

**SKRIPSI**

**ANALISIS KEKUATAN IMPAK SPESIMEN BERBAHAN  
ALUMINIUM PADUAN DENGAN VARIASI KONDISI  
IMPAKTOR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
BERBASIS SOFTWARE ABAQUS**



**OLEH :**

**ELVYS SALURAPA**

**D21115519**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2020**

**SKRIPSI**

**ANALISIS KEKUATAN IMPAK SPESIMEN BERBAHAN  
ALUMINIUM PADUAN DENGAN VARIASI KONDISI  
IMPAKTOR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
BERBASIS SOFTWARE ABAQUS**

**OLEH :**

**ELVYS SALURAPA**

**D21115519**

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan Mengikuti Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL :

**ANALISIS KEKUATAN IMPAK SPESIMEN BERBAHAN  
ALUMINIUM PADUAN DENGAN VARIASI KONDISI  
IMPAKTOR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA  
BERBASIS SOFTWARE ABAQUS**

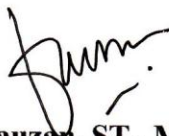
OLEH :

**ELVYS SALURAPA**

**D211 15 519**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



**Fauzan, ST., MT., Ph.D**

**NIP. 19770103 200801 1 009**

Dosen Pembimbing II



**Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT**

**NIP. 19570914 198703 1 001**

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT**

**NIP. 19720825 200003 1 001**

## ABSTRAK

Jenis material/bahan merupakan salah satu kebutuhan yang mendasar untuk suatu konstruksi. Dengan berbagai macam kebutuhan sifat mekanik yang dibutuhkan oleh suatu material ialah berbeda-beda. Uji impak charpy merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan, ketangguhan serta keuletan suatu material. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kekuatan impak dan tegangan dengan variasi kecepatan impaktor, takikan pada spesimen, dan massa impaktor dengan menggunakan metode simulasi *software* ABAQUS CAE. Model yang digunakan yaitu berbentuk balok dengan variasi takikan. Dari hasil simulasi, nilai tegangan dan kekuatan impak yang didapatkan sangat bervariasi yaitu tegangan maksimum takikan v adalah 369,7 MPa pada kecepatan impaktor 3 m/s dan massa impaktor 2 kg, tegangan maksimum takikan u adalah 371,9 MPa pada kecepatan impaktor 3 m/s dan massa impaktor 1,5 kg, tegangan maksimum takikan lubang kunci adalah 370,8 MPa pada kecepatan Impaktor 3 m/s dan massa impaktor 2 kg. Kekuatan impak maksimum pada masing-masing takikan adalah pada takikan v memiliki kekuatan impak maksimum  $0,112394125 J/mm^2$  pada kecepatan impaktor 3 m/s dan massa impaktor 2 kg, pada takikan u memiliki kekuatan impak maksimum  $0,179825 J/mm^2$  pada kecepatan 3 m/s dan massa 2 kg, pada takikan lubang kunci memiliki kekuatan impak maksimum  $0,1798358 J/mm^2$  pada kecepatan impaktor 3 m/s dan massa impaktor 2 kg. Dengan demikian model yang paling sulit patah yaitu model dengan takikan lubang kunci dengan nilai kekuatan impak  $0,1798358 J/mm^2$ .

Kata kunci: Kekuatan impak, Tegangan, Takikan, Kecepatan impaktor, Abaqus CAE.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya bagi Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan kasih setia yang diberikan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun tujuan dalam penulisan Tugas Akhir ini yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari Departemen Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin.

Suatu kebanggaan tersendiri jika Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang signifikan, baik untuk penulis maupun pembaca. Demikianlah kata pengantar yang dapat penulis sampaikan. Penulis sangat mengharapkan masukan-masukan dari pembaca yang bersifat membangun untuk penulis jadikan rujukan selanjutnya. Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus karena atas segala berkat dan pernyataanNya, penulis masih diberikan kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua saya yakni Daniel Salurapa dan Evy Tendengan yang telah memberikan dorongan baik secara moril maupun materil.
3. Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
4. Dr.Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Fauzan, ST., MT., Ph.D selaku Pembimbing I dan Dr. Ir. H.Ilyas Renreng, MT selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan, meluangkan waktu di tengah kesibukan selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini dan juga selalu memberikan semangat selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir.
7. Ir. Thomas Tjandinegara, MSME dan Ir. Mukhtar Rahman., MT selaku penguji skripsi yang memberikan masukan untuk penyempurnaan penulisan.

8. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2015 (HYDRAULIC 2015) yang telah memberi bantuan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir penulis.
9. Teman-teman SC Lale, Pa' Pia Lantang dan Persekutuan Sehat yang telah menjadi teman seperjuangan selama menempuh perkuliahan dan membantu dalam segala hal khususnya dalam berjualan di parkiran untuk Kemroh yang lebih baik.
10. Teman-teman IKASKIBAR Makassar yang telah bersama-sama memberikan warna dan cerita baru di luar dari bangku perkuliahan.
11. Reka Regina yang selalu menemani dan mendukung dalam pembuatan tugas akhir ini.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua.

