



UNIVERSITAS DIPONEGORO

MODIFIKASI ALAT UJI IMPACT CHARPY V-NOTCH

PROYEK AKHIR

DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD 'AFIF RIFA'I

40040221650076

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

**SEMARANG
OKTOBER 2025**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

MODIFIKASI ALAT UJI IMPACT CHARPY V-NOTCH

PROYEK AKHIR

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

MUHAMMAD 'AFIF RIFA'I

40040221650076

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

**SEMARANG
OKTOBER 2025**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

MODIFIKASI ALAT UJI IMPACT CHARPY V-NOTCH

PROYEK AKHIR

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

MUHAMMAD 'AFIF RIFA'I

40040221650076

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

**SEMARANG
OKTOBER 2025**

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 Rifa'i

NIM : 40040221650076

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Muhammad 'Afif Rifa'i', written over a horizontal line.

Tanggal : 16 Oktober 2025



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

Jalan Prof. Dr. Sukarto, 1, 50132 Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Email: www.vokasi.undip.ac.id
e-mail: vokasi@vokasi.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 466/PA/RPM/V/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Muhammad 'Afif Rifa'i
NIM : 40040221650076
Judul Proyek Akhir : Modifikasi Alat Uji Impact Charpy V Notch
Dosen Pembimbing : Dr. Drs. Wiji Mangestiyono, M.T.
NIP : 196102281986031002

Isi Tugas:

1. Membuat desain 3D Alat Uji Impact Charpy V Notch dengan komponen-komponennya
2. Memodifikasi alat uji impact sehingga dapat menunjukkan ukuran secara tepat
3. Merancang dan mengembangkan sistem pengaman pada alat Uji Impact Charpy V Notch
4. Menambahkan sistem pengereman pada alat Uji Impact Charpy V Notch
5. Menguji dan mengevaluasi unjuk kerja alat Uji Impact Charpy V Notch

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

Semarang, 27 Maret 2025
a.n. Ketua Program Studi
Sekretaris Program Studi


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

Tembusan:

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad 'Afif Rifa'i
NIM : 40040221650076
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Modifikasi Alat Uji Impact Charpy V-Notch

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

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Semarang, 01 Oktober 2025
Pengusul



Dr. Drs. Wiji Mangestiyo, M.T.
NIP. 196102281986031002



Muhammad 'Afif Rifa'i
NIM. 40040221650076

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diusulkan oleh :

Nama : Muhammad Afif Rifa'i
NIM : 40040221650076
Program Studi : Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Modifikasi Alat Uji Impact Charpy V-Notch

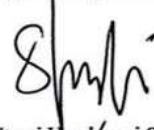
Telah berhasil di pertahankan di hadapan tim penguji dan di terima sebagai bagian persyaratan yang di perlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

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

Semarang, 16 Oktober 2025

Ketua Program Studi Diploma-IV
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 Rifa'i

NIM : 40040221650076

Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik

Departemen : Teknologi Industri

Fakultas : Sekolah Vokasi

Jenis Karya : Proyek Akhir

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

“ Modifikasi Alat Uji Impact Charpy V Notch ”

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.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 16 Oktober 2025

Yang menyatakan



Muhammad 'Afif Rifa'i

MOTTO

"فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا"

Fa inna ma'al-'usri yusra, Inna ma'al-'usri yusra

” Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya
beserta kesulitan ada kemudahan.”

“ jika anda belum menyukai untuk belajar, belajarliah untuk menyukai nya
karena itu akan mengubah hidup anda.”

“ Sebesar apapun rintangannya, pulanglah sebagai sarjana.”

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul Modifikasi Alat Uji Impact V-Nortch dan seterusnya.

Penyusunan laporan poyek 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. Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang
3. Dr. Drs. Wiji Mangestiyono, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Seluruh dosen dan teknisi yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini, maka segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebaikan. Amin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 16 Oktober 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Muhammad 'Afif Rifa'i', written in a cursive style.

