

PERANCANGAN SISTEM GRIPPER MESIN UJI TARIK UNTUK MENCEGAH SLIP PADA UNIVERSAL TESTING MACHINE DEPARTEMEN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS DIPONEGORO

Sasongko Admaja Adhi¹, Rusnaldy², Muhammad Tauviqirrahman²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: sasongkoadmajadhi@students.undip.ac.id

Abstrak

Penelitian ini fokus pada perancangan sistem gripper untuk *Universal testing machine* (UTM) dengan tujuan mencegah *slip* pada spesimen uji selama pengujian tarik. Metode Finite Element Method (FEM) digunakan untuk menganalisis kinerja sistem gripper dalam menghadapi beban tarik. Penelitian ini melibatkan tahap desain, konstruksi, dan pengujian sistem gripper. Desain dan simulasi mempertimbangkan berbagai parameter seperti bahan dan bentuk gripper untuk memastikan efektivitas dan kekuatan grip. Setelah desain dan simulasi selesai, sistem gripper diimplementasikan pada *Universal testing machine* di laboratorium Departemen Teknik Mesin. Penelitian ini juga melibatkan serangkaian pengujian sistem gripper untuk menganalisis performanya dalam mengatasi masalah *slip*. Hasil penelitian ini diharapkan berkontribusi dalam pengembangan *Universal testing machine* di Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro dengan sistem gripper yang mampu mencegah *slip* pada spesimen uji, sehingga menghasilkan data yang lebih akurat dan valid. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam perancangan sistem gripper pada perangkat uji tarik dan aplikasi lainnya di bidang teknik mesin serta disiplin ilmu terkait.

Kata kunci: *finite element method; gripper; mesin uji tarik; slip; universal testing machine; von mises stress*

Abstract

This research focuses on the design of a gripper system for the Universal testing machine (UTM) with the aim of preventing slip during tensile testing of specimens. The Finite Element Method (FEM) is used to analyze the performance of the gripper system in handling tensile loads. The study involves the stages of design, construction, and testing of the gripper system. The design and simulation consider various parameters such as material and shape of the gripper to ensure its effectiveness and gripping strength. After the design and simulation are completed, the gripper system is implemented on the Universal testing machine in the laboratory of the Department of Mechanical Engineering. The research also includes a series of gripper system testing to analyze its performance in preventing slip. The results of this research are expected to contribute to the development of the Universal testing machine at the Department of Mechanical Engineering, Universitas Diponegoro, with a gripper system capable of preventing slip during specimen testing, thereby producing more accurate and valid data. Additionally, this research may serve as a foundation for further advancements in gripper system design for tensile testing equipment and other applications in the field of mechanical engineering and related disciplines.

Keywords: *finite element method; gripper; slip; tensile testing machine; universal testing machine; von mises stress*

1. Pendahuluan

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah. Pengujian uji tarik digunakan untuk mendapatkan kekuatan tarik (*Ultimate tensile strength*), Kekuatan mulur, elongasi, elastisitas, dan pengurangan luas penampang (*Reduction of Area*). Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan[1]

Alat yang digunakan untuk uji tarik biasanya berupa UTM (*Universal testing machine*) yang menggunakan dua grip yaitu *upper grip* dan *lower grip* untuk mencekam material, kemudian *upper grip* dan *lower grip* mengalami beban tarik sehingga material tertarik hingga terputus. Pada hasil uji tarik di Laboratorium Material Departemen Teknik Mesin UNDIP mengalami hasil yang tidak sesuai dengan literatur. Grafik *Stress Strain* yang dihasilkan mengalami keadaan tidak normal pada bagian daerah elastis yang tidak linear. Hal ini tidak sesuai dengan hukum Hooke yang menyatakan bahwa tegangan yang dialami oleh suatu benda elastis berbanding lurus dengan besarnya regangan yang terjadi selama beban diberikan, selama benda tersebut masih berada dalam daerah elastis.

Permasalahan ini bisa disebabkan karena terjadinya keausan dari *upper grip* atau *lower grip* sehingga terjadi *slip* saat dilakukan pengujian tarik pada benda kerja yang mempengaruhi hasil uji. Berdasarkan hal tersebut, penulis merancang dan mengoptimasi desain dari sistem *gripper* pada mesin uji tarik untuk mencegah terjadinya *slip* pada benda kerja sehingga hasil pengujian akurat dan valid [2].

