

ABSTRAK

Pengujian tarik merupakan landasan utama dalam pendidikan ilmu material karena menyediakan data properti mekanis yang esensial. Namun, pengadaan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) komersial oleh institusi pendidikan sering kali terhambat oleh biaya yang sangat tinggi dan kebutuhan ruang yang besar. Hambatan finansial ini membatasi akses mahasiswa terhadap eksperimen langsung, sehingga memaksa ketergantungan pada pembelajaran teoritis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang alat uji tarik skala laboratorium yang portabel dan ekonomis, serta memvalidasi integritas strukturnya secara ketat menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) sebelum tahap fabrikasi. Metodologi perancangan sistematis diterapkan dengan memanfaatkan analisis morfologi untuk memilih mekanisme yang optimal. Desain akhir menggunakan mekanisme dongkrak ulir (*screw jack*) yang digerakkan oleh motor stepper untuk memastikan aplikasi beban yang presisi. Model struktural dikembangkan menggunakan perangkat lunak CAD dan dianalisis menggunakan *ANSYS Workbench*. Simulasi mendefinisikan material rangka sebagai Baja ASTM A36 dan komponen *grip* kritis sebagai Baja AISI 1045. Kondisi batas (*boundary conditions*) diterapkan untuk mensimulasikan skenario pembebanan maksimum berdasarkan spesimen standar ASTM E8, dengan tumpuan jepit pada bagian dasar dan gaya tarik *remote* pada *crosshead*. Hasil komputasi menunjukkan bahwa konsentrasi tegangan kritis terjadi pada antarmuka poros-*crosshead*, mencatat tegangan *Von-Mises* maksimum sebesar 157,56 MPa. Nilai ini berada jauh di bawah kekuatan luluh material. Struktur menunjukkan deformasi total maksimum hanya 0,0984 mm, yang mengindikasikan kekakuan tinggi. Lebih lanjut, desain ini mencapai *Factor of Safety* (FoS) minimum sebesar 3,36, melebihi batas aman 2,0 yang direkomendasikan. Kesimpulannya, desain yang diusulkan kokoh secara mekanis dan aman secara operasional, menyediakan cetak biru tervalidasi untuk fabrikasi peralatan uji terjangkau guna menjembatani kesenjangan dalam pendidikan teknik.

Kata Kunci: Alat uji tarik, *Finite Element Analysis* (FEA), Perancangan mekanis, ASTM E8, Optimasi struktur, *Screw jack*, Total deformasi, tegangan *Von-Mises*, Faktor keamanan, Alat uji ekonomis.

ABSTRACT

Tensile testing is a cornerstone of materials science education, providing essential data on mechanical properties. However, the acquisition of commercial Universal Testing Machines (UTM) by educational institutions is often hindered by prohibitive costs and large spatial requirements. This financial barrier limits students' access to hands-on experimentation, forcing reliance on theoretical study. Consequently, this research aims to design a portable, low-cost laboratory-scale tensile testing machine and to rigorously validate its structural integrity using Finite Element Analysis (FEA) prior to fabrication. A systematic design methodology was employed, utilizing morphological analysis to select the optimal mechanism. The final design features a screw jack mechanism driven by a stepper motor to ensure precise load application. The structural model was developed using CAD software and analyzed using ANSYS Workbench. The simulation defined the frame material as ASTM A36 Steel and the critical grip components as AISI 1045 Steel. Boundary conditions were applied to simulate maximum loading scenarios based on ASTM E8 standard specimens, with fixed supports at the base and a remote tensile force applied to the crosshead. Computational results demonstrated that the critical stress concentration occurred at the crosshead-shaft interface, recording a maximum Von-Mises stress of 157.56 MPa. This value is significantly below the yield strength of the material. The structure exhibited a maximum total deformation of 0.0984 mm, indicating high rigidity. Furthermore, the design achieved a minimum Factor of Safety (FoS) of 3.36, exceeding the recommended safety margin of 2.0. In conclusion, the proposed design is mechanically sound and operationally safe, providing a validated blueprint for fabricating affordable testing equipment to bridge the gap in engineering education.

Keywords: *Tensile testing machine, Finite Element Analysis (FEA), Mechanical design, ASTM E8, Structural optimization, Screw jack, Total deformation, Von Mises stress, Safety factor, Economical testing machine.*