



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

## **MODIFIKASI ALAT UJI IMPACT CHARPY V-NOTCH**

**PROYEK AKHIR**

**DISUSUN OLEH :**

**FARADINDA ASSYFA LARASATI**

**40040221650024**

**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**

**FARADINDA ASSYFA LARASATI**

**40040221650024**

**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 : Faradinda Assyfa Larasati

NIM : 40040221650024

Tanda Tangan :



Tanggal : 16 Oktober 2025



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  
e-mail Vokasi@live.undip.ac.id

**SURAT TUGAS PROYEK AKHIR**

No. : 468/PA/RPM/V/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Faradinda Assyifa Larasati  
NIM : 40040221650024  
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

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 : Faradinda Assyifa Larasati  
NIM : 40040221650024  
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 seminar hasil pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik ( S.Tr.T ) Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



Dr. Drs. Wiji Mangestiyono, M.T.

NIP. 196102281986031002

Semarang, 22 Agustus 2025

Pengusul



Faradinda Assyifa Larasati

NIM. 40040221650024

## HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diusulkan oleh :

Nama : Faradinda Assyifa Larasati  
NIM : 40040221650024  
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 : Dr. Seno Darmanto,S.T.,M.T (  )  
Penguji III : Bambang Setyoko,S.T.,M.Eng (  )

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 : Faradinda Assyifa Larasati  
NIM : 40040221650024  
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



Faradinda Assyifa Larasati

## MOTTO

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

Yarfa‘illāhul-ladzīna āmanū minkum walladzīna ūtul-‘ilma darajāt.

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

( Q.S. Al-Mujadila;11 )

“ Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadi dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan.”

## 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. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. 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



Faradinda Assyfa Larasati

## **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 terpelempar, 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<br>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        |
| <b>BAB III METODOLOGI PROYEK AKHIR.....</b> |                                                          | <b>29</b> |
| 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<br>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 ( <b>M1</b> ) .....                   | 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         |
| <b>BAB IV</b>              | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                 | <b>101</b> |
| 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        |
| <b>BAB V</b>               | <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                 | <b>146</b> |
| 5.1                        | Kesimpulan .....                                  | 146        |
| 5.2                        | Saran.....                                        | 148        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b> |                                                   | <b>149</b> |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>LAMPIRAN.....</b>        | <b>151</b> |
| <b>DESAIN LAMPIRAN.....</b> | <b>151</b> |

## DAFTAR GAMBAR

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

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

## DAFTAR TABEL

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

## DAFTAR SIMBOL

| Simbol            | Keterangan                                       | Pertama kali<br>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 ( $\text{m/s}$ )                 | 27                                |
| $v_0^2$           | Kecepatan awal ( $\text{m/s}$ )                  | 27                                |
| $E_k$             | Energi kinetik (J)                               | 27                                |
| $v^2$             | Kecepatan benda ( $\text{m/s}$ )                 | 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 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era yang semakin maju ini kebutuhan konstruksi semakin meningkat terutama pada konstruksi dalam penggunaan logam sebagai bahan utamanya. Dimana sebelum desain tersebut dibuat nyata, material harus diuji terlebih dahulu, hal ini agar konstruksi dinyatakan aman untuk dioperasikan manusia. Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan suatu material. Oleh karena itu uji impak banyak dipakai dalam bidang menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material tersebut (Handoyo, 2013).

Beban kejut (*impact*) di implementasikan dalam kehidupan sehari-hari contohnya pada *airbag* dimobil yang menerima beban kejut dari tubuh pengemudi dan helm motor menerima beban kejut dari benturan saat terjadi kecelakaan yang berguna untuk melindungi kepala pengendara sehingga cedera bisa diminimalkan, paku menerima beban kejut saat dipukul, ban pada kendaraan bermotor menerima beban kejut dari permukaan jalan yang tidak rata, jalan berbatu, dan polisi tidur. Sementara baut roda atau *pitch circle diameter (PCD)* bisa menerima beban kejut pada sambungan antara velg dengan tromol rem yang terguncang atau terbentur saat mobil berjalan.

Pengujian impak (ketangguhan) adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan bahan terhadap adanya beban yang datang secara tiba-tiba (Huda, 2018). Urgensi kekuatan impak adalah untuk diterapkan pada komponen atau konstruksi yang bekerja menerima benturan seperti hammer mill, crusher, ball mill karena kepekaan terhadap patah getas adalah masalah besar pada konstruksi baja, bila patah getas ini terjadi pada baja dengan daya tahan rendah, patahan tersebut dapat merambat dengan kecepatan sampai 2000 mm /detik yang dapat menyebabkan kerusakan dalam waktu yang sangat singkat.

