



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**RANCANG BANGUN *DROP TEST MACHINE* UNTUK  
MATERIAL POLIMER DENGAN ENERGI  
MAKSIMUM 500 JOULE**

**PROYEK AKHIR**

**OLEH:**

**MUHAMMAD AFIF RAHMANDA**

**NIM 40040221650049**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK  
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**MARET 2026**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**RANCANG BANGUN *DROP TEST MACHINE* UNTUK  
MATERIAL POLIMER DENGAN ENERGI  
MAKSIMUM 500 JOULE**

**PROYEK AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

**OLEH:**

**MUHAMMAD AFIF RAHMANDA**

**NIM 40040221650049**


**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK  
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**MARET 2026**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang  
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

NAMA : Muhammad Afif Rahmanda  
NIM : 40040221650049  
Tanda Tangan :   
Tanggal : 15 Maret 2026

# SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**  
SEKOLAH VOKASI  
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H Tembalang Semarang  
Kode Pos 50275  
Telp/Fax (024) 7471379  
Laman [www.vokasi.undip.ac.id](http://www.vokasi.undip.ac.id)  
e-mail [Vokasi@live.undip.ac.id](mailto:Vokasi@live.undip.ac.id)

## SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 477/PA/RPM/VI/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Muhammad Afif Rahmanda  
NIM : 40040221650049  
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun *Drop Test Machine* untuk  
Material Polimer dengan Energi Maksimum 500 Joule  
Dosen Pembimbing : Alaya Fadllu Hadi Mukhammad, S.T., M.Eng.  
NIP : 198509272012121002

Isi Tugas:

1. Desain
2. Fabrikasi
3. Kalibrasi
4. Pengujian

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 23 Juni 2025  
Ketua Prodi Sarjana Terapan  
Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T  
NIP 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

## HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Muhammad Afif Rahmanda  
NIM : 40040221650049  
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik  
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun *Drop Test Machine* untuk Material Polimer dengan Energi Maksimum 500 Joule

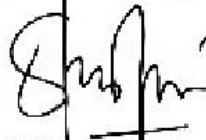
**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Alaya Fadllu Hadi Mukhammad, S.T., M.Eng. (  )  
Penguji I : Alaya Fadllu Hadi Mukhammad, S.T., M.Eng. (  )  
Penguji II : Bambang Setyoko, S.T., M.Eng. (  )  
Penguji III : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. (  )

Semarang, 12 Maret 2026

Ketua Program Studi Sarjana Terapan  
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.  
NIP. 197609152003122001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Afif Rahmanda  
NIM : 40040221650049  
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik  
Departemen : Teknologi Industri  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Jenis Karya : Proyek Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberika kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“RANCANG BANGUN *DROP TEST MACHINE* UNTUK MATERIAL POLIMER DENGAN ENERGI MAKSIMUM 500 JOULE”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : 15 Maret 2026

Yang menyatakan



(Muhammad Afif Rahmanda)

## HALAMAN PERSETUJUAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Afif Rahmanda  
NIM : 40040221650049  
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik  
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun *Drop Test Machine* untuk Material Polimer dengan Energi Maksimum 500 Joule

Telah disetujui untuk diajukan dalam Sidang Proyek Akhir sebagai syarat menyelesaikan mata kuliah proyek akhir pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Semarang, 05 Maret 2025

Dosen Pembimbing



Alaya Fadlu Hadi Mukhammad, S.T., M.Eng.  
NIP. 198509272012121002

## MOTTO

1. “Ibuku sudah berjuang melahirkanku, maka tidak hidup yang sia sia untuk dijalani, ayahku sudah berjuang untuk menafkahi maka tidak ada rintangan yang tidak bisa aku lewati, maka setiap langkah ku tidak akan berhenti” (penulis)
2. “Aku lahir dari doa yang nyata, tumbuh dari pengorbanan yang luar biasa, maka hidupku akan kujalani dengan makna.” (penulis)
3. “Karena sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.” (Q.S. Al-Insyirah : 5–6)
4. “Janganlah kita jemu-jemu berbuat baik, karena apabila sudah datang waktunya, kita akan menuai, jika kita tidak menjadi lemah.” (Galatia 6:9)

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul “Rancang Bangun *Drop Test Machine* untuk Material Polimer Dengan Energi Maksimum 500 Joule”.

