunakan adalah pengujian tarik karena mampu menghasilkan parameter mekanik seperti kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas material. Oleh karena itu, alat uji tarik harus memiliki struktur yang kuat, stabil, dan mampu menghasilkan pembebanan yang akurat agar data yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi material yang sebenarnya [3]. Selain itu, kesesuaian standar spesimen, sistem penjepit, dan keselarasan arah pembebanan menjadi faktor penting dalam menghasilkan data uji tarik yang valid pada material komposit [4].

Berbagai penelitian mengenai pengembangan alat uji tarik telah dilakukan untuk mendukung kebutuhan karakterisasi material di laboratorium. Berbagai penelitian mengenai pengembangan alat uji tarik telah dilakukan. Mulyadin & Imron, 2020 [5] merancang alat uji tarik baja yang digunakan sebagai media pengujian material logam dengan konstruksi mekanik sederhana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu melakukan proses pengujian sesuai kapasitas perancangan, namun penelitian tersebut masih berfokus pada proses rancang bangun tanpa melakukan evaluasi keamanan struktur secara numerik sebelum proses manufaktur. Lim & Woong, 2022 [6] mengembangkan *miniaturised tensile testing machine* menggunakan motor *stepper*, *load cell*, dan sistem akuisisi data digital sehingga mampu melakukan pengujian spesimen berukuran kecil secara stabil. Akan tetapi, penelitian tersebut lebih menitikberatkan pada pengembangan perangkat uji sehingga analisis distribusi tegangan dan faktor keamanan struktur belum dibahas secara mendalam. Selanjutnya Rizal dkk., 2023 [7] mengembangkan mesin uji tarik portabel berkapasitas kecil yang memiliki dimensi lebih ringkas dan mudah dipindahkan untuk kebutuhan laboratorium. Meskipun demikian, penelitian tersebut masih berorientasi pada validasi kinerja alat sehingga belum membandingkan pengaruh penggunaan material konstruksi yang berbeda terhadap respons struktur alat uji tarik.

Perkembangan teknologi *Computer Aided Engineering* (CAE) memungkinkan proses evaluasi desain dilakukan sebelum proses manufaktur melalui metode *Finite Element Analysis*

(FEA) [8], [9]. Metode ini mampu memprediksi distribusi *von Mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety* sehingga potensi kegagalan struktur dapat diidentifikasi sejak tahap perancangan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan FEA mampu meningkatkan efisiensi proses pengembangan produk dengan mengurangi jumlah prototipe fisik yang harus dibuat [10], [11]. Penelitian mengenai simulasi struktur rangka menggunakan SolidWorks *Simulation* juga menunjukkan bahwa metode FEA efektif dalam mengidentifikasi daerah kritis yang mengalami konsentrasi tegangan sehingga rancangan dapat dioptimalkan sebelum proses fabrikasi [8], [12]**.** Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut diterapkan pada struktur kendaraan, rangka mesin, maupun peralatan mekanik lainnya sehingga kajian mengenai penerapan FEA pada perancangan alat uji tarik material komposit serat alami masih relatif terbatas.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, pengembangan alat uji tarik masih didominasi pada aspek rancang bangun dan validasi fungsional, sedangkan analisis komparatif terhadap material konstruksi menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) masih jarang dilaporkan. Penelitian ini menawarkan kebaruan berupa evaluasi komparatif penggunaan AISI 304 dan ASTM A36 *Steel* pada rancangan alat uji tarik horizontal berkapasitas 2 kN berdasarkan parameter *von Mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety*. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar ilmiah dalam pemilihan material konstruksi yang lebih aman dan efisien pada tahap perancangan sebelum proses manufaktur.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode perancangan (*design research*) yang dikombinasikan dengan simulasi numerik berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Pendekatan ini dipilih karena mampu mengevaluasi keamanan struktur alat sebelum dilakukan proses manufaktur sehingga risiko kegagalan desain dapat diminimalkan. Seluruh tahapan penelitian dilaksanakan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan, penyusunan spesifikasi teknis, pengembangan konsep desain, pemodelan tiga dimensi, simulasi struktur, hingga analisis hasil simulasi [12], [13]. Pendekatan serupa telah banyak diterapkan dalam pengembangan sistem mekanik karena mampu mengurangi biaya pengembangan sekaligus meningkatkan keandalan desain [14].

Penelitian ini menggunakan dua material konstruksi, yaitu AISI 304 dan ASTM A36 *Steel*, sebagai material utama rangka alat uji tarik [15], [16]. Kedua material dipilih karena memiliki karakteristik mekanik yang berbeda sehingga memungkinkan dilakukan analisis komparatif terhadap respons struktur pada konfigurasi alat uji tarik horizontal. Pembebanan maksimum sebesar 2 kN dipilih karena penelitian ini ditujukan untuk perancangan alat uji tarik material komposit serat alami skala laboratorium, yang umumnya memerlukan kapasitas pembebanan lebih rendah dibandingkan mesin uji tarik komersial. Selain itu, nilai 2 kN disesuaikan dengan kapasitas nominal *S-Type Load Cell* yang digunakan pada rancangan sehingga kondisi simulasi merepresentasikan kapasitas kerja maksimum alat yang direncanakan [9]. Penerapan material komposit pada simulasi dimodelkan menggunakan nilai *yield strength* sebesar 710 MPa, yang lebih tinggi dibandingkan *yield strength* material konstruksi AISI 304 dan ASTM A36 *Steel*. Pendekatan ini bertujuan agar kegagalan yang diamati pada simulasi berasal dari struktur alat uji tarik, bukan dari spesimen, sehingga evaluasi distribusi *von Mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety* dapat dilakukan secara lebih representatif. Adapun sifat mekanik kedua material konstruksi yang digunakan dalam simulasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Mekanik Material Konstruksi

Sifat Material	AISI 304	ASTM A36 *Steel*
Massa Jenis (kg/m³)	8000	7850
Modulus Elastisitas (GPa)	193	200
Poisson Ratio	0,29	0,26