Alat uji impact merupakan alat/perangkat penting dalam dunia teknik material yang berfungsi untuk menguji ketangguhan (toughness) suatu material dengan memberikan pembebanan dinamis secara tiba-tiba. Pengujian ini terutama digunakan untuk mengukur kemampuan material dalam menyerap energi saat mengalami beban kejut, yang diukur dalam satuan Joule. Dalam industri manufaktur, alat uji impak berperan penting dalam *quality control* untuk memastikan material memenuhi spesifikasi ketangguhan yang dipersyaratkan, sekaligus membantu kegiatan *research and development* dalam menciptakan material baru dengan karakteristik impak yang lebih baik.

Untuk menilai ketahanan material terhadap patah getas perlu adanya pengujian yang juga mempertimbangkan faktor-faktor dinamis yang dapat mempengaruhi patah getas antara lain kecepatan regang, takik, tebal pelat,

tegangan sisa dan lain-lain (Y Andrianto, W Mangestiyono, B Setyoko, 2014). Ketangguhan (impak) merupakan ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impact dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impact merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba.

Kelemahan alat yang sudah ada mencakup tidak terdapat sistem pengereman, tidak terdapat sistem pengaman, sistem pembaca data hasil uji impact rusak sehingga tidak dapat di kalibrasi. Dengan adanya sistem pengereman, sistem pengaman, serta memperbaiki sistem pembaca data. maka, pengujian akan lebih aman, akurat, dan efisien serta memenuhi standar pengujian material yang berlaku.

Kalibrasi pada pengujian *impact charpy v-notch* sangat penting untuk memastikan akurasi dan keandalan hasil pengujian. Dengan pemeriksaan keseimbangan pendulum, pemeriksaan nol energi (*zero check*), kalibrasi sistem pembacaan energi dengan menggunakan metode beban mati (*Dead Weight Test*), pengujian dengan menggunakan spesimen standar. Untuk menampung hal-hal dinamika ini perlu pengujian dalam skala besar, baik jumlah maupun dimensinya. Tetapi dipandang dari sudut ekonomi hal ini tidak mungkin dilakukan. Karena itu, dibuat pengujian dalam skala kecil yang distandarkan yang disebut pengujian takik. Pengujian yang dilakukan dalam skala kecil pada umumnya adalah uji *impact Charpy*. Hasil dari

pengujian impak sendiri nantinya akan dapat diketahui tingkat kegetasan dan harga impak material. Berdasarkan kenyataan diatas, maka penulis akan melaksanakan penelitian sebagai Tugas Akhir dengan judul “**MODIFIKASI ALAT UJI IMPAK CHARPY V NOTCH.**”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang diatas, dapat diketahui bahwa salah satu hal yang dapat mengakibatkan kegetasan suatu material adalah ketidakmampuan bahan material untuk menyerap energi. Untuk itu, pengujian impak digunakan untuk mengukur ketangguhan suatu material. Maka perlu dibuatnya suatu alat uji impak dengan metode charpy yang sederhana dan efisien untuk mengatasi permasalahan ini. Dalam proses pembuatan alat ini muncul beberapa permasalahan yaitu :

1. Bagaimana cara membuat penunjukan ukuran yang benar pada mesin uji impak v-charpy?
2. Bagaimana proses pembuatan sistem pengaman?
3. Bagaimana proses pembuatan sistem pengereman?
4. Bagaimana unjuk kerja alat uji impak charpy ini?

## **1.3 Batasan Masalah**

Modifikasi mesin uji impak *charpy v notch* dibatasi pada hal hal berikut :

- a. Alat yang dirancang hanya untuk pengujian impak dengan metode *charpy v notch* dengan standar pengujian ASTM E-23 yang mengatur bentuk dan ukuran pada spesimen.

- b. Alat yang dirancang hanya untuk pengujian impak dengan metode *charpy v notch* dengan standar pengujian JIS B7722 yang mengatur pada bentuk pendulum, anvil dan pisau pemukul.
- c. Kapasitas dari spesimen benda uji lebih rendah daripada kapasitas alat uji impak sebesar 240 joule.
- d. Material yang diuji dibatasi pada logam tertentu ( Baja ST 37, Kuningan, *stainless steel* dan aluminium ).