Secara umum prinsip kerja pengujian tarik adalah menarik sebuah spesimen hingga patah untuk menentukan kekuatan tarik maksimal (ultimate tensile strength) dari bahan tersebut. Jumlah gaya (F) yang diterapkan pada spesimen uji dan perpanjangan (ΔL) spesimen uji diukur selama pengujian. Sifat-sifat material dinyatakan dalam bentuk tegangan (gaya per satuan luas, σ) dan regangan (perubahan persen dalam panjang, ϵ). [3]

2. Bahan dan Metode Penelitian

Perancangan *gripper* uji tarik yang paling optimal dapat dilakukan dengan memanfaatkan hasil simulasi metode elemen hingga [4]. Dengan menggunakan data hasil simulasi tersebut, dapat dilakukan analisis pemilihan bahan, dimensi, dan geometri yang paling optimal untuk jaw *gripper*. Selanjutnya, hasil analisis dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan prototype jaw *gripper*.

Pada penelitian ini, terdapat tiga design *gripper* yang akan dibandingkan besar nilai dan von mises *stress* dengan memperhatikan nilai *safety factor*.

3. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Simulasi Linear Statis

a. Hasil Tegangan von Mises pada *Gripper*

Simulasi linear statis dilakukan bertujuan untuk menentukan apakah material yang dipakai akan mengalami kegagalan atau tidak, dan analisis statis linear dapat digunakan untuk mendapatkan tegangan von Mises pada *gripper* [5]. Berikut adalah **Tabel 3.1** yang menyajikan nilai tegangan von Mises dengan *meshing* 3mm untuk semua desain.

Tabel 3.1 Nilai Tegangan von Mises

Jenis <i>Grip</i>	von Mises (MPa)
<i>Default</i>	816,27
Rancangan desain 1	257,7
Rancangan desain 2	455,09
Rancangan desain 3	114,9

2. Hasil Uji *Safety factor*

Hasil uji *safety factor* pada *gripper* berperan agar kita dapat mengetahui tingkat keamanan suatu struktur apabila diberi suatu beban. *Safety factor* dikatakan aman apabila nilai tegangan maksimum von Mises tidak melebihi batas nilai kekuatan yang diijinkan dalam hal ini nilai *yield strength* dari material. Nilai *safety factor* dikatakan tidak aman (unsafe) apabila nilai *safety factor* berada diantara nol sampai satu, $0 < s < 1$. Dikatakan aman (safe) apabila nilai *safety factor* lebih dari satu, $s > 1$ [8].

Berdasarkan data yang didapatkan, nilai kekuatan *yield strength* dari material VCN150 adalah 470 MPa.

Dengan memasukkan nilai maksimum von Mises dan melakukan perhitungan, maka didapatkan nilai *safety factor*.

3. Matriks Keputusan Penentuan Model

Dalam merancang *gripper* ini perlu adanya parameter yang digunakan untuk melakukan perancangan hingga menghasilkan barang jadi. *Gripper* yang dibuat perlu memiliki nilai secara teknis dan tepat guna sehingga dapat digunakan dan menyelesaikan masalah yang ada sebelumnya. Menyikapi hal ini maka dibuat perencanaan *gripper* dengan desain yang sudah disesuaikan dengan spesifikasi mesin uji tarik di Laboratorium Material Departemen Teknik Mesin UNDIP.

Dalam pembuatan *gripper* ini, parameter perancangan akan berbentuk matriks keputusan. Penilaian pada tahap ini adalah proses yang dimodifikasi dari proses penilaian menggunakan matriks keputusan dasar pada literatur referensi [9].

Pada perancangan ini, digunakan skala nilai 1-5 sesuai dengan prioritas yang diambil pada komponen. Dari beberapa optimasi desain tersebut, terdapat beberapa pertimbangan yang digunakan guna mendapatkan desain yang ideal dan sesuai dengan tujuan awal yaitu mencegah terjadinya *slip* pada pengujian tarik.

Berdasarkan **Tabel 3.3** dapat dilihat bahwa rancangan desain 1 merupakan desain yang paling ideal berdasarkan pertimbangan yang diperlukan. Sehingga selanjutnya akan dilakukan proses manufaktur *gripper* menggunakan rancangan desain 1.

4. Pengujian Tarik dengan Grip Optimasi

Prosedur pengujian tarik menggunakan *gripper* optimasi adalah sebagai berikut:

1. Mengambil data pengujian menggunakan *gripper* default dari praktikum Struktur dan Sifat Material 2021.
 2. Memasang optimasi *gripper* pada mesin uji tarik dan melakukan pengujian pada spesimen Baja AISI 1018. Berikut adalah set up pengujian tarik menggunakan *grip* optimasi
 3. Merekam data yang diperoleh dari pengujian dengan double ended shoulder jaw *gripper*.
 4. Membandingkan grafik hasil uji tarik, *yield strength*, *tensile strength*, elongasi, dan modulus elastisitas antara *gripper* default dan *gripper* optimasi menggunakan statistik deskriptif dan analisis perbandingan untuk mengevaluasi perbedaan kinerja.
5. Pembahasan Hasil Pengujian

Pengujian menggunakan *gripper* optimasi menghasilkan grafik *stress-strain* yang mengikuti hukum Hooke pada daerah elastis yang linier dan stabil. Ini menunjukkan bahwa rancangan *gripper* optimasi berhasil mengatasi masalah *slip* yang sebelumnya terjadi pada jaw *gripper* dan menghasilkan hasil pengujian yang lebih konsisten.