Penyusunan laporan proyek akhir ini tentunya tidak terlepas dari bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Ibu Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Bapak Dr. Drs. Wiji Mangestiyono, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing selama penyusunan Tugas Akhir. Tanpa bimbingan dan ilmu yang telah diberikan penulis tidak akan dapat mencapai tahap ini.
4. Bapak Alaya Fadllu Hadi Mukhammad, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing selama penyusunan Tugas Akhir. Tanpa bimbingan dan ilmu yang telah diberikan penulis tidak akan dapat mencapai tahap ini.
5. Seluruh dosen dan teknisi Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu

selama masa perkuliahan.

6. Kedua orang tua penulis Bapak Mundi Pranoto dan Ibu Ririn Widayati yang senantiasa mendoakan dan memberikan cinta kasih sayang yang tiada hentinya. Selalu menjadi sumber inspirasi dan kekuatan bagi penulis, sehingga penulis dapat terus melangkah maju. Serta seluruh anggota keluarga yang senantiasa mendukung yang selalu mengelilingi penulis. Semoga kita semua senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan dalam hidup.
  7. Teman-teman kelompok “SATSET TA” serta teman-teman Generator RPM angkatan 2021 yang telah membantu memberikan doa dan semangat.
  8. Terakhir, saya mengucapkan terima kasih kepada diri saya sendiri atas keteguhan dan konsistensi dalam menjalani seluruh proses hingga tahap ini. Terima kasih atas raga dan jiwa yang tetap bertahan, belajar, dan berkembang di tengah berbagai tantangan. Saya berharap ke depannya dapat terus menjaga semangat, integritas, dan komitmen untuk menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari.
- Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Amin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 02 Maret 2026

Penulis

## ABSTRAK

### RANCANG BANGUN DROP TEST MACHINE UNTUK MATERIAL POLIMER DENGAN ENERGI MAKSIMUM 500 JOULE

Penelitian ini membahas rancang bangun alat *drop test machine* dengan energi maksimum 500 Joule yang ditujukan untuk pengujian impak terhadap material polimer. Metode *drop test* dipilih karena lebih representatif dibandingkan uji Charpy atau Izod, sebab mampu mensimulasikan kondisi benturan vertikal secara langsung. Tujuan utama penelitian ini adalah merancang, memfabrikasi, dan mengevaluasi performa alat drop test sederhana yang dapat digunakan untuk mengukur karakteristik material polimer, khususnya *polypropylene*, sesuai standar ASTM D7136. Metode penelitian meliputi perancangan dan perhitungan komponen mekanik, pembuatan prototipe alat, integrasi sistem pengukuran berbasis *load cell*, serta pengujian eksperimental pada spesimen uji. Pengujian dilakukan dengan ketinggian jatuh konstan sebesar 0,9 m dan variasi beban massa impaktor sebesar 17,7 kg; 27,6 kg; 37,5 kg; dan 47,4 kg. Hasil pengujian pada empat spesimen *polypropylene* menunjukkan energi tumbukan sebesar 156,27 J; 243,68 J; 331,08 J; dan 418,49 J, dengan energi spesifik masing-masing 26,04; 40,61; 55,18; dan 69,74 J/mm. Gaya puncak yang tercatat meningkat dari 250,79 N hingga 513,94 N, sedangkan kedalaman cekungan residu bertambah dari 4,5 mm hingga 16,3 mm seiring kenaikan energi. Analisis regresi menunjukkan hubungan linier yang kuat antara energi spesifik dengan kedalaman cekungan dan gaya puncak, yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi masing-masing sebesar 0,9446 dan 0,9408. Mode kegagalan yang diamati berupa deformasi plastis tanpa retakan, menegaskan sifat ulet *polypropylene* dalam menyerap energi tumbukan. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa *drop test machine* yang dirancang memiliki akurasi dan *repeatability* yang baik serta valid digunakan untuk pengujian impak dinamis material polimer.