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan teknis dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1. Memodifikasi alat sehingga dapat menunjukkan ukuran secara tepat.
- 2. Merancang dan mengembangkan sistem pengaman pada mesin uji *impact v-charpy*.
- 3. Menambahkan sistem pengereman pada alat uji *impact v-charpy*.
- 4. Menguji dan mengevaluasi unjuk kerja alat uji *impact v-charpy*.

#### **1.5 Luaran**

Luaran dari Proyek Akhir ini adalah :

- 1. Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Modifikasi Alat Uji Impact Charpy V-Notch”
- 2. *Prototype* alat uji *impact charpy v-notch*
- 3. HKI (Paten / Hak Cipta / Publikasi Jurnal Ilmiah)

#### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Laporan tugas akhir terbagi dalam bab-bab yang diuraikan secara terperinci. Adapun sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah

sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang masalah, alasan pemilihan judul, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas tentang dasar-dasar teori sistem perancangan.

## **BAB III DESAIN DAN METODOLOGI TUGAS AKHIR**

Membahas tentang desain Alat Uji Impak Metode *Charpy*, perhitungan biaya, metode pengambilan data atau pengujian alat, serta pengoperasian dan perawatan alat.

## **BAB IV JADWAL KEGIATAN DAN RAB**

Membahas tentang jadwal penyelesaian tugas akhir dan rancangan anggaran biaya untuk memodifikasi alat uji *impact charpy v notch*

## **BAB V PENUTUP**

Membahas tentang kesimpulan dan saran-saran dari hasil tugas akhir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Uji impak adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (rapid loading). Dalam pengujian mekanik terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan dan uji puntir adalah pengujian yang menggunakan beban statik. Sedangkan uji impak menggunakan jenis pembebanan dinamik. Pada pembebanan impak, Terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban ke spesimen. Proses penyerapan energi ini akan diubah dalam berbagai respon material seperti deformasi plastis, Efek Histerisis, Gesekan, dan Efek inersia.

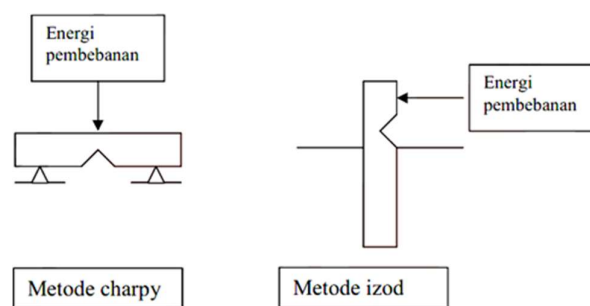
#### **2.1 Pengujian Impak**

Uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya (Dieter, George E, 1988). Uji ini akan mendeteksi perbedaan yang tidak diperoleh dari pengujian tegangan regangan. Hasil uji impak juga tidak dapat membaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji. Hasil yang diperoleh dari pengujian impak ini, juga tidak ada persetujuan secara umum mengenai interpretasi atau pemanfaatannya.

Sejumlah uji impak batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak metode

Charpy dan metode Izod. Metode charpy banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode izod lebih sering digunakan di sebagian besar dataran Eropa (Y Andrianto, W Mangestiyono, B Setyoko, 2014). Batang uji metode charpy memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x 10 mm, takik berbentuk V. Proses pembebanan uji impak pada metode charpy dan metode izod dengan sudut  $45^\circ$ , kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm.

Batang uji charpy kemudian diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan  $\pm 5$  m/s). Batang uji diberi energi untuk melengkung sampai kemudian patah pada laju regangan yang tinggi hingga orde  $10^3$ s<sup>-1</sup>. Batang uji izod, lebih banyak dipergunakan saat ini, memiliki luas penampang berbeda dan takik berbentuk v yang lebih dekat pada ujung batang. Dua metode ini juga memiliki perbedaan pada proses pembebanan. (Dieter, George E., 1988).