Lebih lanjut, hasil pengujian tarik dengan rancangan optimasi *gripper* menunjukkan peningkatan dalam tensile strength, *yield strength*, dan elongation dibandingkan dengan pengujian menggunakan jaw *gripper* sebelumnya. Hal ini menandakan bahwa *gripper* optimasi memberikan kinerja yang lebih baik dalam menjaga kestabilan spesimen uji dan mencegah *slip* selama pengujian tarik.

Namun, perlu ditegaskan bahwa perbedaan hasil antara pengujian dengan jaw *gripper* yang berbeda juga bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti variasi dalam komposisi material dan kondisi pengujian yang berbeda. Karena itu, penelitian lebih lanjut dengan menggunakan lebih banyak sampel dan pengujian diperlukan untuk memvalidasi dan memperluas temuan ini [10].

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dapat ditarik dari penelitian Tugas Akhir, antara lain sebagai berikut:

1. *Slip* pada pengekaman spesimen uji yang terjadi saat proses pengujian tarik menyebabkan ketidakakuratan hasil dan mempengaruhi grafik *stress strain* sehingga tidak dapat menjadi hasil uji yang valid.
2. Berdasarkan hasil simulasi linear statis, rancangan desain 1 menghasilkan nilai tegangan von Mises maksimum 257,7 MPa, rancangan desain 2 menghasilkan nilai tegangan von Mises maksimum 455,09 MPa, dan rancangan desain 3 menghasilkan nilai tegangan von Mises maksimum 114,09 MPa.
3. Berdasarkan hasil simulasi linear statis, rancangan desain 1 menghasilkan nilai *safety factor* minimum 1,82382, rancangan desain 2 menghasilkan nilai *safety factor* minimum 1,03276, dan rancangan desain 3 menghasilkan nilai *safety factor* minimum 4,09513. Sehingga ketiga desain aman untuk digunakan karena memiliki nilai lebih dari satu, $\sigma > 1$.
4. Melalui beberapa parameter pada matriks keputusan yaitu dapat dimanufaktur, kekuatan, durabilitas, kompatibilitas dengan spesimen uji, dan harga, rancangan desain 1 dipilih untuk dimanufaktur karena memiliki nilai tertinggi.
5. Hasil pengujian menggunakan *gripper* optimasi menghasilkan grafik *stress-strain* yang mengikuti hukum Hooke pada daerah elastis yang linier dan stabil. Ini menunjukkan bahwa rancangan *gripper* optimasi berhasil mengatasi masalah *slip* yang sebelumnya terjadi pada jaw *gripper* dan menghasilkan hasil pengujian yang lebih konsisten

5. Daftar Pustaka

- [1] Budiman H. Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) Pada Baja St37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell. J-Ensitem 2016;3:9–13. <https://doi.org/10.31949/j-ensitem.v3i01.309>.
- [2] Yalcin D. Tensile Testing Concepts & Definitions. 2021.
- [3] ASM. ASM handbook. Volume 1, Properties and selection: irons, steels, and high-performance alloys 1990. <https://doi.org/LK> - <https://worldcat.org/title/649466009>.
- [4] Suryo S. Optimization of the CAT 318B L excavator teeth bucket structure topology design using the finite element method. GSC Adv Res Rev 2022;10:136–45. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2022.10.3.0074>.
- [5] Adeyefa O, Oluwole L. Finite Element Analysis of Von-Mises Stress Distribution in a Spherical Shell of Liquefied Natural Gas (LNG) Pressure Vessels. Engineering 2011;3:1012–7. <https://doi.org/10.4236/eng.2011.310125>.
- [6] Moaveni S. Finite Element Analysis Theory and Application with ANSYS, 2007.
- [7] Tiainen T, Laasonen M, Heinisuo M, Mela K, Salminen M, Jokinen T. Multi-Criteria Optimization of Buildings. vol. 12. 2012.
- [8] Szulc M, Malujda I, Talaška K. Method of determination of safety factor on example of selected structure.

- Procedia Eng 2016;136:50–5. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.173>.
- [9] Arya C. Design of Structural Elements: Concrete, Steelwork, Masonry and Timber Designs to British Standards and Eurocodes, Third Edition. Taylor & Francis; 2009.
- [10] Davis JR, editor. Tensile Testing 2004. <https://doi.org/10.31399/asm.tb.tt2.9781627083553>.