



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

PROYEK AKHIR

OLEH:

AXEL VOGESLINO WANNA

NIM 40040221650095

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

SEMARANG

FEBRUARI 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:

AXEL VOGESLINO WANNA

NIM 40040221650095

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

SEMARANG

FEBRUARI 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 : Axel Vogeslino Wanna
NIM : 40040221650095

Tanda Tangan : 

Tanggal : 20 Februari 2026

SURAT TUGAS



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

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

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 484/PA/RPM/VII/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Axel Vogeslino Wanna
NIM : 40040221650095
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun Uji *Drop Test* untuk Material Polimer
dengan Energi Maksimum 500 Joule
Dosen Pembimbing : Dr. Drs. Wiji Mangestiyono, M.T.
NIP : 196102281986031002

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 Petancangan 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 : Axel Vogeslino Wanna
NIM : 40040221650095
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 : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. ()
Penguji III : Bambang Setyoko, S.T., M.Eng.

Semarang, 11 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 : Axel Vogeslino Wanna
NIM : 40040221650095
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberika kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royliti 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 : 30 Maret 2026

Yang menyatakan



(Axel Vogeslino Wanna)

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 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.
7. Penulis turut mengucapkan terima kasih secara tulus kepada Yani Marliza yang sudah menjadi salah satu pendukung terbaik dalam menyelesaikan tugas akhir selama ini. Bantuan dan dukunganmu sungguh sangat berarti bagi saya dalam menerima kekurangan yang ada.
8. Teman-teman kelompok “SATSET TA” serta teman-teman Generator RPM angkatan 2021 yang telah membantu memberikan doa dan semangat.
9. Afith, Faisal, Saktya, Apriono, Syah Raihan, Raoul dan teman teman yang lainnya.

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, 21 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>	66
3.6	Kalibrasi & Verifikasi Sensor	68
3.7	Uji Coba Alat	70
3.8	Tolok Ukur Keberhasilan Pengujian.....	70
3.9	Verifikasi Standar ASTM D7136.....	71
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		73
4.1	Hasil Perancangan dan Fabrikasi Alat Uji	73
4.2	Data Penelitian	74
4.3	Pengolahan Data.....	75

4.3.1. Spesimen Pertama	75
4.3.2. Spesimen Kedua.....	80
4.3.3. Spesimen Ketiga.....	85
4.3.4. Spesimen Keempat.....	90
4.3.5. <i>Damage Resistance</i>	95
4.4 Analisis Respon Gaya Impak terhadap Waktu pada Pengujian <i>Drop Test Machine</i>	98
4.5 Analisis Performa Alat	100
4.6 Analisis Validasi Data dan <i>Standard Error (SE)</i>	102
4.6.1 Perbandingan Parameter Penelitian.....	102
4.6.2 Perhitungan <i>Standard Error of the Estimate (SEE)</i>	103
4.6.3 Interpretasi Hasil Validasi.....	105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	106
5.1 Kesimpulan.....	106
5.2 Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN.....	115

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 R3 Atmega328P	67
Tabel 3.9 Spesifikasi Load Cell Type S.....	67
Tabel 3.10 Tolok Ukur Keberhasilan Alat.....	71
Tabel 4.1 Data Setelah Pengujian	75
Tabel 4.2 Analisis Spesimen Pertama.....	79
Tabel 4.3 Analisis Spesimen Kedua.....	84
Tabel 4.4 Analisis Spesimen Ketiga	89
Tabel 4.5 Analisis spesimen keempat	94
Tabel 4.6 Perbandingan parameter dan hasil pengujian.....	103
Tabel 4.7 Perhitungan selisih kuadrat (residuals)	104

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)	64
Gambar 3.22 Stopper	65
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.....	69
Gambar 3.27 (a) Representative rigid base (b) Impact support fixture.....	71
Gambar 3.28 Assembly anvil tempat pengujian spesimen	72
Gambar 4.1 Hasil fabrikasi drop test machine	74
Gambar 4.2 Hasil uji spesimen pertama	79
Gambar 4.3 Hasil uji spesimen kedua.....	84
Gambar 4.4 Hasil uji spesimen ketiga.....	89
Gambar 4.5 Hasil uji spesimen keempat.....	94
Gambar 4.6 Analisis kurva ketahanan kerusakan	96
Gambar 4.7 Analisis kurva kekuatan dinamis.....	97
Gambar 4.8 Analisis kurva mode kegagalan.....	98
Gambar 4.9 Grafik respon load cell terhadap waktu.....	99
Gambar 4.10 Analisis penetrasi kedalaman residu terhadap energi tumbukan	101

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul Halaman
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
Δs	Jarak deformasi	21