**Gambar 2. 1** Pembebanan metode charpy dan izod  
(Salurapa, Elvys, 2020)

### 2.1.1 Sejarah Pengujian Impak Metode Charpy

Publikasi awal pada pembebanan pada bahan adalah sebuah pendapat

teoritis oleh Tredgold pada tahun 1824 pada kemampuan besi cor untuk menahan tekanan. Kendala yang dihadapi di lapangan mengakibatkan beberapa peneliti berspekulasi bahwa beban yang terkena dampak impact berbeda dari beban statis. Banyak percobaan dengan uji impact dilakukan pada produk-produk tertentu, seperti pipa atau as roda. Percobaan tersebut menjadi acuan dasar untuk pengujian impact yang berbeda untuk jenis bahan konstruksi [5].

Dalam makalah Russell yang diterbitkan pada tahun 1897 di *American Society of Civil Engineers* dipaparkan beberapa percobaan dengan mesin baru untuk pengujian bahan dengan impact. Mesin ini digunakan untuk mengetahui penyerapan energi saat dilakukan uji impact, untuk itu, diperlukan alat uji dalam bentuk pendulum yang diatur sedemikian rupa yang dilepaskan dari posisi kesetimbangan. Saat dilepaskan dari posisi *vertikal*, pendulum tersebut memotong batang uji dan kemudian naik bebas karena pengaruh kecepatan.

Pada tahun 1905, Charpy telah mengusulkan desain mesin dan literatur berisi referensi pertama untuk uji dan metode Charpy. Dia terus mengembangkan penelitian ini sampai dengan tahun 1914. Sejumlah prosedur juga sedang diteliti pada saat itu. Pada tahun 1907, *German Association for Testing Material* diadopsi dan dikembangkan oleh Ehrensberger. Selanjutnya dilakukan pengembangan oleh produsen dengan menawarkan tiga jenis utama: *Drop Weight*, *Pendulum Impact* ( *Amsler*, *Charpy*, *Dow*, *Izod*, dan *Olsen*), dan *Flywheel* (*Guillery*).

## 2.2 Pengujian Impak Metode Charpy

Pengujian impak Charpy (juga dikenal sebagai tes *Charpy V-Notch*) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan (F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012). Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak digunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk dipersiapkan dan dilakukan. Kemudian hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah.

Tes ini dikembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Perancis Georges Charpy. Pengujian ini penting dilakukan dalam memahami masalah patahan kapal selama Perang Dunia II. Metode pengujian material ini sekarang digunakan di banyak industri untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan kapal, jembatan, dan untuk menentukan bagaimana keadaan alam (badai, gempa bumi, dan sebagainya) akan mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri. Tujuan uji impact charpy adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (spesimen) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik.

Dimana benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut. Percobaan uji impact charpy

dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar ASTM E23. Adapun perlengkapan yang digunakan dalam pengujian impact yaitu alat uji impact tipe charpy dan benda uji.

### **2.3 Mesin Uji Impact**

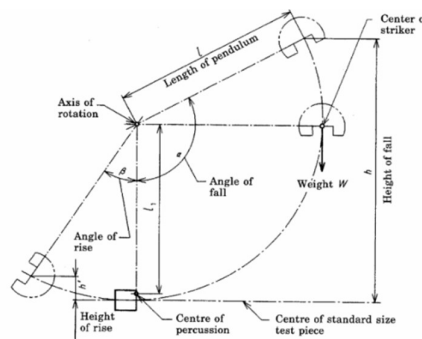
Mesin uji bentur (impact) yang digunakan untuk mengetahui harga impact suatu bahan yang diakibatkan oleh gaya kejut pada bahan uji tersebut (F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012). Tipe dan bentuk konstruksi mesin uji bentur beranekaragam mulai dari jenis konvensional sampai dengan sistem digital yang lebih maju. Dalam pembebanan statis dapat juga terjadi laju deformasi yang tinggi kalau bahan diberi takikan, maka tajam takikan makin besar deformasi yang terkonsentrasikan pada takikan, yang memungkinkan meningkatkan laju regangan beberapa kali lipat. Patah getas menjadi permasalahan penting pada baja dan besi.

Pengujian impact charpy banyak dipergunakan untuk menentukan kualitas bahan. Benda uji takikan berbentuk V yang mempunyai keadaan takikan 2 mm banyak dipakai. Permukaan benda uji pada impact charpy dikerjakan halus pada semua permukaan. Takikan dibuat dengan mesin freis atau alat notch khusus takik. Semua dikerjakan menurut standar yang ditetapkan. Pada pengujian adalah suatu bahan uji yang ditakikan, dipukul oleh pendulum (godam) yang mengayun. Dengan pengujian ini dapat diketahui sifat kegetasan suatu bahan.