Muhammad 'Afif Rifa'i

ABSTRAK

MODIFIKASI ALAT UJI IMPACT

CHARPY V-NOTCH

Alat uji impact V-Charpy digunakan untuk mengukur kekuatan bentur material terhadap beban kejut. Namun, alat standar sering kali memiliki keterbatasan dalam keakuratan pembacaan ukuran. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi alat uji impact dengan penggunaan skala analog yang lebih presisi untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Alat uji impact yang dimodifikasi ini terletak pada laboratorium pengujian material Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik. Modifikasi dilakukan dengan mengganti sistem pembacaan energi dari semula menggunakan skala digital diganti menggunakan skala analog. Masalah yang diidentifikasi sebelum alat dimodifikasi adalah tidak terdapat sistem pengereman, sistem pengaman, sistem pembaca energi impact, dan mekanisme angkat pendulum yang masih manual. Dilakukannya modifikasi alat uji impact charpy v-notch karena sistem digital atau analog yang kompleks bisa lebih rentan terhadap kerusakan, sistem pembacaan yang lebih canggih memerlukan kalibrasi yang lebih rumit untuk memastikan akurasi. Dengan adanya sistem pengereman, dapat mencegah terjadinya ayunan berulang (Overshooting), meningkatkan efisiensi pengujian karena waktu yang dibutuhkan untuk setiap siklus pengujian bisa dikurangi karena tidak perlu menunggu pendulum berhenti dengan sendirinya. Dengan adanya sistem pengaman, dapat menjaga keselamatan operator dari pendulum berkecepatan tinggi atau pecahan spesimen yang terpental, serta pada standar internasional seperti ASTM E23 dan JIS B7722 yang mengatur tentang bentuk pendulum, anvil dan tipe pisau pemukul. Mengharuskan adanya sistem pengaman untuk memastikan keselamatan dalam pengujian impact. Dengan ditambahnya motor gearbox pada mekanisme angkat pendulum memudahkan operator dalam mengangkat pendulum dengan aman dan efisien pada saat melakukan pengujian. Alat yang dimodifikasi memiliki kapasitas max energi impact sebesar 240 Joule. Hasil pengujian menunjukkan bahwa energi serap tertinggi pada alat yang dimodifikasi terdapat pada material stainless steel sebesar 115,139 Joule dan terendah pada kuningan sebesar 28,132 Joule. Standar Error pada alat uji impact yang dimodifikasi sebesar 2,9 %, dengan Standar Error terhadap alat uji impact laboratorium teknik mesin sebagai acuan sebesar 5,7% yang menunjukkan bahwa alat hasil modifikasi memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan layak digunakan dalam pengujian material.

Kata kunci: modifikasi, uji impact, Charpy V-notch, skala analog, akurasi pengukuran.

ABSTRACT

MODIFICATION OF CHARPY IMPACT

V-NOTCH TESTING MACHINE

The V-Charpy impact testing machine is used to measure the impact strength of materials against shock loads. However, standard machines often have limitations in the accuracy of their readings. This study aims to modify the impact testing machine by using a more precise analog scale to improve measurement accuracy. The modified impact testing machine is located in the materials testing laboratory of the Mechanical Design Engineering Study Program. The modification was carried out by replacing the energy reading system from a digital scale to an analog scale. The problems identified before the device was modified were the absence of a braking system, a safety system, an impact energy reading system, and a manual pendulum lifting mechanism. The Charpy V-notch impact testing device was modified because complex digital or analog systems are more prone to damage, and more sophisticated reading systems require more complicated calibration to ensure accuracy. The braking system prevents overshooting, increasing testing efficiency by reducing the time required for each test cycle, as there is no need to wait for the pendulum to stop on its own. The safety system protects operators from high-speed pendulums or flying specimen fragments, and complies with international standards such as ASTM E23 and JIS B7722, which regulate the shape of pendulums, anvils, and hammer types. A safety system is required to ensure safety during impact testing. The addition of a gearbox motor to the pendulum lifting mechanism makes it easier for operators to lift the pendulum safely and efficiently when conducting tests. The modified device has a maximum impact energy capacity of 240 Joules. The test results show that the highest energy absorption in the modified device was in stainless steel at 115.139 Joules and the lowest was in brass at 28.132 Joules. The Standard Error on the modified impact testing device was 2.9%, with a Standard Error on the mechanical engineering laboratory impact testing device as a reference of 5.7%, indicating that the modified device has a fairly good level of accuracy and is suitable for use in material testing.