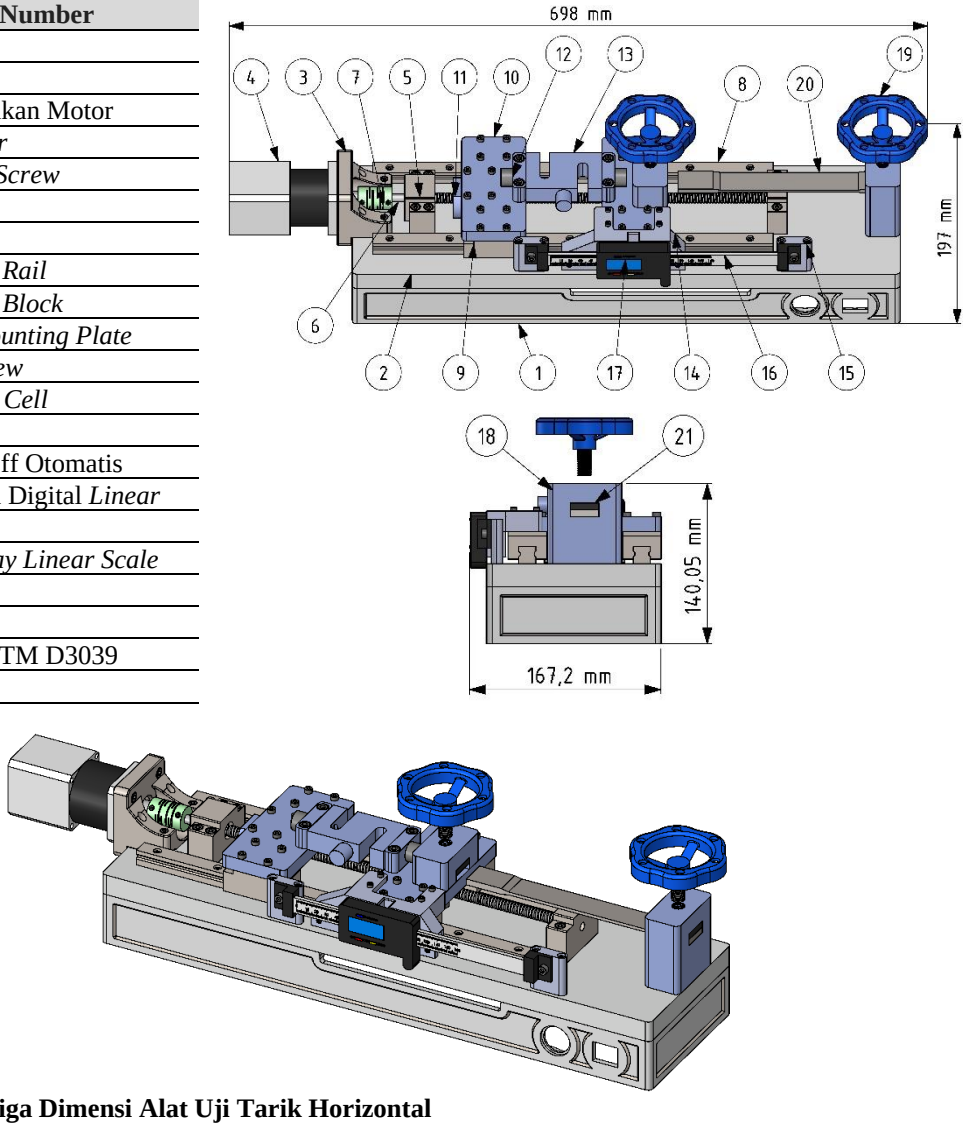
Kekuatan Luluh (MPa)	215	250
Kekuatan Tarik (MPa)	505	400-550

Sumber:AzoM, 2012 [17] **dan MetWeb, 2025** [18]**.**

Perbedaan *properties* kedua material tersebut akan memengaruhi distribusi tegangan, perpindahan, dan tingkat keamanan struktur hasil simulasi. Konfigurasi horizontal dipilih karena memberikan kemudahan dalam pemasangan spesimen, integrasi sistem penggerak, serta mendukung pengembangan alat uji tarik berkapasitas kecil untuk kebutuhan laboratorium. Sistem pembebanan menggunakan motor *stepper* yang dihubungkan dengan *lead screw* sehingga gerakan rotasi motor diubah menjadi gerakan translasi pada penjepit bergerak. Gaya tarik yang bekerja pada spesimen diukur menggunakan *S-Type Load Cell*. Sensor yang diterapkan adalah MEGATRON KM1506 dengan kapasitas maksimum 2 kN, bekerja berdasarkan prinsip *strain gauge*, memiliki sensitivitas keluaran 2,0 mV/V, serta karakteristik *linearity*, *repeatability*, dan *hysteresis* masing-masing $\leq \pm 0{,}05\%$ *Full Scale*, sehingga mampu memberikan pengukuran gaya tarik yang akurat. Sementara itu, perpindahan linier penjepit diukur menggunakan *digital linear scale* M-SURE MS-270-100 dengan rentang pengukuran 0-100 mm, resolusi 0,01 mm, dan akurasi $\pm 0{,}02$ mm. Spesifikasi tersebut memungkinkan pengukuran perpindahan penjepit secara presisi selama proses pembebanan sehingga deformasi spesimen dapat diamati dengan baik.

Tabel 2. Nama Komponen

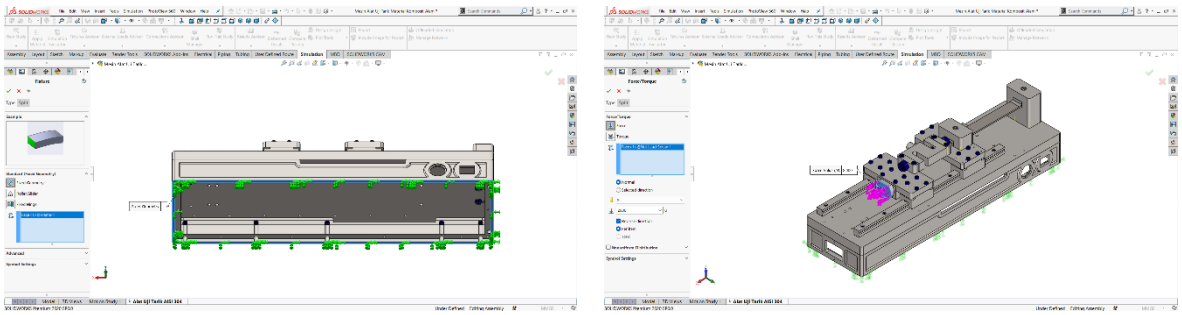
No	Part Number
1.	*Frame*
2.	*Base Fixed*
3.	*Bracket* Dudukan Motor
4.	Motor *Stepper*
5.	*Bracket lead Screw*
6.	*Lead Screw*
7.	*Coupling*
8.	*Linear Guide Rail*
9.	*Linear Guide Block*
10.	*Load Cell Mounting Plate*
11.	*Nut Lead Screw*
12.	*Bracket Load Cell*
13.	*Load Cell*
14.	*Bracket* On Off Otomatis
15.	*Bracket* Skala Digital *Linear*
16.	Skala Utama
17.	Digital *Display Linear Scale*
18.	*Grips*
19.	*Handle*
20.	Komposit ASTM D3039
21.	*Plate Grips*



