



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**MODIFIKASI ALAT UJI IMPACT CHARPY V-NOTCH  
KAPASITAS 240 JOULE**

**PROYEK AKHIR**

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

**WAHYU ADJI PRAKOSO**

**NIM 40040221650046**

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

**SEMARANG  
DESEMBER 2025**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**MODIFIKASI ALAT UJI IMPACT CHARPY V-NOTCH  
KAPASITAS 240 JOULE**

**PROYEK AKHIR**

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

**WAHYU ADJI PRAKOSO**

**NIM 40040221650046**

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

**SEMARANG  
DESEMBER 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 : Wahyu Adji Prakoso

NIM : 40040221650046

Tanda Tangan :



Tanggal : 17 Desember 2025



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

Jalan Prof. Sudarto, 54 Semarang  
Kode Pos 50275  
Telp/Fax (024) 7471379  
Laman: www.vokasi.undip.ac.id  
e-mail: Vokasi@vokasi.undip.ac.id

**SURAT TUGAS PROYEK AKHIR**

No. : 469/PA/RPM/V/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Wahyu Adji Prakoso  
NIM : 40040221650046  
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 menunjukan 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

  
Alaya 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 : Wahyu Adji Prakoso  
NIM : 40040221650046  
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 Mangestiyono, M.T.

NIP. 196102281986031002



Wahyu Adji Prakoso

NIM. 40040221650046

## HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Wahyu Adji Prakoso  
NIM : 40040221650046  
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik  
Judul Proyek Akhir : Modifikasi Alat Uji Impact Charpy V Notch Kapasitas  
240 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, 17 Desember 2025

Ketua Program Studi Sarjana Terapan  
Rekayasa Perancangan Mekanik



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

NIP. 197609152003122001

## PUBLIKASI

### PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Wahyu Adji Prakoso

NIM : 40040221650046

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 Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“ Modifikasi Alat Uji Impact Charpy V Notch Kapasitas 240 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.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 17 Desember 2025

Yang menyatakan



Wahyu Adji Prakoso

## **MOTTO**

" Usaha tidak akan mengkhianati hasil, tetaplah berjuang"

“ Lakukan sesuatu hari ini yang akan membuat dirimu dimasa depan  
berterimakasih”

“ 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, 17 Desember 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Wahyu Adji Prakoso'.

Wahyu Adji Prakoso

# **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 .....                                                     | i        |
| SURAT TUGAS .....                                                                         | ii       |
| HALAMAN PERSETUJUAN .....                                                                 | iii      |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                                                                  | iv       |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK<br>AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... | v        |
| MOTTO .....                                                                               | vi       |
| KATA PENGANTAR.....                                                                       | vii      |
| ABSTRAK .....                                                                             | ix       |
| DAFTAR ISI.....                                                                           | xi       |
| DAFTAR GAMBAR.....                                                                        | xvi      |
| DAFTAR TABEL .....                                                                        | xviii    |
| DAFTAR SIMBOL .....                                                                       | xix      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                                             | <b>1</b> |
| 1.1    Latar Belakang .....                                                               | 1        |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                                                              | 4        |
| 1.3    Batasan Masalah.....                                                               | 4        |
| 1.4    Tujuan .....                                                                       | 5        |
| 1.5    Luaran .....                                                                       | 5        |
| 1.6    Sistematika Penulisan Laporan .....                                                | 5        |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                                       | <b>7</b> |
| 2.1    Pengujian Impak.....                                                               | 7        |
| 2.1.1    Sejarah Pengujian Impak Metode Charpy.....                                       | 8        |