Keywords: modification, impact test, Charpy V-notch, analog scale, measurement accuracy.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
SURAT TUGAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR SIMBOL	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Luaran	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengujian Impak.....	6
2.1.1 Sejarah Pengujian Impak Metode Charpy.....	7

2.2	Pengujian Impak Metode Charpy.....	9
2.3	Mesin Uji Impak	10
2.3.1	Standar JIS-B7722	11
2.3.2	Spesifikasi JIS-B7722	12
2.3.3	Standar ASTM E-23.....	14
2.3.4	Spesifikasi ASTM E-23	14
2.4	Mekanisme Alat Uji Impak Charpy	15
2.4.1	Gaya Impak	15
2.4.2	Energi Potensial	15
2.4.3	Energi Kinetis.....	17
2.4.4	Energi Mekanis	18
2.4.5	Tegangan Impak.....	20
2.4.6	Energi Gesekan	21
2.5	Standar Uji Impak	24
2.5.1	Prinsip Dasar Alat Uji Impak Charpy	24
2.6	Patahan Material Ulet dan Getas.....	26
BAB III METODOLOGI PROYEK AKHIR.....		29
3.1	Diagram Alir	29
3.2	Langkah-langkah Pengujian alat Uji Impact V-Charpy	30
3.2.1	Observasi Lapangan.....	30
3.2.2	Studi Literatur	30
3.2.3.	Desain Alat.....	31
3.2.4	Beton Pondasi.....	48
3.3	Perancangan Alat	49

3.3.1	Perhitungan Lintasan Bandul Gaya dan Periode Bandul	49
3.4	Perhitungan Energi Koefisien Gesek	51
3.4.1	Perhitungan Energi Gesek Poros Pendulum dan Bantalan	51
3.4.2	Perhitungan Energi Gesek Pendulum dan Sabuk Kanvas Pengereman	54
3.4.3	Perhitungan Tegangan Poros Maksimum	56
3.5	Perhitungan Konstruksi	57
3.5.1	Perhitungan Poros	57
3.5.2	Perhitungan Nilai Tegangan Geser	57
3.5.3	Tegangan geser yang diijinkan	58
3.5.4	Besarnya tegangan geser yang terjadi	58
3.5.5	Perhitungan Nilai Tegangan Lentur	58
3.5.6	Perhitungan momen maksimal poros (M1)	59
3.6	Perhitungan Bantalan	59
3.7	Perhitungan Mekanisme Angkat Pendulum	62
3.7.1	Menentukan komponen gaya yang menghasilkan torsi	63
3.7.2	Menghitung torsi maksimum yang dibutuhkan	63
3.7.3	Menentukan perhitungan roda gigi untuk mengangkat pendulum	64
3.8	Pembuatan Sistem Pengaman	66
3.9	Pembuatan Sistem Pengereman	67
3.10	Sistem Pembacaan Dial	68
3.11	Persiapan Alat dan Bahan	69
3.11.1.	Alat dan Bahan Uji Impact Charpy V Notch	70
3.11.2.	Alat dan Bahan Beton Pondasi	75

3.12	Proses Pembuatan Alat Uji Impact	75
3.13	Proses Pembuatan Beton Pondasi	76
3.14	Pengujian Alat.....	77
3.15	Proses Pembuatan Spesimen Pengujian	78
3.15.1	Klasifikasi dan Kodefikasi Baja.....	78
3.15.2	Baja ASTM ST-37	79
3.15.3	Stainless Steel.....	80
3.15.4	Klasifikasi dan Kodefikasi Aluminium.....	82
3.15.5	Klasifikasi dan Kodefikasi Kuningan	84
3.15.6	Persiapan Bahan Pengujian.....	86
3.16	Pengujian Spesimen Uji Impak.....	86
3.17	Kalibrasi	87
3.18	Pengolahan Data.....	95
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		101
4.1	Hasil Modifikasi.....	101
4.2	Pembahasan Material Baja ST-37.....	103
4.3	Pembahasan Material Stainless Steel	112
4.4	Pembahasan Material Alumunium.....	122
4.5	Pembahasan Material Kuningan	131
4.6	Perbandingan Hasil Pengujian Semua Material.....	141
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		146
5.1	Kesimpulan	146
5.2	Saran.....	148
DAFTAR PUSTAKA		149