Gambar 1. Desain Tiga Dimensi Alat Uji Tarik Horizontal
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Pemodelan alat uji tarik dilakukan menggunakan SolidWorks 2020 dengan membuat model tiga dimensi seluruh komponen utama, meliputi *frame*, *lead screw*, *Load Cell Mounting Plate*, *linear guide*, *grips*, *motor bracket*, dan komponen pendukung lainnya sesuai dengan spesifikasi perancangan. Selanjutnya, seluruh komponen dirakit (*assembly*) untuk memastikan kesesuaian posisi dan tidak terjadi interferensi antarkomponen sebelum dilakukan simulasi.

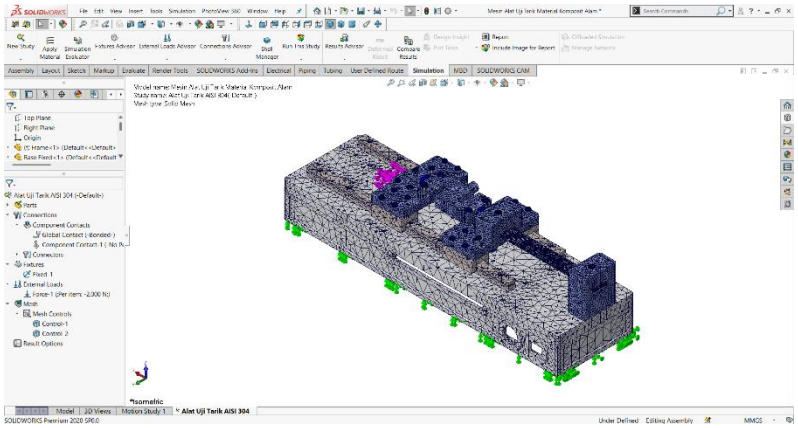
Pada tahap simulasi, *frame* diberikan kondisi *Fixed Geometry* sebagai tumpuan tetap, sedangkan beban tarik sebesar 2 kN diaplikasikan secara horizontal pada *Nut Lead Screw* untuk merepresentasikan kondisi pembebanan maksimum sesuai mekanisme kerja alat uji tarik.



(A) **(B)**

Gambar 2. (A) Kondisi *Fixed Geometry*, (B) Pembebanan pada Simulasi
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Sebelum simulasi dijalankan, model dibagi menjadi elemen-elemen kecil (*mesh*) menggunakan fasilitas otomatis pada SolidWorks *Simulation*. Proses *meshing* bertujuan meningkatkan ketelitian perhitungan distribusi tegangan dan perpindahan pada seluruh struktur. Ukuran elemen disesuaikan dengan kompleksitas geometri sehingga diperoleh keseimbangan antara ketelitian hasil simulasi dan waktu komputasi. Pada penelitian ini ukuran nilai *mesh* sebesar 3.92799202 mm yang komponen ditentukan yaitu (10) *Load Cell Mounting Plate*, (11) *Nut Lead Screw*, (12) *Bracket Load Cell*, (13) *Load Cell*, (18) *Grips*, dan (21) *Plate Grips*. Sementara itu, ukuran *mesh* 2.00 mm (20) Komposit ASTM D3039. Adapun komponen (1) *Frame*, (2) *Base Fixed*, (8) *Linear Guide Rail*, dan (9) *Linear Guide Block* menggunakan ukuran *mesh* sebesar 15.711952144 mm.

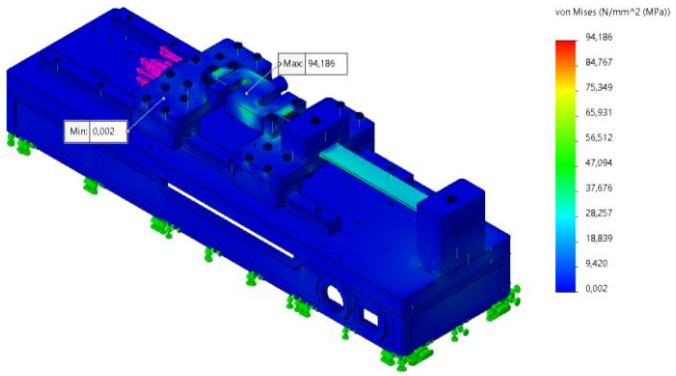


Gambar 3. Hasil *Meshing* Model Simulasi
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Evaluasi kekuatan struktur dilakukan menggunakan dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA) merupakan analisis statik (*static analysis*) karena pembebanan diasumsikan konstan selama proses evaluasi struktur. Parameter keluaran yang dianalisis meliputi *von Mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety* sebagai indikator utama dalam menentukan kemampuan struktur alat uji tarik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

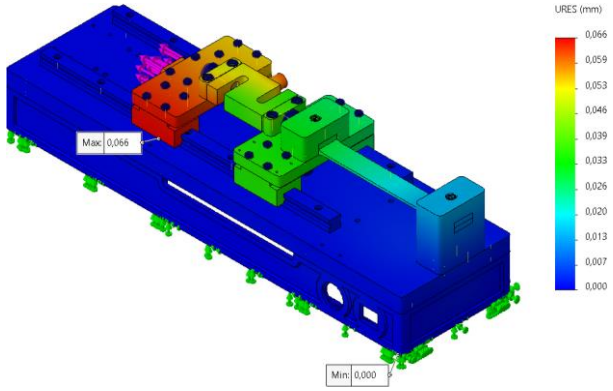
Analisis pertama dilakukan menggunakan material AISI 304. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menerima pembebanan tarik sebesar 2 kN. Distribusi *stress* hasil simulasi menunjukkan bahwa konsentrasi *stress* terbesar berada pada *Bracket Load Cell* dan *Load Cell Mounting Plate*. Lokasi tersebut merupakan jalur utama penerusan gaya dari sistem penggerak menuju spesimen sehingga menerima konsentrasi tegangan paling tinggi selama proses pembebanan.