|                                             |                                                         |           |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2                                         | Pengujian Impak Metode Charpy.....                      | 10        |
| 2.3                                         | Mesin Uji Impak .....                                   | 11        |
| 2.3.1                                       | Standar JIS-B7722 .....                                 | 12        |
| 2.3.2                                       | Spesifikasi JIS-B7722 .....                             | 13        |
| 2.3.3                                       | Standar ASTM E-23.....                                  | 15        |
| 2.3.4                                       | Spesifikasi ASTM E-23 .....                             | 15        |
| 2.4                                         | Mekanisme Alat Uji Impak Charpy .....                   | 16        |
| 2.4.1                                       | Gaya Impak .....                                        | 16        |
| 2.4.2                                       | Energi Potensial .....                                  | 16        |
| 2.4.3                                       | Energi Kinetis.....                                     | 18        |
| 2.4.4                                       | Energi Mekanis .....                                    | 19        |
| 2.4.5                                       | Tegangan Impak.....                                     | 21        |
| 2.4.6                                       | Tegangan Geser .....                                    | 22        |
| 2.4.7                                       | Energi Gesekan .....                                    | 22        |
| 2.5                                         | Standar Uji Impak .....                                 | 25        |
| 2.5.1                                       | Prinsip Dasar Alat Uji Impak Charpy .....               | 25        |
| 2.6                                         | Patahan Material Ulet dan Getas.....                    | 27        |
| <b>BAB III METODOLOGI PROYEK AKHIR.....</b> |                                                         | <b>30</b> |
| 3.1                                         | Diagram Alir .....                                      | 30        |
| 3.2                                         | Langkah-langkah Pengujian alat Uji Impact V-Charpy..... | 31        |
| 3.2.1                                       | Observasi Lapangan .....                                | 31        |
| 3.2.2                                       | Studi Literatur .....                                   | 31        |
| 3.2.3.                                      | Desain Alat.....                                        | 32        |
| 3.2.4                                       | Beton Pondasi .....                                     | 50        |

|         |                                                                        |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3     | Perancangan Alat .....                                                 | 50 |
| 3.3.1   | Perhitungan Lintasan Bandul Gaya dan Periode Bandul .....              | 51 |
| 3.4     | Perhitungan Energi Koefisien Gesek .....                               | 52 |
| 3.4.1   | Perhitungan Energi Gesek Poros Pendulum dan Bantalan .....             | 53 |
| 3.4.2   | Perhitungan Energi Gesek Pendulum dan Sabuk Kanvas<br>Pengereman ..... | 56 |
| 3.4.3   | Perhitungan Tegangan Poros Maksimum .....                              | 58 |
| 3.5     | Perhitungan Konstruksi .....                                           | 59 |
| 3.5.1   | Perhitungan Poros .....                                                | 59 |
| 3.5.2   | Perhitungan Nilai Tegangan Geser .....                                 | 59 |
| 3.5.3   | Tegangan geser yang diijinkan .....                                    | 60 |
| 3.5.4   | Besarnya tegangan geser yang terjadi .....                             | 60 |
| 3.5.5   | Perhitungan Nilai Tegangan Lentur .....                                | 60 |
| 3.5.6   | Perhitungan momen maksimal poros ( <b>M1</b> ) .....                   | 61 |
| 3.6     | Perhitungan Bantalan .....                                             | 61 |
| 3.7     | Perhitungan Mekanisme Angkat Pendulum .....                            | 64 |
| 3.7.1   | Menentukan komponen gaya yang menghasilkan torsi .....                 | 65 |
| 3.7.2   | Menghitung torsi maksimum yang dibutuhkan .....                        | 65 |
| 3.7.3   | Menentukan perhitungan roda gigi untuk mengangkat pendulum .....       | 66 |
| 3.8     | Pembuatan Sistem Pengaman .....                                        | 68 |
| 3.9     | Pembuatan Sistem Pengereman .....                                      | 69 |
| 3.10    | Sistem Pembacaan Dial .....                                            | 70 |
| 3.11    | Persiapan Alat dan Bahan .....                                         | 71 |
| 3.11.1. | Alat dan Bahan Uji Impact Charpy V Notch .....                         | 72 |

