

BAB I

PENDAHULUAN

Pengujian kekuatan material merupakan proses fundamental yang dilakukan secara sistematis untuk menjamin integritas struktural dan keandalan bahan dalam berbagai sektor industri, termasuk manufaktur, konstruksi, dan otomotif (Callister & Rethwisch, 2018). Secara teknis, pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa setiap material telah memenuhi standar spesifikasi mekanik yang ketat, baik dari aspek ketahanan (*durability*) maupun keamanan (ASTM International, 2023). Hal ini sangat krusial untuk memastikan bahwa komponen tidak mengalami kegagalan fungsi (*failure*) dan tetap memberikan performa optimal selama masa pakai produk yang telah direncanakan (Davis, 2004).

Uji destruktif atau *Destructive Testing* (DT) adalah metode evaluasi material yang dilakukan dengan memberikan beban atau perlakuan fisik pada spesimen uji hingga mengalami kerusakan permanen, deformasi, atau kegagalan struktur. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk mendapatkan data kuantitatif yang akurat mengenai sifat mekanik material, seperti pengujian kekuatan tarik (*tensile test*), kekerasan (*hardness test*), ketahanan terhadap keausan (*wear test*), ketahanan terhadap korosi (*corrosion test*), dan ketahanan terhadap benturan (*impact test*). Uji destruktif ini melibatkan perusakan benda uji secara sengaja sehingga tidak dapat digunakan kembali untuk keperluan operasional dan umumnya diterapkan pada sampel acak pada tahap perancangan serta pengendalian kualitas produk (Callister & Rethwisch, 2014).

Berbeda dengan sebelumnya, uji non-destruktif atau *Non-Destructive Testing* (NDT) merupakan serangkaian teknik analisis yang digunakan untuk mengevaluasi

properti material, komponen, atau sistem tanpa menyebabkan kerusakan atau mengubah fungsi utamanya. Metode ini sangat vital dalam inspeksi keselamatan dan pemeliharaan berkala karena memungkinkan teknisi untuk mendeteksi cacat internal maupun eksternal, seperti retakan mikro, korosi, atau porositas, dengan menggunakan teknologi seperti gelombang ultrasonik, radiografi sinar-X, atau partikel magnetik. Keunggulan utama dari NDT adalah efisiensi ekonomi dan keberlanjutan operasional, karena benda yang diuji tetap utuh dan dapat langsung digunakan kembali setelah proses inspeksi selesai (Hellier, 2013).

Material yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan produk tersebut dan dapat menggunakan bahan seperti plastik, logam, komposit, karet, kaca, dan keramik untuk mengetahui hasil dari suatu produk tersebut yang berguna untuk menentukan performanya dalam menerima beban dinamis.

1.1 Latar Belakang

Kekuatan material sangat penting dalam sektor industri untuk mengetahui karakteristik bahan sebelum diaplikasikan secara luas. Penelitian yang dilakukan (Kusumo and Suryadharma, 2021) menunjukkan bahwa penambahan magnesium (Mg) sebesar 3-6% pada paduan aluminium (Al) meningkatkan ketahanan elastis *chassis* mobil hingga 61,75-88,35 N/mm². Tanpa karakterisasi yang tepat, risiko kegagalan material akibat beban mekanis, deformasi kerusakan progresif dapat meningkat secara signifikan. Menurut (Sihombing *et al.*, 2022) pengujian kekuatan material menjadi tahap kritis dalam karakterisasi sifat mekanik suatu material, karena memberikan data fundamental mengenai sifat mekanik material berupa kekuatan, ketahanan, dan performa pada aplikasi tertentu.

Sebagai salah satu metode pengujian material, uji impact (beban) digunakan untuk mempelajari bagaimana suatu material bereaksi terhadap benturan atau hantaman dibawah tingkat regangan yang tinggi (Zhang *et al.*, 2012). Salah satu metode dalam uji impact ialah *drop test*. Metode ini digunakan untuk menganalisis karakteristik material dan performa komponen saat mengalami pembebanan dinamis dengan mekanisme tumbukan terkontrol antara beban yang dijatuhkan secara vertikal pada spesimen uji (H. Khalaf and D. Salman, 2021). Metode ini banyak diaplikasikan untuk analisis ketahanan material, seperti penelitian yang dilakukan (Yaakob *et al.*, 2015) menunjukkan penggunaan *drop weight impact test* menggunakan standar ASTM D-7136 dengan massa 2.24 kg sebagai pembanding efektif untuk mengevaluasi performa material *shell* helm berbahan kenaf dan flax.