Cara ini dapat dilakukan dengan cara charpy. Pada pengujian kegetasan bahan dengan cara impact charpy, pendulum diarahkan pada bagian belakang takik dari batang uji. Sedangkan pada pengujian impact cara izod adalah pukulan pukulan pendulum diarahkan pada jarak 22 mm dari penjepit dan takikannya menghadap pendulum..

### 2.3.1 Standar JIS-B7722

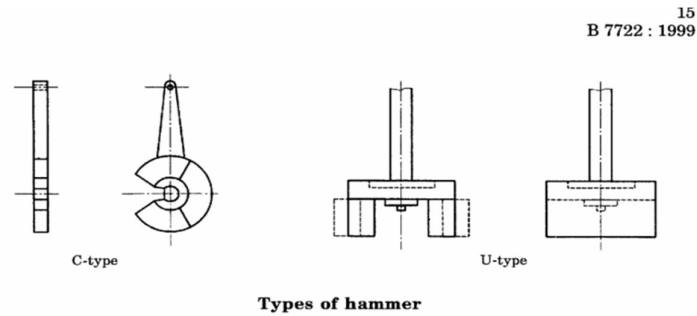
Standar yang digunakan pada pengujian impak adalah standar JIS-B7722 yaitu standar uji yang ditetapkan oleh standar Jepang. Standar JIS-B7722 mendeskripsikan penentuan energi potensial pada pengujian impak. Standar ini juga digunakan untuk memverifikasi dan kalibrasi mesin atau alat uji impak. Menurut standar JIS B 7722, batas maksimum standar error yang diizinkan adalah 4%.



**Gambar 2. 2** Penentuan energi potensial awal  
(Salurapa, Elvys, 2020)

### 2.3.2 Spesifikasi JIS-B7722

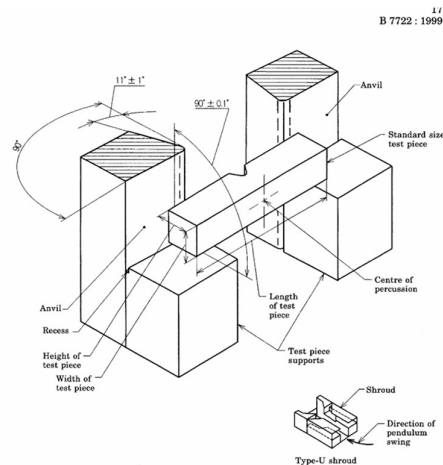
Spesifikasi JIS-B7722 untuk menentukan bentuk dan tipe pendulum, spesifikasi anvil, dan spesifikasi pisau pemukul.



**Gambar 2. 3** Tipe pendulum

( Sumber : Japanese Standards Association. (1999). JIS B 7722: Charpy pendulum impact test- Verification of testing machines (p.15). Japanese Standards Association )

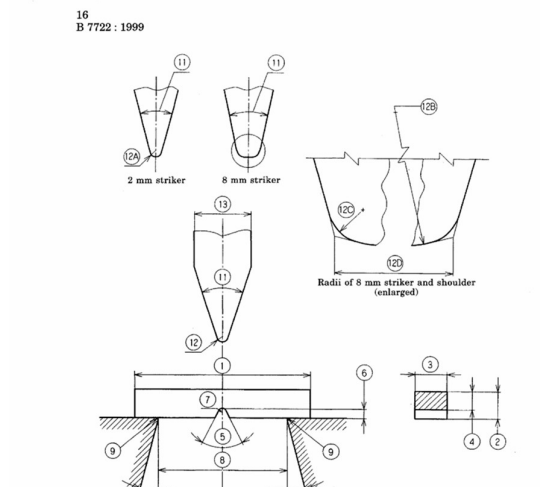
Tipe pendulum menurut standar JIS-B7722 mengacu pada dua tipe, yaitu tipe C dan tipe U. Pendulum tipe C dapat dilihat pada gambar di atas, dimana bentuk pendulum membentuk huruf C dengan letak pisau pemukul (*knife*) berada di dalam cekungan. Sedangkan pendulum tipe U dapat dilihat pada gambar di atas, dimana bentuk pendulum membentuk huruf U dengan letak pisau pemukul (*knife*) berada di dalam.