|               |                                                   |            |
|---------------|---------------------------------------------------|------------|
| 3.11.2.       | Alat dan Bahan Beton Pondasi.....                 | 77         |
| 3.12          | Proses Pembuatan Alat Uji Impact .....            | 77         |
| 3.13          | Proses Pembuatan Beton Pondasi .....              | 78         |
| 3.14          | Pengujian Alat.....                               | 79         |
| 3.15          | Proses Pembuatan Spesimen Pengujian .....         | 80         |
| 3.15.1        | Klasifikasi dan Kodefikasi Baja.....              | 80         |
| 3.15.2        | Baja ASTM ST-37 .....                             | 81         |
| 3.15.3        | Stainless Steel .....                             | 82         |
| 3.15.4        | Klasifikasi dan Kodefikasi Aluminium.....         | 84         |
| 3.15.5        | Klasifikasi dan Kodefikasi Kuningan .....         | 86         |
| 3.15.6        | Persiapan Bahan Pengujian .....                   | 88         |
| 3.16          | Pengujian Spesimen Uji Impak.....                 | 88         |
| 3.17          | Kalibrasi .....                                   | 89         |
| 3.18          | Pengolahan Data.....                              | 97         |
| <b>BAB IV</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                 | <b>103</b> |
| 4.1           | Hasil Modifikasi.....                             | 103        |
| 4.2           | Pembahasan Material Baja ST-37 .....              | 105        |
| 4.3           | Pembahasan Material Stainless Steel .....         | 114        |
| 4.4           | Pembahasan Material Alumunium.....                | 124        |
| 4.5           | Pembahasan Material Kuningan .....                | 133        |
| 4.6           | Perbandingan Hasil Pengujian Semua Material ..... | 143        |
| <b>BAB V</b>  | <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                 | <b>148</b> |
| 5.1           | Kesimpulan .....                                  | 148        |
| 5.2           | Saran.....                                        | 150        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>151</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>        | <b>153</b> |
| <b>DESAIN LAMPIRAN .....</b> | <b>153</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 2. 1</b> Pembebanan metode charpy dan izod.....                 | 8   |
| <b>Gambar 2. 2</b> Penentuan energi potensial awal.....                   | 12  |
| <b>Gambar 2. 3</b> Tipe pendulum .....                                    | 13  |
| <b>Gambar 2. 4</b> Anvil .....                                            | 14  |
| <b>Gambar 2. 5</b> Tipe pisau pemukul.....                                | 14  |
| <b>Gambar 2. 6</b> Spesimen standar ASTM E-23 .....                       | 15  |
| <b>Gambar 2. 7</b> Gaya angkat (FA) dan perpindahan benda ( h ).....      | 17  |
| <b>Gambar 2. 8</b> Energi kinetis .....                                   | 18  |
| <b>Gambar 2. 9</b> Energi mekanis .....                                   | 20  |
| <b>Gambar 2. 10</b> Ilustrasi skematis pengujian impact.....              | 25  |
| <b>Gambar 2. 11</b> Patahan getas .....                                   | 28  |
| <b>Gambar 2. 12</b> Patahan ulet.....                                     | 29  |
| <b>Gambar 3. 1</b> Diagram alir pengujian impact v-charpy .....           | 30  |
| <b>Gambar 3. 2</b> Desain alat .....                                      | 33  |
| <b>Gambar 3. 3</b> Desain rangka .....                                    | 35  |
| <b>Gambar 3. 4</b> Desain pendulum .....                                  | 36  |
| <b>Gambar 3. 5</b> Desain anvil .....                                     | 37  |
| <b>Gambar 3. 6</b> Desain pengunci.....                                   | 39  |
| <b>Gambar 3. 7</b> Desain pengereman.....                                 | 40  |
| <b>Gambar 3. 8</b> Desain sistem pengaman.....                            | 41  |
| <b>Gambar 3. 9</b> Desain dial indicator .....                            | 41  |
| <b>Gambar 3. 10</b> Limit switch ME-8104.....                             | 44  |
| <b>Gambar 3. 11</b> Box panel pyramid.....                                | 45  |
| <b>Gambar 3. 12</b> Speed control motor gearbox.....                      | 46  |
| <b>Gambar 3. 13</b> Switch on-off .....                                   | 48  |
| <b>Gambar 3. 14</b> Push button .....                                     | 48  |
| <b>Gambar 3. 15</b> Pilot lamp 220 V .....                                | 49  |
| <b>Gambar 3. 16</b> Beton pondasi .....                                   | 50  |
| <b>Gambar 3. 17</b> Busur lintasan pendulum .....                         | 51  |
| <b>Gambar 3. 18</b> Nilai X dan Y pada bantalan untuk beban dinamis ..... | 63  |
| <b>Gambar 3. 19</b> Ukuran hole diameter bearing .....                    | 64  |
| <b>Gambar 3. 20</b> Roda gigi pinion 24 teeth.....                        | 67  |
| <b>Gambar 3. 21</b> Gear 71 teeth.....                                    | 67  |
| <b>Gambar 3. 22</b> Bor listrik.....                                      | 74  |
| <b>Gambar 3. 23</b> Mesin gerinda duduk .....                             | 74  |
| <b>Gambar 3. 24</b> Kompresor spray gun.....                              | 75  |
| <b>Gambar 3. 25</b> Gergaji tangan.....                                   | 76  |
| <b>Gambar 3. 26</b> Ragum.....                                            | 76  |
| <b>Gambar 3. 27</b> Ukuran spesimen benda uji.....                        | 88  |
| <b>Gambar 3. 28</b> Alat impact pembanding.....                           | 91  |
| <b>Gambar 3. 29</b> Skema sistem kelistrikan motor gearbox.....           | 98  |
| <b>Gambar 4. 1</b> Alat impact sebelum di modifikasi .....                | 103 |
| <b>Gambar 4. 2</b> Alat impact setelah di modifikasi .....                | 104 |
| <b>Gambar 4. 3</b> Grafik hasil pengujian baja ST-37 .....                | 110 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Patahan baja ST-37 tampak atas .....                   | 113 |
| <b>Gambar 4. 5</b> Patahan baja ST-37 tampak depan.....                   | 113 |