Gambar 4. Distribusi *von Mises Stress* Material AISI 304
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

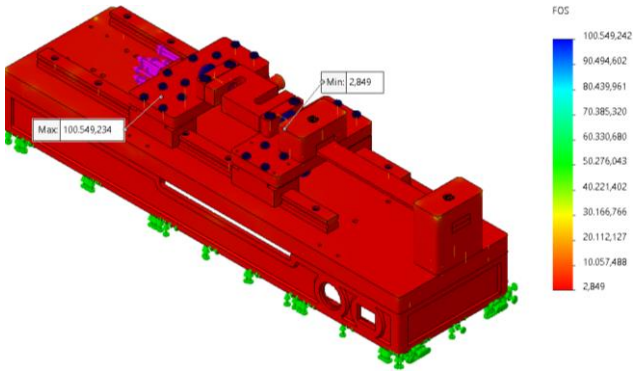
Pada Gambar 4 menunjukkan hasil simulasi bahwa nilai *stress* maksimum yang terjadi sebesar 94,186 MPa. Nilai tersebut masih jauh berada di bawah tegangan luluh (*yield strength*) material AISI 304 sebesar 215 MPa, sehingga struktur belum memasuki daerah deformasi plastis.

Distribusi *displacement* memperlihatkan bahwa nilai *displacement* terbesar terjadi pada sistem penjepit yang bergerak mengikuti arah pembebanan, sedangkan bagian bawah *Frame* tidak mengalami perpindahan karena diberikan kondisi *Fixed Geometry*.



Gambar 5. Distribusi *Displacement* Material AISI 304
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Nilai *displacement* maksimum yang diperoleh sebesar 0,066 mm. Nilai ini tergolong sangat kecil dibandingkan dimensi keseluruhan alat, sehingga menunjukkan bahwa struktur memiliki tingkat kekakuan yang baik. Evaluasi tingkat *factor of safety* menunjukkan [19] bahwa nilai *factor of safety* minimum sebesar 2,849, sedangkan nilai maksimumnya mencapai 100,549. Nilai minimum berada pada daerah *Bracket Load Cell* dan *Load Cell Mounting Plate*, yaitu lokasi yang menerima konsentrasi tegangan tertinggi. Meskipun demikian, nilai *factor of safety* masih lebih besar dari satu sehingga struktur dinyatakan aman untuk menerima pembebanan maksimum sebesar 2 kN.

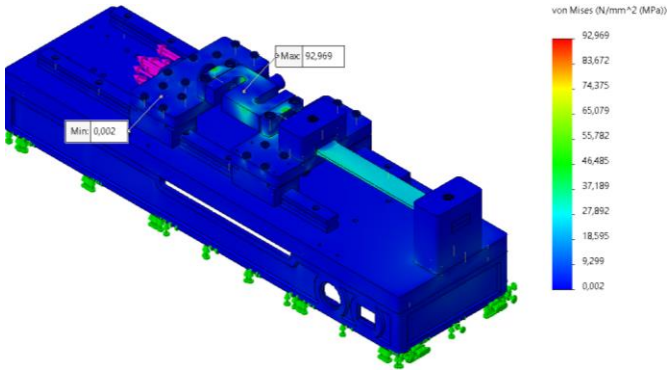


Gambar 6. Distribusi *Factor of Safety* Material AISI 304
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Berdasarkan ketiga parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan material AISI 304 menghasilkan struktur yang memiliki distribusi tegangan terkendali, deformasi yang sangat kecil, dan tingkat keamanan yang memadai. Temuan ini sejalan dengan penelitian-penelitian berbasis FEA pada struktur mekanik yang menggunakan parameter *von Mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety* sebagai dasar evaluasi kelayakan desain sebelum tahap manufaktur [20].

Simulasi berikutnya dilakukan menggunakan material ASTM A36 *Steel* dengan geometri, kondisi batas (*fixed geometry*), jenis kontak, ukuran *mesh*, serta pembebanan yang sama seperti pada simulasi material AISI 304. Dengan menggunakan parameter simulasi yang identik, perbedaan hasil yang diperoleh sepenuhnya dipengaruhi oleh karakteristik mekanik masing-masing material, sehingga evaluasi performa struktur dapat dilakukan secara objektif.

Distribusi *stress* pada material ASTM A36 *Steel* menunjukkan pola yang hampir sama dengan hasil simulasi AISI 304. Konsentrasi tegangan terbesar tetap berada pada *Bracket Load Cell*, *Load Cell Mounting Plate*, dan daerah yang berhubungan langsung dengan sistem penjepit (*grips*). Kondisi ini terjadi karena komponen-komponen tersebut merupakan jalur utama penerusan gaya tarik dari sistem penggerak menuju spesimen sehingga menerima pembebanan paling besar selama proses simulasi.