**Kata kunci :** *Drop Test*, Polimer, *Polypropylene*, Energi Impak, *Load Cell*, ASTM D7136

## ABSTRACT

### DESIGN AND DEVELOPMENT OF A DROP TEST MACHINE FOR POLYMER MATERIALS WITH A MAXIMUM IMPACT ENERGY OF 500 JOULES

*This research presents the design and development of a drop test machine with a maximum energy capacity of 500 Joules intended for impact testing of polymer materials. The drop test method was selected because it is more representative than Charpy or Izod tests, as it can directly simulate vertical impact conditions. The main objective of this study is to design, manufacture, and evaluate the performance of a simple drop test apparatus that can be used to measure the mechanical characteristics of polymer materials, particularly polypropylene, in accordance with ASTM D7136. The research methodology includes the design and calculation of mechanical components, fabrication of the test apparatus prototype, integration of a load cell based measurement system, and experimental testing on test specimens. The tests were conducted with a constant drop height of 0.9 m and variations in impactor mass of 17.7 kg, 27.6 kg, 37.5 kg, and 47.4 kg. The test results for four polypropylene specimens show impact energies of 156.27 J, 243.68 J, 331.08 J, and 418.49 J, with corresponding specific energies of 26.04 J/mm, 40.61 J/mm, 55.18 J/mm, and 69.74 J/mm. The recorded peak force increased from 250.79 N to 513.94 N, while the residual indentation depth increased from 4.5 mm to 16.3 mm with increasing impact energy. Regression analysis indicates a strong linear relationship between specific energy and indentation depth as well as peak force, as indicated by coefficients of determination of 0.9446 and 0.9408, respectively. The observed failure mode was plastic deformation without cracking, confirming the ductile behavior of polypropylene in absorbing impact energy. Based on these results, it can be concluded that the designed drop test machine exhibits good accuracy and repeatability and is valid for dynamic impact testing of polymer materials.*

**Keywords** : Drop Test, Polymer, Polypropylene, Impact Energy, Load Cell, ASTM D7136

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
SURAT TUGAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
MOTTO .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Luaran.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. <i>Drop Test</i> .....	7
2.1.1 Perbedaan Pengujian Impak.....	11
2.2. Polimer .....	13
2.2.1 <i>Polypropylene (PP)</i> .....	15
2.2.2 <i>Polyethylene (PE)</i> .....	17
2.2.3 <i>Polyvinyl Chloride (PVC)</i> .....	19
2.2.4 <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i> .....	21
2.2.5 <i>Polystyrene (PS)</i> .....	23
2.3. Energi Tumbukan .....	25
2.4. Gerak Jatuh Bebas .....	26

2.5. <i>Impuls</i> .....	27
2.6. Momentum .....	28
2.7. Tegangan Impak .....	28
2.8. Deformasi Meja .....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	32
3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Proyek Akhir .....	33
3.2 Perancangan dan Perhitungan .....	33
3.3 Desain Alat Uji .....	49
3.4 Fabrikasi Alat Uji .....	54
3.5 Integrasi <i>Loadcell</i> .....	67
3.6 Kalibrasi & Verifikasi Sensor .....	68
3.7 Uji Coba Alat .....	70
3.8 Tolok Ukur Keberhasilan Pengujian .....	71
3.9 Verifikasi Standar ASTM D7136 .....	71
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	74
4.1 Hasil Perancangan dan Fabrikasi Alat Uji .....	74
4.2 Data Penelitian .....	75
4.3 Pengolahan Data .....	76
4.3.1. Spesimen Pertama .....	76
4.3.2. Spesimen Kedua .....	81
4.3.3. Spesimen Ketiga .....	86
4.3.4. Spesimen Keempat .....	91
4.3.5. <i>Damage Resistance</i> .....	96
4.4 Analisis Respon Gaya Impak terhadap Waktu pada Pengujian <i>Drop Test Machine</i> .....	99
4.5 Analisis Performa Alat .....	101
4.6 Analisis Validasi Data dan <i>Standard Error (SE)</i> .....	103
4.6.1 Perbandingan Parameter Penelitian .....	103
4.6.2 Perhitungan <i>Standard Error of the Estimate (SEE)</i> .....	104
4.6.3 Interpretasi Hasil Validasi .....	106
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	107
5.1 Kesimpulan .....	107
5.2 Saran .....	109
DAFTAR PUSTAKA .....	111