LAMPIRAN.....	151
DESAIN LAMPIRAN.....	151

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Pembebanan metode charpy dan izod.....	7
Gambar 2. 2	Penentuan energi potensial awal.....	11
Gambar 2. 3	Tipe pendulum.....	12
Gambar 2. 4	Anvil	13
Gambar 2. 5	Tipe pisau pemukul.....	13
Gambar 2. 6	Spesimen standar ASTM E-23	14
Gambar 2. 7	Gaya angkat (FA) dan perpindahan benda (h).....	16
Gambar 2. 8	Energi kinetis.....	17
Gambar 2. 9	Energi mekanis	19
Gambar 2. 10	Ilustrasi skematis pengujian impact.....	24
Gambar 2. 11	Patahan getas	26
Gambar 2. 12	Patahan ulet.....	27
Gambar 3. 1	Diagram alir pengujian impact v-charpy	29
Gambar 3. 2	Desain alat	32
Gambar 3. 3	Desain rangka	34
Gambar 3. 4	Desain pendulum	35
Gambar 3. 5	Desain anvil	36
Gambar 3. 6	Desain pengunci.....	38
Gambar 3. 7	Desain pengereman.....	39
Gambar 3. 8	Desain sistem pengaman.....	40
Gambar 3. 9	Desain dial indicator	40
Gambar 3. 10	Motor gearbox	42
Gambar 3. 11	Limit switch ME-8104.....	43
Gambar 3. 12	Box panel pyramid.....	45
Gambar 3. 13	Speed control motor gearbox.....	46
Gambar 3. 14	Switch on-off.....	46
Gambar 3. 15	Push button	47
Gambar 3. 16	Pilot lamp 220 V.....	48
Gambar 3. 17	Beton pondasi	48
Gambar 3. 18	Busur lintasan pendulum	50
Gambar 3. 19	Nilai X dan Y pada bantalan untuk beban dinamis	61
Gambar 3. 20	Ukuran hole diameter bearing	62
Gambar 3. 21	Roda gigi pinion 24 teeth.....	65
Gambar 3. 22	Gear 71 teeth.....	65
Gambar 3. 23	Bor listrik.....	72
Gambar 3. 24	Mesin gerinda duduk	72
Gambar 3. 25	Kompresor spray gun.....	73
Gambar 3. 26	Gergaji tangan.....	74
Gambar 3. 27	Ragum.....	74
Gambar 3. 28	Ukuran spesimen benda uji.....	86
Gambar 3. 29	Alat impact pembanding.....	89
Gambar 3. 30	Skema sistem kelistrikan motor gearbox.....	96
Gambar 4. 1	Alat impact sebelum di modifikasi	101
Gambar 4. 2	Alat impact setelah di modifikasi	102
Gambar 4. 3	Grafik hasil pengujian baja ST-37.....	108
Gambar 4. 4	Patahan baja ST-37 tampak atas	111

Gambar 4. 5	Patahan baja ST-37 tampak depan.....	111
Gambar 4. 6	Grafik hasil pengujian stainless steel.....	118
Gambar 4. 7	Patahan stainless steel tampak atas.....	120
Gambar 4. 8	Patahan stainless steel tampak depan	121
Gambar 4. 9	Grafik hasil pengujian spesimen alumunium	127
Gambar 4. 10	Patahan alumunium tampak atas	130
Gambar 4. 11	Patahan alumunium tampak depan	130
Gambar 4. 12	Grafik hasil pengujian kuningan.....	137
Gambar 4. 13	Patahan kuningan tampak atas.....	140
Gambar 4. 14	Patahan kuningan tampak depan	140
Gambar 4. 15	Grafik energi terserap pada alat uji Lab TM Undip	143
Gambar 4. 16	Grafik energi terserap pada alat uji workshop RPM	144