**Gambar 2. 4 Anvil**

( Sumber : Japanese Standards Association. (1999). JIS B 7722: Charpy pendulum impact test- Verification of testing machines (p.17). Japanese Standards Association )

Spesifikasi anvil menurut standar JIS-B7722 memiliki ketentuan jarak antar anvil adalah 4 mm, dengan sudut lancip 11 derajat.



**Gambar 2. 5 Tipe pisau pemukul**

( Sumber : Japanese Standards Association. (1999). JIS B 7722: Charpy pendulum impact test- Verification of testing machines (p.16). Japanese Standards Association )

Spesifikasi pisau pemukul menurut standar JIS-B7722 seperti gambar di atas, memiliki dua tipe, yaitu tipe mata pemukul 2 mm

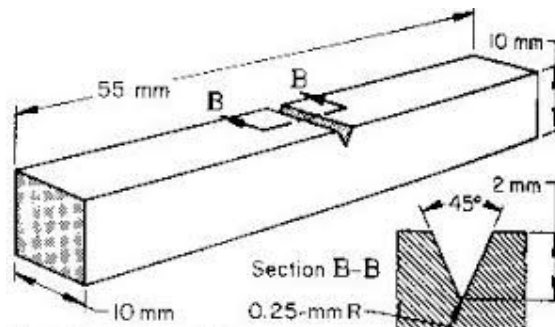
dan tipe mata pemukul 8 mm dengan persamaan ukuran sudut pemukulnya adalah 30 derajat.

### 2.3.3 Standar ASTM E-23

Standar yang digunakan pada pengujian impak adalah standar ASTM E-23 yaitu standar uji yang ditetapkan oleh standar Amerika. Standar ini digunakan untuk mengetahui nilai E (Energi yang diserap) dan HI (Harga Impak).

### 2.3.4 Spesifikasi ASTM E-23

Spesifikasi ASTM E-23 mempunyai panjang spesimen 55 mm, dan lebar spesimen 10 mm serta tebal spesimen 10 mm, dengan takik berbentuk V dengan sudut  $45^\circ$  dan kedalaman 2 mm.



**Gambar 2. 6** Spesimen standar ASTM E-23  
(Mufti, M. A. A., Budiarto, U., & Hadi, E. S. 2023)

## 2.4 Mekanisme Alat Uji Impak Charpy

### 2.4.1 Gaya Impak

Gaya impak didefinisikan sebagai gaya yang bekerja dalam waktu sangat singkat ketika terjadi tumbukan atau pembebanan secara tiba-tiba antara dua atau lebih benda (Beer, F. P., Johnston, E. R, 2015). Berbeda dengan gaya statis yang bekerja secara konstan dan perlahan, gaya impact muncul secara mendadak dengan intensitas tinggi dalam durasi yang sangat pendek, biasanya dalam hitungan milidetik hingga mikrodetik. Karakteristik utama gaya impak terletak pada kemampuannya untuk menyebabkan perubahan momentum yang signifikan dalam selang waktu yang singkat, yang menghasilkan nilai gaya yang jauh lebih besar dibandingkan dengan gaya statis untuk kondisi pembebanan yang setara. Formula untuk menentukan besarnya gaya impak yang terjadi sebagai berikut :

$$F_{impak} = m \cdot a \quad (2.1)$$

(Sumber : F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012)

Dimana,

$F_{impak}$  = Gaya impak yang terjadi

$m$  = Massa pendulum

$a$  = Kecepatan ayun pendulum

### 2.4.2 Energi Potensial

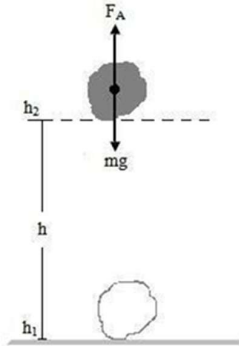
Energi potensial adalah energi yang dimiliki suatu benda akibat adanya pengaruh tempat atau kedudukan dari benda tersebut.

Energi potensial disebut juga dengan energi diam karena benda itu mengalami perubahan energi potensial menjadi energi gerak. Contoh yang paling umum dari energi potensial adalah energi potensial gravitasi. Energi potensial gravitasi dimiliki benda karena posisi relatifnya terhadap bumi. Setiap benda yang memiliki energi potensial gravitasi dapat melakukan kerja apabila benda tersebut bergerak menuju permukaan bumi.