Laboratorium Pengujian Material pada Program Studi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, saat ini belum memiliki alat *drop test* padahal pengujian ini penting untuk analisis ketahanan material terhadap benturan langsung, terutama dalam aplikasi struktural seperti otomotif atau konstruksi. Selama ini, penelitian terhadap *drop test* masih mengandalkan simulasi CAD, tetapi hasilnya kurang akurat tanpa validasi terhadap eksperimen. Alat uji *impact V-notch (Charpy/Izod)* yang ada hanya mengukur ketangguhan material terhadap beban kejut statis, tidak mensimulasikan kondisi benturan nyata seperti tabrakan. Oleh karena itu, pengembangan atau rancang bangun alat *drop test* menjadi *urgent* untuk mendukung penelitian material khususnya berbahan polimer yang lebih relevan dan aplikatif. Pengadaan alat ini tidak hanya mendukung penelitian yang lebih aplikatif tetapi juga menjadi investasi jangka panjang untuk praktikum mahasiswa, penelitian adik tingkat, dan pembaruan fasilitas laboratorium. Dengan demikian,

rancang bangun atau pengadaan alat *drop test* menjadi kebutuhan mendesak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan mengenai keterbatasan alat *drop test*, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang *drop test machine* sederhana untuk mengukur energi tumbukan, gaya impact, deformasi serta residu impact pada material polimer khususnya *polypropylene*?
2. Bagaimana proses fabrikasi *drop test machine* sederhana yang memenuhi kebutuhan pengujian impact pada material polimer khususnya *polypropylene*?
3. Bagaimana performa hasil uji *drop test machine* (akurasi, *repeatability*, dan rentang kecepatan hasil) terhadap material polimer?
4. Bagaimana cara agar meminimalisir terjadinya *error* pada saat pengujian apabila menggunakan *load cell* dan menentukan toleransi dalam pembuatan alat *drop test*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian pada tujuan utama dan memastikan kelayakan studi, berikut batasan yang diterapkan:

1. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *drop test* secara vertikal dengan prinsip gaya gravitasi tanpa penambahan gaya eksternal.
2. Ketinggian alat uji dari titik 0 (ujung *penetrator*) ke meja pengujian ditetapkan sebesar 900 mm.

3. Alat uji hanya dirancang untuk menguji spesimen dengan geometri datar atau cembung sederhana, dan tidak mencakup geometri kompleks.
4. Pengujian dibatasi hanya pada material berbasis polimer khususnya *polypropylene* dengan metode pengujian mengacu pada standarisasi ASTM D7136.
5. Pengujian ini hanya mengukur evaluasi respons impak material *polypropylene* berupa gaya impak maksimum dan deformasi sisa spesimen pada energi tumbukan hingga 500 Joule.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang dan merealisasikan *drop test machine* sederhana yang mampu mengukur parameter energi tumbukan, gaya impak, deformasi, serta residu impak pada material polimer, khususnya *polypropylene*.
2. Melaksanakan proses fabrikasi *drop test machine* berdasarkan rancangan dan standarisasi yang telah ditetapkan.
3. Menganalisis performa operasional alat *drop test* melalui pengujian eksperimental pada material polimer untuk memvalidasi tingkat akurasi pengukuran gaya, konsistensi hasil (*repeatability*), serta ketercapaian rentang kecepatan tumbukan sesuai standar ASTM D7136.
4. Mengevaluasi kinerja sistem sensor *load cell* dalam meminimalisir kesalahan pengukuran (*error*) melalui analisis regresi linier dan penentuan batas toleransi fabrikasi guna memastikan keandalan data mekanik yang dihasilkan..

1.5 Luaran

Penelitian ini akan menghasilkan:

1. Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Rancang Bangun *Drop Test Machine* untuk Material Polimer dengan Energi Maksimum 500 Joule.”
2. *Prototype drop test machine.*
3. HKI (Paten/Hak Cipta/Publikasi Jurnal Ilmiah).