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Komponen Alat	33
Tabel 3. 2 Perhitungan lintasan bandul gaya dan Periode bandul	50
Tabel 3. 3 Ball Bearing.....	53
Tabel 3. 4 Koefisien Gesek	56
Tabel 3. 5 Alat dan Bahan Uji Impact Charpy V Notch	70
Tabel 3. 6 Alat dan bahan beton pondasi	75
Tabel 3. 7 Variabel penelitian	78
Tabel 3. 8 Komposisi baja ST 37	79
Tabel 3. 9 Spesifikasi alat pembanding	88
Tabel 3. 10 Hasil pengujian alat yang sudah di modifikasi.....	89
Tabel 3. 11 Hasil pengujian alat pembanding	92
Tabel 3. 12 Data yang diambil	99
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Energi Serap dan Ketangguhan Material.....	103
Tabel 4. 2 Mean energi impact pada spesimen baja ST-37.....	104
Tabel 4. 3 Perhitungan $(J - J_m)^2$ pada workshop dan lab teknik mesin	106
Tabel 4. 4 Perhitungan standar deviasi.....	106
Tabel 4. 5 Energi terserap pada spesimen baja ST-37.....	107
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan energi serap dan ketangguhan material.....	112
Tabel 4. 7 Mean energi impact spesimen stainless steel	114
Tabel 4. 8 Perhitungan $(J - J_m)^2$ pada workshop dan lab teknik mesin	115
Tabel 4. 9 Perhitungan standar deviasi spesimen stainless steel	116
Tabel 4. 10 Energi terserap pada spesimen stainless steel	117
Tabel 4. 11 Hasil perhitungan energi serap dan ketangguhan material.....	122
Tabel 4. 12 Mean energi impact pada workshop dan lab teknik mesin	123
Tabel 4. 13 Perhitungan $(J - J_m)^2$ pada workshop dan lab teknik mesin	125
Tabel 4. 14 Perhitungan standar deviasi.....	125
Tabel 4. 15 Energi terserap pada spesimen alumunium	126
Tabel 4. 16 Hasil perhitungan energi serap dan ketangguhan material.....	131
Tabel 4. 17 Mean energi impact pada workshop dan lab teknik mesin	133
Tabel 4. 18 Perhitungan $(J - J_m)^2$ pada workshop dan lab teknik mesin	134
Tabel 4. 19 Perhitungan standar deviasi.....	134
Tabel 4. 20 Energi terserap pada spesimen kuningan	135
Tabel 4. 21 Standar deviasi dan Standar error pada setiap spesimen.....	141
Tabel 4. 22 Hasil patahan pada setiap spesimen	145

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul Halaman
W	Usaha (J)	24
F_a	Gaya angkat (N)	24
s	Perpindahan benda (m)	24
E_{pt}	Energi potensial total (J)	25
E_{p2}	Energi potensial pada posisi akhir (J)	25
E_{p1}	Energi potensial pada posisi awal (J)	25
m	Berat Pendulum (Kg)	25
g	Gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)	25
h_2	Jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)	25
h_1	Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)	25
F	Gaya (N)	26
a	Percepatan (m/s^2)	26
v_t^2	Kecepatan akhir (m/s)	27
v_0^2	Kecepatan awal (m/s)	27
E_k	Energi kinetik (J)	27
v^2	Kecepatan benda (m/s)	27
E_M	Energi Potensial (J)	28
E_p	Energi Potensial (J)	28
$E_{Friction}$	Torsi gesek (Nm).	29
θ	Sudut rotasi total (dalam radian).	29
μ	Koefisien gesek kinetis antara poros dan bearing	29
r	Radius poros	29
$F_{centripetal}$	Gaya sentripetal akibat rotasi	30
$F_{Friction}$	Gaya gesek (N).	30
$T_{Friction}$	Torsi gesek (Nm).	31
λ	Jarak lengan pengayun (m)	33

$\cos \alpha$	Sudut posisi awal pendulum	33
$\cos \beta$	Sudut posisi akhir pendulum	33
E	Energi yang diserap (Joule)	34
HI	Nilai/harga Impak (Kg/mm ²)	34
A	Luas penampang dibawah takikan (mm ²)	34
$\emptyset$	Diameter	38
π	Konstanta(pi)	75
R	Jari-jari jarak poros – momen inersia pendulum	75
K	Keliling Lintasan	76
F	Gaya normal	76
τ_a	Tegangan geser ijin	82
σ_B	Kekuatan tarik	82
S_{f1}	Angka keamanan bahan	82
S_{f2}	Angka keamanan konsentrasi tegangan	82
σ_{max}	Tegangan lentur yang terjadi	82
Pr	Beban Ekuivalen Dinamis (Kg)	84
X	Faktor Beban Radial	84
V	Faktor Putaran	84
Fr	Beban Radial (Kg)	84
Y	Faktor Beban Aksial	84
Wa	Beban Aksial (Kg)	84
L	Panjang lengan pendulum	87
ω	Kecepatan sudut	89
t	Waktu	89
P	Daya	91
T	Torsi	91
k	Konstanta pegas (N/m)	93
Δ_x	Pertambahan panjang pegas (m)	93
SD	Standar Deviasi	109
Jm	Energi Impak Rata-Rata	109
n	Jumlah Data	109
SE	Standar error	123