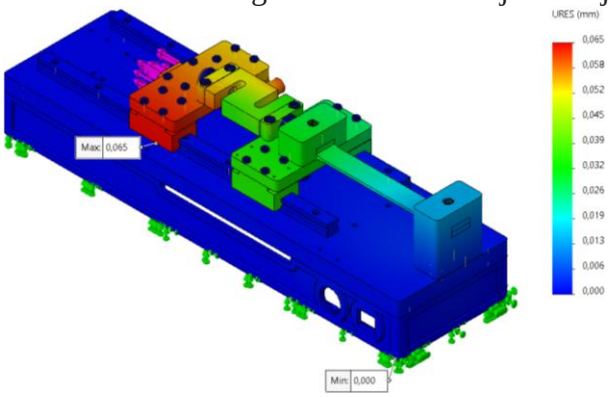


Gambar 7. Distribusi *Von Mises Stress* Material ASTM A36 *Steel*
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa *stress* maksimum yang terjadi pada struktur sebesar 92,969 MPa. Nilai ini lebih rendah dibandingkan hasil simulasi pada material AISI 304 yang mencapai 94,186 MPa. Walaupun selisihnya relatif kecil, kondisi tersebut menunjukkan bahwa ASTM A36 *Steel* mampu mendistribusikan tegangan dengan sedikit lebih baik pada konfigurasi desain dan kondisi pembebanan yang sama. Selain itu, nilai *stress* maksimum tersebut masih jauh berada di bawah batas tegangan luluh ASTM A36 *Steel* sebesar 250 MPa [10], sehingga struktur masih bekerja pada daerah elastis dan belum mengalami deformasi permanen.

Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan ASTM A36 *Steel* memberikan kemampuan yang baik dalam menahan beban tarik maksimum sebesar 2 kN tanpa menyebabkan kegagalan struktur. Distribusi tegangan yang terkonsentrasi pada daerah sambungan juga menunjukkan bahwa desain konstruksi telah mampu mengalirkan beban menuju struktur utama secara efektif.

Distribusi *displacement* hasil simulasi memperlihatkan bahwa bagian yang mengalami perpindahan terbesar tetap berada pada sistem penjepit yang bergerak, yaitu *Load Cell Mounting Plate*, *Bracket Load Cell*, dan *Grips*. Sebaliknya, bagian bawah *Frame* tidak mengalami perpindahan karena telah diberikan kondisi *Fixed Geometry* sebagai tumpuan struktur. Pola distribusi tersebut sesuai dengan mekanisme kerja alat uji tarik yang dirancang.

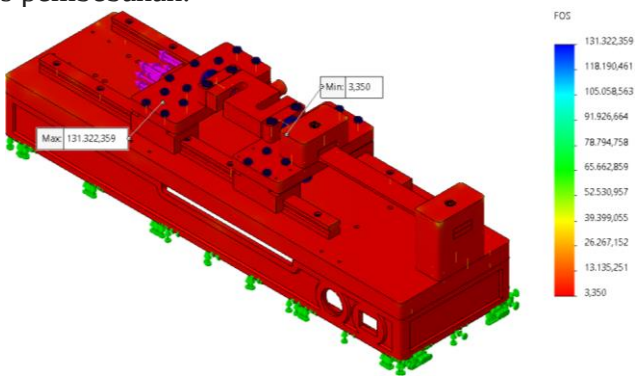


Gambar 8. Distribusi *Displacement* Material ASTM A36 *Steel*
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Nilai *displacement* maksimum yang diperoleh sebesar 0,065 mm, sedikit lebih kecil dibandingkan material AISI 304 yang memiliki perpindahan maksimum 0,066 mm. Walaupun selisihnya hanya 0,001 mm, hasil ini menunjukkan bahwa ASTM A36 *Steel* memiliki tingkat kekakuan struktur yang sedikit lebih tinggi. Nilai perpindahan yang sangat kecil juga menunjukkan bahwa deformasi struktur tidak akan memengaruhi posisi spesimen maupun kestabilan proses pengujian tarik [20].

Secara keseluruhan, hasil simulasi memperlihatkan bahwa distribusi perpindahan berlangsung secara bertahap dari sistem penggerak menuju struktur utama. Hal tersebut menunjukkan bahwa gaya pembebanan dapat diteruskan dengan baik melalui seluruh komponen tanpa menimbulkan deformasi yang berlebihan.

Evaluasi faktor keamanan dilakukan untuk mengetahui kemampuan struktur dalam menahan pembebanan sebelum mencapai kondisi kegagalan. Distribusi hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *factor of safety* terendah masih berada pada daerah *Bracket Load Cell* dan *Load Cell Mounting Plate*, yaitu lokasi yang mengalami konsentrasi tegangan tertinggi selama proses pembebanan.



Gambar 9. Distribusi *Factor of Safety* Material ASTM A36 *Steel*
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa *factor of safety* minimum sebesar 3,350, sedangkan nilai maksimum mencapai 131,322. Nilai minimum tersebut lebih tinggi dibandingkan hasil simulasi AISI 304 yang memiliki *factor of safety* sebesar 2,849. Kondisi ini menunjukkan bahwa ASTM A36 *Steel* mempunyai margin keamanan yang lebih besar terhadap pembebanan sebesar 2 kN.

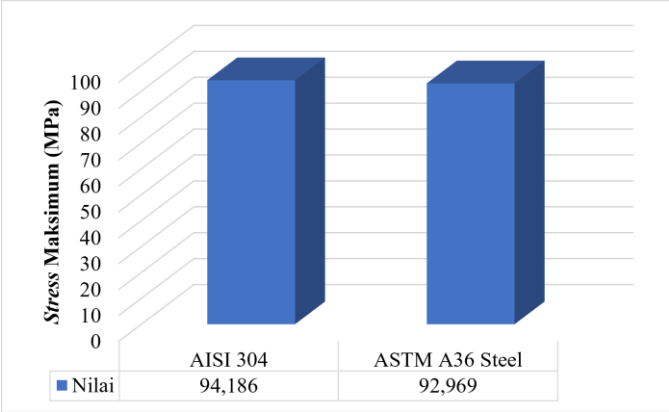
Untuk memperoleh material konstruksi yang paling sesuai, hasil simulasi kedua material dibandingkan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu tegangan maksimum, perpindahan maksimum, dan *factor of safety*. Karena seluruh kondisi simulasi dibuat sama, perbedaan nilai yang diperoleh hanya dipengaruhi oleh sifat mekanik material yang digunakan.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi Material AISI 304 dan ASTM A36 *Steel*

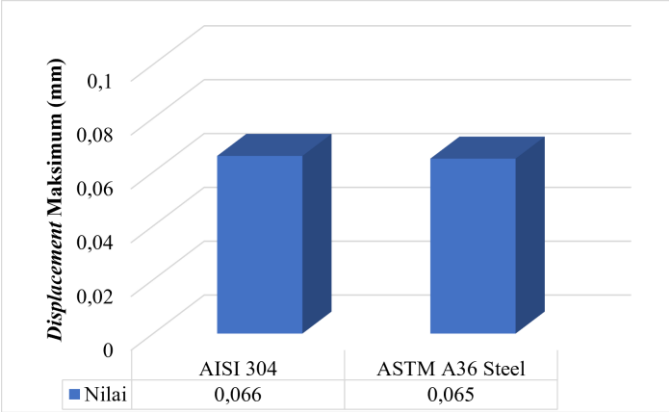
Parameter	AISI 304	ASTM A36 *Steel*
Stress maksimum (MPa)	94,186	92,969
Displacement maksimum (mm)	0,066	0,065
Factor of Safety minimum	2,849	3,350

Sumber: Hasil simulasi penelitian, 2026.