Jika  $F_A$  adalah gaya angkat dan  $S$  adalah perpindahan benda, maka dapat ditarik persamaan sebagai berikut :

Benda yang dalam keadaan diam dapat memiliki energi. ( Sears, Zemansky, 1997).

Jika benda tersebut bergerak, maka  $W = F_A \cdot S$



**Gambar 2. 7** Gaya angkat ( $F_A$ ) dan perpindahan benda ( $h$ )  
(Salurapa, Elvys, 2020)

$F_A$  di atas adalah gaya angkat untuk mengangkat benda sampai pada ketinggian  $h_2$ , kemudian  $mg$  adalah berat benda itu sendiri. ( Sears, Zemansky, 1997). Dari sini dapat ditarik persamaan baru yaitu:

$$E_{pt} = E_{p2} - E_{p1} \quad (2.2)$$

$$E_{pt} = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1$$

(Sumber : F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012)

Besarnya  $h_1$  adalah 0 (nol), karena  $h_1$  merupakan titik acuan yang umumnya merupakan acuan dari permukaan tanah yang arahnya vertikal terhadap tanah.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

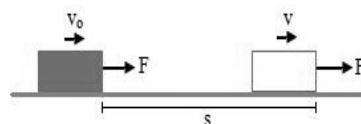
(Sumber : F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012)

### 2.4.3 Energi Kinetis

Energi kinetis atau energi gerak (juga disebut energi kinetik) adalah energi yang dimiliki oleh sebuah benda karena gerakannya. Energi kinetis sebuah benda didefinisikan sebagai usaha yang dibutuhkan untuk menggerakkan sebuah benda dengan massa tertentu dari keadaan diam hingga mencapai kecepatan tertentu. Energi kinetik berkaitan dengan gerak benda pada vektor horizontal (F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012).

Setiap benda yang bergerak translasi memiliki energi kinetik. Agar benda dipercepat beraturan sampai bergerak dengan laju  $v$  maka pada benda Tersebut harus diberikan gaya total yang onstan dan searah dengan arah gerak dan benda sejauh  $s$ . (Sears, Zemansky, 1997).

Kemudian besar gaya dinyatakan :



**Gambar 2. 8** Energi kinetis

(Salurapa, Elvys, 2020)

$$F = m \cdot a \quad (2.3)$$

(Sumber : F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012)

Karena benda memiliki laju awal  $v_o$  , laju akhir  $v_t$  dan bergerak sejauh  $s$ , maka untuk menghitung nilai percepatan ( Sears, Zemansky, F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012):

$$v_t^2 = v_o^2 + 2 \cdot a \cdot s \quad (2.4)$$

$$a = \frac{v_t^2 - v_o^2}{2 \cdot s}$$

Kemudian persamaan disubstitusikan untuk menentukan besarnya usaha yang dibutuhkan, ( Sears, Zemansky, F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012)) :

$$W = F \cdot s = m \cdot a \cdot s = m \left( \frac{v_t^2 - v_o^2}{2 \cdot s} \right) s \quad (2.5)$$

$$W = m \left( \frac{v_t^2 - v_o^2}{2 \cdot s} \right)$$

Dalam mekanika klasik, energi kinetik dari sebuah titik objek (objek yang sangat kecil sehingga massanya dapat diasumsikan di sebuah titik), atau juga benda diam , ( Sears, Zemansky, 1997 ). Maka digunakan persamaan :

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (2.6)$$

(Sumber : F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012)

#### 2.4.4 Energi Mekanis

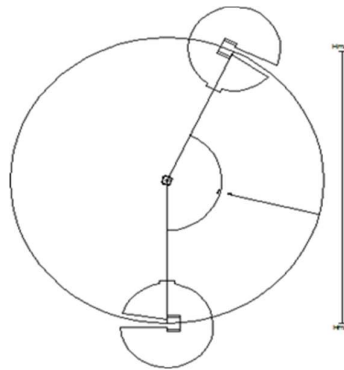
Bunyi dari hukum kekekalan energi yaitu Energi tidak dapat

diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan. Jadi perubahan bentuk suatu energi dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain tidak merubah jumlah atau besar energi secara keseluruhan. (Sears, Zemansky, 1997). Rumus atau persamaan mekanik berhubungan dengan hukum kekekalan energi :

$$E_M = E_P + E_K \quad (2.7)$$

(Sumber : F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, 2012)

Mengikuti persamaan di atas, besarnya energi mekanik adalah konstan, karena massa bandul tidak berubah. Pada posisi tertinggi atau dengan kata lain saat sudut bandul terbesar, energi potensial mempunyai nilai terbesar. Namun energi kinetiknya sama dengan nol. Hal ini dianggap saat bandul mempunyai ketinggian maksimum, bandul mempunyai kecepatan sama dengan nol. Saat bandul tidak mempunyai ketinggian sama sekali, disitu energi kinetik bandul terbesar.