LAMPIRAN..... 116

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Alat Uji impak drop test dan V-Charpy .....	12
Tabel 2.2 Mechanical Properties Polypropylene .....	16
Tabel 2.3 Mechanical Properties Polyethylene.....	19
Tabel 2.4 Mechanical Properties Polyvinyl Chloride .....	20
Tabel 2.5 Mechanical Properties Polyethylene Terephthalate.....	22
Tabel 2.6 Mechanical Properties Polystyrene.....	25
Tabel 3.1 Ringkasan Perhitungan Gaya Spesimen Polypropylene .....	39
Tabel 3.2 Ringkasan Perhitungan Dimensi Struktur Alat Uji.....	42
Tabel 3.3 Ringkasan Perhitungan Berat Plat Besi .....	43
Tabel 3.4 Ringkasan Perhitungan Berat Penampang .....	46
Tabel 3.5 Ringkasan Perhitungan Gerak Jatuh .....	49
Tabel 3.6 Fungsi Setiap Komponen Alat Drop Test.....	51
Tabel 3.7 Spesifikasi Drop Test Machine .....	54
Tabel 3.8 Spesifikasi Arduino Uno Arduino Uno R3 Atmega328P .....	67
Tabel 3.9 Spesifikasi Load Cell Type S.....	68
Tabel 3.10 Tolok Ukur Keberhasilan Alat.....	71
Tabel 4.1 Data Setelah Pengujian .....	76
Tabel 4.2 Analisis Spesimen Pertama.....	80
Tabel 4.3 Analisis Spesimen Kedua.....	85
Tabel 4.4 Analisis Spesimen Ketiga .....	90
Tabel 4.5 Analisis spesimen keempat .....	95
Tabel 4.6 Perbandingan parameter dan hasil pengujian.....	104
Tabel 4.7 Perhitungan selisih kuadrat (residuals) .....	105

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Drop test machine mechanism .....	8
Gambar 2.2 Drop test machine .....	9
Gambar 2.3 (a) Monomer (b) Polymer .....	14
Gambar 2.4 Polypropylene.....	16
Gambar 2.5 Polyethylene.....	18
Gambar 2.6 Polyvinyl chloride .....	20
Gambar 2.7 Polyethylene terephthalate .....	22
Gambar 2.8 Polystyrene.....	24
Gambar 3.1 Diagram alir perancangan alat.....	33
Gambar 3.2 Penampang spesimen .....	34
Gambar 3.3 Kurva gaya vs kedalaman cekungan .....	37
Gambar 3.4 Komponen penyusunan alat uji.....	50
Gambar 3.5 Desain alat tampak isometrik .....	52
Gambar 3.6 Desain alat tampak samping.....	53
Gambar 3.7 Mesin computer numeric control milling.....	55
Gambar 3.8 Mesin bubut.....	55
Gambar 3.9 Mesin las .....	56
Gambar 3.10 Mesin bor milling.....	57
Gambar 3.11 Gerinda tangan .....	57
Gambar 3.12 Jangka sorong.....	58
Gambar 3.13 Besi hollow.....	58
Gambar 3.14 Plat baja.....	59
Gambar 3.15 As hard chrome .....	59
Gambar 3.16 (a) Model 3D guide rail (b) Proses fabrikasi rangka utama .....	60
Gambar 3.17 (a) Model 3D guide rail (b) Fabrikasi guide rail .....	61
Gambar 3.18 (a) Model 3D impactor (b) Fabrikasi impactor.....	62
Gambar 3.19 (a) 3D model base plate dan upper plate (b) Fabrikasi base plate dan upper plate.....	63

Gambar 3.20 Perakitan base plate pada rangka utama.....	64
Gambar 3.21 (a) Model 3D sistem penahan (stopper) (b) Fabrikasi sistem penahan (stopper) .....	65
Gambar 3.22 Stopper .....	66
Gambar 3.23 Integrasi elemen tambahan pada meja spesimen.....	66
Gambar 3.24 Integrasi load cell type S pada alat uji .....	68
Gambar 3.25 Berat impactor .....	69
Gambar 3.26 Berat beban.....	70
Gambar 3.27 (a) Representative rigid base (b) Impact support fixture.....	72
Gambar 3.28 Assembly anvil tempat pengujian spesimen .....	72
Gambar 4.1 Hasil fabrikasi drop test machine .....	75
Gambar 4.2 Hasil uji spesimen pertama .....	80
Gambar 4.3 Hasil uji spesimen kedua.....	85
Gambar 4.4 Hasil uji spesimen ketiga.....	90
Gambar 4.5 Hasil uji spesimen keempat.....	95
Gambar 4.6 Analisis kurva ketahanan kerusakan .....	97
Gambar 4.7 Analisis kurva kekuatan dinamis.....	98
Gambar 4.8 Analisis kurva mode kegagalan.....	99
Gambar 4.9 Grafik respon load cell terhadap waktu.....	100
Gambar 4.10 Analisis penetrasi kedalaman residu terhadap energi tumbukan .....	102

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Pertama kali muncul Halaman</b>
$E$	Energi tumbukan	7
$m$	Massa benda	7
$g$	Percepatan gravitasi	7
$h$	Tinggi jatuh benda	7
$v$	Kecepatan benda	8
$t$	Selang waktu	10
$F$	Gaya konstan	10
$I$	Impuls	10
$p$	Momentum benda	10
$W$	Beban	17
$\Delta s$	Jarak deformasi	21