|                     |                                                         |     |
|---------------------|---------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 4. 6</b>  | Grafik hasil pengujian stainless steel.....             | 120 |
| <b>Gambar 4. 7</b>  | Patahan stainless steel tampak atas .....               | 122 |
| <b>Gambar 4. 8</b>  | Patahan stainless steel tampak depan .....              | 123 |
| <b>Gambar 4. 9</b>  | Grafik hasil pengujian spesimen alumunium .....         | 129 |
| <b>Gambar 4. 10</b> | Patahan alumunium tampak atas .....                     | 132 |
| <b>Gambar 4. 11</b> | Patahan alumunium tampak depan .....                    | 132 |
| <b>Gambar 4. 12</b> | Grafik hasil pengujian kuningan.....                    | 139 |
| <b>Gambar 4. 13</b> | Patahan kuningan tampak atas.....                       | 142 |
| <b>Gambar 4. 14</b> | Patahan kuningan tampak depan .....                     | 142 |
| <b>Gambar 4. 15</b> | Grafik energi terserap pada alat uji Lab TM Undip ..... | 145 |
| <b>Gambar 4. 16</b> | Grafik energi terserap pada alat uji workshop RPM ..... | 146 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 3. 1</b> Komponen Alat .....                                                 | 34  |
| <b>Tabel 3. 2</b> Perhitungan lintasan bandul gaya dan Periode bandul .....           | 51  |
| <b>Tabel 3. 3</b> Ball Bearing.....                                                   | 54  |
| <b>Tabel 3. 4</b> Koefisien Gesek .....                                               | 57  |
| <b>Tabel 3. 5</b> Alat dan Bahan Uji Impact Charpy V Notch .....                      | 72  |
| <b>Tabel 3. 6</b> Alat dan bahan beton pondasi .....                                  | 77  |
| <b>Tabel 3. 7</b> Variabel penelitian .....                                           | 80  |
| <b>Tabel 3. 8</b> Komposisi baja ST 37 .....                                          | 81  |
| <b>Tabel 3. 9</b> Spesifikasi alat pembanding .....                                   | 90  |
| <b>Tabel 3. 10</b> Hasil pengujian alat yang sudah di modifikasi.....                 | 91  |
| <b>Tabel 3. 11</b> Hasil pengujian alat pembanding .....                              | 94  |
| <b>Tabel 3. 12</b> Data yang diambil .....                                            | 101 |
| <b>Tabel 4. 1</b> Hasil Perhitungan Energi Serap dan Ketangguhan Material.....        | 105 |
| <b>Tabel 4. 2</b> Mean energi impact pada spesimen baja ST-37 .....                   | 106 |
| <b>Tabel 4. 3</b> Perhitungan $(J - J_m)^2$ pada workshop dan lab teknik mesin .....  | 108 |
| <b>Tabel 4. 4</b> Perhitungan standar deviasi.....                                    | 108 |
| <b>Tabel 4. 5</b> Energi terserap pada spesimen baja ST-37.....                       | 109 |
| <b>Tabel 4. 6</b> Hasil perhitungan energi serap dan ketangguhan material.....        | 114 |
| <b>Tabel 4. 7</b> Mean energi impact spesimen stainless steel .....                   | 116 |
| <b>Tabel 4. 8</b> Perhitungan $(J - J_m)^2$ pada workshop dan lab teknik mesin .....  | 117 |
| <b>Tabel 4. 9</b> Perhitungan standar deviasi spesimen stainless steel .....          | 118 |
| <b>Tabel 4. 10</b> Energi terserap pada spesimen stainless steel .....                | 119 |
| <b>Tabel 4. 11</b> Hasil perhitungan energi serap dan ketangguhan material.....       | 124 |
| <b>Tabel 4. 12</b> Mean energi impact pada workshop dan lab teknik mesin .....        | 125 |
| <b>Tabel 4. 13</b> Perhitungan $(J - J_m)^2$ pada workshop dan lab teknik mesin ..... | 127 |
| <b>Tabel 4. 14</b> Perhitungan standar deviasi.....                                   | 127 |
| <b>Tabel 4. 15</b> Energi terserap pada spesimen alumunium .....                      | 128 |
| <b>Tabel 4. 16</b> Hasil perhitungan energi serap dan ketangguhan material.....       | 133 |
| <b>Tabel 4. 17</b> Mean energi impact pada workshop dan lab teknik mesin .....        | 135 |
| <b>Tabel 4. 18</b> Perhitungan $(J - J_m)^2$ pada workshop dan lab teknik mesin ..... | 136 |
| <b>Tabel 4. 19</b> Perhitungan standar deviasi.....                                   | 136 |
| <b>Tabel 4. 20</b> Energi terserap pada spesimen kuningan .....                       | 137 |
| <b>Tabel 4. 21</b> Standar deviasi dan Standar error pada setiap spesimen.....        | 143 |
| <b>Tabel 4. 22</b> Hasil patahan pada setiap spesimen .....                           | 147 |