**Gambar 2. 9** Energi mekanis  
(Salurapa, Elvys, 2020)

$$H_{max}:$$

$$E_M$$

$$= E_P + E_K$$

$$E_M =$$

$$E_{p_{max}} + 0$$

$$H_{min}:$$

$$E_M = E_P + E_K \quad (2.8)$$

(Sumber : F Ismail, W Mangestiyono, B Setyoko, )

#### 2.4.5 Tegangan Impak

Tegangan impak dapat didefinisikan sebagai tegangan yang timbul dalam material ketika menerima pembebanan secara tiba-tiba dalam waktu yang sangat singkat, biasanya dalam orde milidetik hingga mikrodetik (Dieter, George E., 1988).

Ketika suatu benda mengalami tumbukan, energi kinetik akan diubah menjadi energi deformasi yang menghasilkan gelombang *stress* yang merambat melalui material. Untuk menentukan besarnya nilai tegangan impak pada spesimen uji dapat diformulakan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{F_{impak}}{A} \quad (2.9)$$

(Sumber : Dieter, George E., 1988).

Dimana,

$\tau$  = Tegangan impak

$F_{impak}$  = Gaya Impak yang terjadi

$A$  = Luas penampang (spesimen)

## 2.4.6 Energi Gesekan

### 2.4.4.1 Energi Gesek Poros dengan Bearing ( $E_{Friction}$ )

#### 1. Rumus Dasar Energi Gesek pada Bearing

$$E_{Friction} = \tau_{Friction} \times \theta \quad (2.10)$$

Keterangan :

$\tau_{Friction}$  = Torsi gesek (Nm).

$\theta$  = Sudut rotasi total (dalam radian).

#### 2. Rumus torsi gesek :

$$E_{Friction} = \mu \times N \times r \quad (2.11)$$

Keterangan:

$\mu$  = Koefisien gesek kinetis antara poros dan bearing (bergantung material)

$N$  = Gaya normal (N) yang bekerja pada poros (setara dengan berat pendulum + beban dinamis)

$r$  = Radius poros

Penjelasan Parameter:

#### 1. Koefisien Gesek ( $\mu$ )

- Untuk poros baja dan bearing peluru (ball bearing):  $\mu \approx 0.001 - 0.005$
- Untuk poros baja dan bearing peluru (ball bearing):  
 $\mu \approx 0.001 - 0.005$
- Nilai pasti tergantung pelumasan dan kekasaran permukaan.

## 2. Gaya Normal ( $N$ )

$$N = m \times g \times \cos(\theta) + F_{centripetal} \quad (2.12)$$

Keterangan :

$m$  = massa pendulum (kg)

$g$  = Radius poros

$\theta$  = sudut ayunan pendulum ( $^\circ$ )

$F_{centripetal}$  = Gaya sentripetal akibat rotasi poros (jika ada).

### 2.4.4.2 Energi Gesek Pengereman (E brake)

#### 1. Rumus Dasar Energi Gesek Pengereman

Energi gesek antara pendulum dan belt kanvas dihitung dengan:

$$E_{Friction} = F_{Friction} \times d \quad (2.13)$$

Atau dalam sistem rotasi:

$$E_{Friction} = \tau_{Friction} \times \theta \quad (2.14)$$

Keterangan:

$F_{Friction}$  = Gaya gesek (N).

$d$  = Jarak gesek (m).

$\tau_{Friction}$  = Torsi gesek (Nm).

$\theta$  = Sudut rotasi selama pengereman (rad).

#### 2. Menghitung Gaya Gesek

Gaya gesek antara belt kanvas dan pendulum tergantung pada:

$\mu$  = Koefisien gesek kinetis antara belt kanvas dan permukaan pendulum. Untuk kanvas vs logam:  $\mu \approx 0.3-0.5$   $\mu \approx 0.3-0.5$  (tergantung kekasaran dan pelumasan).

$N$  = Gaya Normal (N)