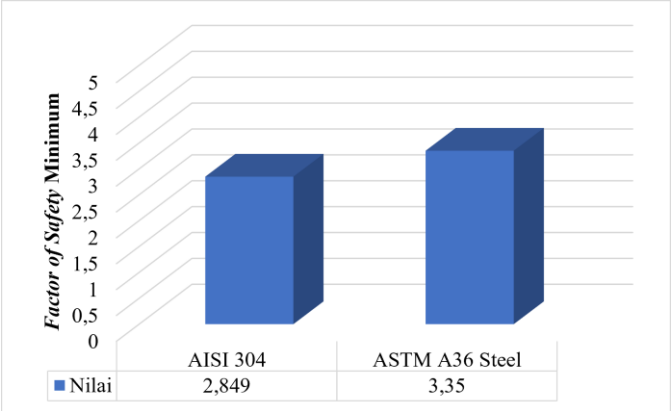
Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa kedua material sama-sama mampu mempertahankan struktur tetap berada pada kondisi aman ketika menerima pembebanan maksimum sebesar 2 kN. Namun demikian, ASTM A36 *Steel* menunjukkan performa yang sedikit lebih baik pada ketiga parameter yang dianalisis. Material ini menghasilkan tegangan maksimum yang lebih rendah, perpindahan yang lebih kecil, serta *factor of safety* yang lebih tinggi dibandingkan AISI 304. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa ASTM A36 *Steel* memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mendistribusikan beban sekaligus mempertahankan kekakuan dan keamanan struktur pada kondisi simulasi yang sama.



Gambar 10. Grafik Perbandingan *Stress*
Sumber: Hasil penelitian, 2026.



Gambar 11. Grafik Perbandingan *Displacement*
Sumber: Hasil penelitian, 2026.



Gambar 12. Grafik Perbandingan *Factor of Safety*
Sumber: Hasil penelitian, 2026.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rancangan alat uji tarik horizontal yang dikembangkan pada penelitian ini mampu mempertahankan integritas struktur ketika menerima pembebanan statik sebesar 2 kN. Hal tersebut dibuktikan melalui hasil analisis *von Mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety* yang seluruhnya masih berada dalam batas aman untuk kedua material konstruksi yang dianalisis, yaitu AISI 304 dan ASTM A36 *Steel* [21]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pendekatan perancangan berbasis simulasi numerik menggunakan SolidWorks *Simulation* efektif digunakan sebagai tahapan awal dalam mengevaluasi kelayakan struktur sebelum proses manufaktur dilakukan.

Dari hasil simulasi diperoleh bahwa nilai tegangan maksimum pada material AISI 304 sebesar 94,186 MPa, sedangkan pada ASTM A36 *Steel* sebesar 92,969 MPa. Selisih tegangan sebesar 1,217 MPa menunjukkan bahwa kedua material memiliki kemampuan yang hampir sama dalam mendistribusikan beban tarik. Akan tetapi, ASTM A36 *Steel* menghasilkan tegangan yang sedikit lebih rendah sehingga menunjukkan distribusi beban yang lebih baik pada konfigurasi struktur yang sama. Tegangan maksimum pada kedua material juga masih berada jauh di bawah nilai *yield strength* masing-masing material, sehingga struktur masih bekerja pada daerah elastis dan belum mengalami deformasi plastis. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa desain alat memiliki kemampuan yang memadai dalam menahan pembebanan sesuai kapasitas perancangan.

Fenomena tersebut sesuai dengan teori mekanika material yang menyatakan bahwa distribusi tegangan pada suatu struktur dipengaruhi oleh sifat mekanik material, terutama modulus elastisitas dan kekuatan luluh. Material dengan karakteristik mekanik yang sesuai akan mampu mendistribusikan gaya secara lebih merata sehingga mengurangi konsentrasi tegangan pada daerah kritis [13]. Selain itu, hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian [12] yang menunjukkan bahwa simulasi berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) mampu mengidentifikasi lokasi konsentrasi tegangan sebelum proses manufaktur sehingga potensi kegagalan struktur dapat diminimalkan.

Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa nilai *displacement* maksimum pada AISI 304 sebesar 0,066 mm, sedangkan pada ASTM A36 *Steel* sebesar 0,065 mm. Selisih perpindahan yang hanya 0,001 mm menunjukkan bahwa kedua material memiliki tingkat kekakuan struktur yang hampir identik. Nilai perpindahan yang sangat kecil tersebut mengindikasikan bahwa deformasi yang terjadi selama pembebanan tidak akan memengaruhi fungsi utama alat uji tarik, terutama dalam menjaga kestabilan posisi spesimen selama proses pengujian. Distribusi perpindahan terbesar terjadi pada sistem penjepit yang bergerak, sedangkan bagian bawah *Frame* tetap berada pada posisi tetap karena diberikan kondisi *Fixed Geometry*. Pola distribusi tersebut sesuai dengan mekanisme kerja alat yang dirancang dan menunjukkan bahwa sistem pembebanan mampu bekerja sebagaimana mestinya.

Nilai perpindahan yang rendah juga menunjukkan bahwa konfigurasi struktur yang terdiri atas *frame*, *linear guide*, *lead screw*, dan *Load Cell Mounting Plate* memiliki kekakuan

yang cukup untuk mempertahankan stabilitas selama pembebanan. Dengan demikian, gaya tarik yang dihasilkan motor stepper dapat diteruskan menuju spesimen tanpa menyebabkan deformasi struktur yang berlebihan. Kondisi ini sangat penting karena deformasi yang besar dapat menurunkan akurasi pengukuran gaya maupun perpindahan selama proses pengujian material komposit.