## DAFTAR SIMBOL

| Simbol            | Keterangan                                       | Pertama kali muncul<br>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 ( $\text{m/s}^2$ )                    | 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                             |
| $\theta$          | Sudut rotasi total (dalam <b>radian</b> ).       | 29                             |
| $\mu$             | 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                             |
| $\lambda$         | 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 <sup>2</sup> )            | 34  |
| A              | Luas penampang dibawah takikan ( mm <sup>2</sup> ) | 34  |
| $\emptyset$    | Diameter                                           | 38  |
| $\pi$          | Konstanta(pi)                                      | 75  |
| R              | Jari-jari jarak poros – momen inersia pendulum     | 75  |
| K              | Keliling Lintasan                                  | 76  |
| F              | Gaya normal                                        | 76  |
| $\tau_a$       | Tegangan geser ijin                                | 82  |
| $\sigma_B$     | Kekuatan tarik                                     | 82  |
| $S_{f1}$       | Angka keamanan bahan                               | 82  |
| $S_{f2}$       | Angka keamanan konsentrasi tegangan                | 82  |
| $\sigma_{max}$ | 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  |
| $\omega$       | Kecepatan sudut                                    | 89  |
| t              | Waktu                                              | 89  |
| P              | Daya                                               | 91  |
| T              | Torsi                                              | 91  |
| k              | Konstanta pegas (N/m)                              | 93  |
| $\Delta_x$     | Pertambahan panjang pegas (m)                      | 93  |
| SD             | Standar Deviasi                                    | 109 |
| Jm             | Energi Impak Rata-Rata                             | 109 |
| n              | Jumlah Data                                        | 109 |
| SE             | Standar error                                      | 123 |