Parameter yang paling membedakan kedua material adalah *factor of safety*. Material AISI 304 menghasilkan *factor of safety* minimum sebesar 2,849, sedangkan ASTM A36 *Steel* menghasilkan 3,350. Kedua nilai tersebut berada jauh di atas batas minimum 1, yang berarti struktur masih berada pada kondisi aman terhadap pembebanan sebesar 2 kN [15], [22]. Namun demikian, nilai *factor of safety* ASTM A36 *Steel* lebih tinggi sehingga menunjukkan bahwa material tersebut memiliki cadangan kekuatan (*strength reserve*) yang lebih besar dibandingkan AISI 304. Dengan kata lain, struktur yang menggunakan ASTM A36 *Steel* masih memiliki margin keamanan yang lebih tinggi apabila pada masa mendatang dilakukan peningkatan kapasitas pembebanan atau terjadi variasi beban selama proses pengujian.

Perbedaan tersebut dapat dijelaskan melalui sifat mekanik kedua material. ASTM A36 *Steel* memiliki modulus elastisitas sebesar 200 GPa dan tegangan luluh sebesar 250 MPa, sedangkan AISI 304 memiliki modulus elastisitas sebesar 193 GPa dan tegangan luluh sebesar 215 MPa [23], [24]. Kombinasi modulus elastisitas yang lebih tinggi dan tegangan luluh yang lebih besar menyebabkan ASTM A36 *Steel* memiliki kekakuan dan kemampuan menahan tegangan yang sedikit lebih baik, sehingga menghasilkan *stress* yang lebih rendah, *displacement* yang lebih kecil, dan *factor of safety* yang lebih tinggi pada kondisi simulasi yang sama.

Hasil penelitian ini juga memperkuat temuan beberapa penelitian terdahulu mengenai penerapan SolidWorks *Simulation* dalam proses perancangan alat uji. [25] menunjukkan bahwa simulasi berbasis FEM mampu mengoptimalkan rancangan perangkat uji sebelum diproduksi. [6] berhasil mengembangkan mesin uji tarik portabel dengan konfigurasi horizontal, sedangkan [12] membuktikan bahwa simulasi struktur efektif digunakan untuk mengidentifikasi daerah kritis pada rangka mesin. Akan tetapi, penelitian-penelitian tersebut belum membandingkan pengaruh penggunaan AISI 304 dan ASTM A36 *Steel* terhadap nilai *stress*, *displacement*, dan *factor of safety* pada satu rancangan alat yang sama [26]**.** Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan berupa informasi mengenai pengaruh sifat mekanik material terhadap respons struktur alat uji tarik horizontal.

Berdasarkan seluruh hasil simulasi dapat dinyatakan bahwa kedua material layak digunakan sebagai material konstruksi alat uji tarik karena seluruh parameter yang dianalisis masih berada dalam batas aman. Namun demikian, apabila pemilihan material didasarkan pada performa struktur, maka ASTM A36 *Steel* merupakan pilihan yang lebih baik karena menghasilkan distribusi tegangan yang lebih rendah, deformasi yang lebih kecil, serta tingkat keamanan yang lebih tinggi dibandingkan AISI 304 pada kondisi pembebanan yang sama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemilihan material konstruksi memiliki pengaruh terhadap respons struktur meskipun menggunakan konfigurasi desain yang identik. Dengan demikian, penggunaan simulasi numerik pada tahap perancangan terbukti mampu membantu proses pengambilan keputusan dalam menentukan material konstruksi yang paling sesuai sebelum proses manufaktur dilakukan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang alat uji tarik horizontal untuk material komposit serat alami menggunakan analisis berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Hasil simulasi menunjukkan bahwa rancangan alat mampu menahan pembebanan maksimum sebesar 2 kN dengan kondisi struktur yang masih berada pada batas aman, sehingga layak dijadikan sebagai dasar pengembangan alat uji tarik skala laboratorium. Analisis terhadap dua material konstruksi menunjukkan bahwa AISI 304 dan ASTM A36 *Steel* sama-sama mampu memenuhi

persyaratan kekuatan struktur karena nilai *von Mises stress* yang dihasilkan masih berada di bawah batas tegangan luluh masing-masing material, sedangkan nilai *factor of safety* keduanya berada di atas satu. Namun, ASTM A36 *Steel* menunjukkan performa struktur yang lebih baik dibandingkan AISI 304, ditunjukkan oleh nilai *stress* maksimum yang lebih rendah (92,969 MPa), *displacement* yang lebih kecil (0,065 mm), serta *factor of safety* yang lebih tinggi (3,350), sehingga lebih direkomendasikan sebagai material konstruksi pada rancangan alat uji tarik yang dikembangkan. Meskipun penelitian ini masih terbatas pada tahap perancangan dan simulasi numerik, hasil yang diperoleh memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengembangan prototipe serta validasi eksperimental pada penelitian selanjutnya untuk menghasilkan alat uji tarik material komposit serat alami yang lebih optimal dan andal.

REFERENSI

[1] M. B. Hoque, M. Z. I. Mollah, M. R. I. Faruque, A. Hannan, and R. A. Khan, "Review on the Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber (PALF) Reinforced Epoxy Resin Based Composites," *Eng. Technol. J. e-ISSN*, vol. 6, no. 04, pp. 2456–3358, 2021, doi: 10.47191/etj/v6i4.03.

[2] G. V. Research, "Pasar Komposit Serat Alami (2025 - 2030)," Grand view Research. Accessed: Dec. 27, 2025. [Online]. Available: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/natural-fibers-market

[3] Baharuddin & I. Yani, "Implementation Of Design And Development Tensile Testing Machine For Application In Soft Material Testing," vol. 5, no. 2, pp. 49–56, 2018, [Online]. Available: https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/ijer/article/view/12467/7424

[4] J. J. Ng, J. E. Cater, and M. P. Staiger, "Challenges in Tensile Testing of Fibre-Reinforced Polymer Composites at Room and Cryogenic Temperatures: A Review," *J. Compos. Sci.*, vol. 10, no. 1, p. 25, 2026, doi: 10.3390/jcs10010025.

[5] F. Mulyadin and A. Imron, "Rancang Bangun Konstruksi Alat Uji Tarik Baja Di Poltekad," pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: https://journal.poltekad.ac.id/oto/article/view/115?utm

[6] K. Lim and H.-K. Woong, "Design and development of a miniaturised tensile testing machine," vol. 15, no. 1, pp. 48–53, 2022, [Online]. Available: https://www.semanticscholar.org/paper/Design-and-development-of-a-miniaturised-tensile-Lim-Kim/b08d3b733bf0b1a1ee24d686245eb3022d7df7cf

[7] M. Rizal, U. Aulia, and R. Yudiansyah, "Development of a Portable Universal Testing Machine for Investigating the Mechanical Properties of Medium-Strength Materials," *Aceh Int. J. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 25–32, 2023, doi: 10.13170/aijst.12.1.31159.

[8] A. S. Siregar, "Analisis Simulasi Karakteristik Grip Pada Alat Uji Tarik Komposit Beban Maksimal 5 KN," *J. Inov. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, p. 42, 2021, doi: 10.32493/jiptek.v3i1.24711.

[9] D. . Zariatin, R. . Kurniawan, and N. Ikhsan, "Pengembangan alat uji tarik dengan beban maksimal 2 kN," vol. 11, no. 2, pp. 96–106, 2021, doi: https://doi.org/10.29303/dtm.v11i2.371.

[10] R. E. Perkasa, U. S. Amrullah, P. Bayu, and G. Chandra, "Analisis Pengaruh Penambahan Stiffener terhadap Nilai Tegangan dan Defleksi pada Rangka Sepeda Motor Listrik dengan Metode Elemen Hingga," *V-MAC (Virtual Mech. Eng. Artic.*, vol. 8, no. 1, pp. 6–12, 2023, doi: 10.36526/v-mac.v8i1.2729.

[11] C. Wijaya and A. M. Romadoni, "Simulasi Finite Element Analysis (Fea) Pada Rangka Portable Mini Cold Storage Menggunakan Software Solidworks 2021," *J. Sains Student Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 857–863, 2025, doi: https://doi.org/10.61722/jssr.v3i3.6865.

[12] D. Prabowo, U. Satria Jati, U. Ulikaryani, and P. Hardini, "Simulasi Tegangan (Stress)

Pada Komponen Rangka Mesin Uji Tarik Sealent Menggunakan Solidworks," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 2, pp. 405–412, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1947.

[13] Pahl et al, *Engineering Design A Systematic Approach Third Edition KenWallace*, vol. 4, no. 1. 2007. [Online]. Available: https://www.academia.edu/22269444/Engineering_Design_Springer_2007_1846283183

[14] A. Saiful, G. Soebiyakto, and N. Finahari, "Analisis Kavitasi dan Karakteristik Aliran Bukaan Katup Globe Valve Menggunakan Simulasi Solidworks," *V-MAC (Virtual Mech. Eng. Artic.*, vol. 9, no. 1, pp. 19–28, 2024, doi: 10.36526/v-mac.v9i1.3533.

[15] S. Ma'arif, "ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN PADA SAMBUNGAN LAS DISSIMILAR ANTARA ASTM A36 STEEL DAN AISI 304 DENGAN SOLIDWORKS," pp. 307–316, 2020, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Syamsul-Maarif/publication/371161816

[16] N. W. Ishlah, S. J. Rega, T. Rohman, and S. Subekti, "Analysis of air-to-water converter frame using ANSYS simulation," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 274–279, 2024, doi: 10.37373/jttm.v5i2.1125.

[17] AZoM, "Baja Karbon Ringan/Rendah ASTM A36," AZoM. Accessed: Apr. 29, 2026. [Online]. Available: https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6117

[18] MetWeb, "Baja Tahan Karat 304." Accessed: Apr. 29, 2026. [Online]. Available: https://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=abc4415b0f8b490387e3c922237098da&ckck=1

[19] R. A. Nanda, Karyadi, D. Mulyadi, and A. Suhara, "Observe The Response a Finite Element Linear Static Analysis Simulation Was Conducted On The Fire Extinguisher Refill Frame.," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 10, no. 2, pp. 249–258, 2025, doi: 10.21070/r.e.m.v10i2.1792.

[20] A. Halim, I. Suryapradana, R. N.S, G. Z.F, and A. P, "Finite element analysis of fermentation frame design for cocoa beans using ASTM A36 material," *BIS Energy Eng.*, vol. 2, p. V225008, 2025, doi: 10.31603/biseeng.347.

[21] M. K. S. K. Nagoju and V. Gopinath, "Computation of Stress Intensity Factor and Critical crack length of ASTM A36 steel using Fracture Mechanics," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 2, no. 9, pp. 2677–2683, 2013, [Online]. Available: www.ijert.org

[22] F. Tanjung, S. T. Kismanti, and M. F. Nurdin, "Analisis Konstruksi Rancang Bangun Mesin Uji Universal Menggunakan Sistem Komputasi," *J. Bear. Borneo Mech. Eng. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 15–26, 2023, doi: 10.35334/bearings.v2i1.3223.

[23] E. Widodo, I. Iswanto, M. A. Nugraha, and K. Karyanik, "Electric current effect on mechanical properties of SMAW-3G on the stainless steel AISI 304," *MATEC Web Conf.*, vol. 197, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1051/matecconf/201819712003.

[24] Djuhana and Muljadi, "Influence of variation of electrical current welding of ASTM Steel A 36 on micro structure and mechanical properties," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1204, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1204/1/012014.

[25] M. Sawa, M. Szala, and W. Henzler, "Innovative device for tensile strength testing of welded joints: 3d modelling, fem simulation and experimental validation of test rig – a case study," *Appl. Comput. Sci.*, vol. 17, no. 3, pp. 92–105, 2021, doi: 10.23743/acs-2021-24.

[26] N. I. Santosa, A. Dharmanto, A. Saepudin, and Wilarso, "Strength Analysis of Crusher Construction in Nyamplung Seed Peeling Machine Using the Finite Element Method," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 8, no. 2, pp. 131–139, 2024, doi: 10.31289/jmemme.v8i2.11757.