Makassar 25 Juli 2020

**Elvys Salurapa**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
NOMENKLATUR.....	xiii
BAB 1 .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II .....	4
TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Uji Impak .....	4
2.2 Pengujian Impak Metode Charpy.....	6
2.3 Energi Potensial.....	7
2.4 Energi Kinetik .....	8
2.5 Energi Mekanik .....	10
2.6 Spesimen.....	12
2.7 Jenis-Jenis Takikan .....	12
2.8 Metode Elemen Hingga.....	14
2.8.1 Istilah dalam Metode Elemen Hingga.....	14
2.9 <i>Software</i> Abaqus CAE.....	18
2.9.1 Tahapan Menjalankan Program ABAQUS .....	19
2.9.2 Komponen pada Windows Utama ABAQUS.....	21

<b>BAB III</b> .....	<b>23</b>
<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2 Alat Yang Digunakan</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3 Metode Penelitian</b> .....	<b>25</b>
<b>3.4 Spesifikasi Benda Uji</b> .....	<b>25</b>
<b>3.5 Langkah Kerja</b> .....	<b>26</b>
<b>3.6 Langkah Pembuatan Model</b> .....	<b>26</b>
<b>3.7 Jadwal Penelitian</b> .....	<b>35</b>
<b>3.8. Diagram Alir Penelitian</b> .....	<b>36</b>
<b>BAB IV</b> .....	<b>37</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>37</b>
<b>4.1 Hasil Uji Tarik</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2 Penentuan Nilai Tegangan Dan Kekuatan Impak</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2.1 Takikan V</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2.2 Takikan U</b> .....	<b>49</b>
<b>4.2.3 Takikan Lubang Kunci</b> .....	<b>61</b>
<b>4.3 Analisis Model Elemen Hingga</b> .....	<b>73</b>
<b>4.3.1 Takikan V</b> .....	<b>73</b>
<b>4.3.2 Takikan U</b> .....	<b>75</b>
<b>4.3.3 Takikan Lubang Kunci</b> .....	<b>76</b>
<b>4.4 Membandingkan Perhitungan Kekuatan Impak Simulasi Dan Eksperimen</b> ..	<b>78</b>
<b>BAB V</b> .....	<b>79</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>79</b>
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	<b>79</b>
<b>5.2 Saran</b> .....	<b>79</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>82</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Penelitian.....	35
<b>Tabel Kekuatan Impak Pada Jurnal Rujukan.....</b>	<b>82</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Pembebanan Metode Charpy dan Metode Izod</i>	5
<b>Gambar 2.2</b>	<i>Gaya Angkat (<math>F_A</math>) dan Perpindahan Benda (<math>h</math>)</i>	7
<b>Gambar 2.3</b>	<i>Energi Kinetis</i>	9
<b>Gambar 2.4</b>	<i>Energi Mekanik</i>	11
<b>Gambar 2.5</b>	<i>Arah Beban Impak Charpy</i>	12
<b>Gambar 2.6</b>	<i>Tahapan menjalankan program Abaqus</i>	19
<b>Gambar 2.7</b>	<i>Komponen pada windows utama program ABAQUS (Sumber : ABAQUS handout)</i>	21
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Abaqus CAE</i>	23
<b>Gambar 3.2</b>	<i>Alat Uji Tarik</i>	24
<b>Gambar 3.3</b>	<i>Spesimen sesuai standar ASTM E8</i>	24
<b>Gambar 3.4</b>	<i>Desain Benda Uji</i>	25
<b>Gambar 3.5</b>	<i>Pembuatan Part</i>	26
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Spesifikasi part spesimen dan part impactor</i>	27
<b>Gambar 3.7</b>	<i>Part Spesimen Dan Part Impaktor</i>	28
<b>Gambar 3.8</b>	<i>Model Setelah Diinput Material</i>	29
<b>Gambar 3.9</b>	<i>Model Setelah Di Gabung</i>	29
<b>Gambar 3.10</b>	<i>Tampilan Local Seed Pada Abaqus CAE</i>	30
<b>Gambar 3.11</b>	<i>Model Setelah Di Mesh</i>	31
<b>Gambar 3.12</b>	<i>Tampilan Panel Interaction Pada Abaqus CAE</i>	32
<b>Gambar 3.13</b>	<i>Tampilan Predefined Field Panel Pada Abaqus CAE</i>	33
<b>Gambar 3.14</b>	<i>Model Setelah Di Running</i>	34
<b>Gambar 3.15</b>	<i>Tampilan Plot Impak Pada Abaqus CAE</i>	35
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Kurva Hasil Uji Tarik</i>	37
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Takikan V</i>	38
<b>Gambar 4.3</b>	<i>Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg</i>	38

<b>Gambar 4.4</b> Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	39
<b>Gambar 4.5</b> Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	39
<b>Gambar 4.6</b> Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	40
<b>Gambar 4.7</b> Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	40
<b>Gambar 4.8</b> Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	41
<b>Gambar 4.9</b> Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	41
<b>Gambar 4.10</b> Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	42
<b>Gambar 4.11</b> Tegangan pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	42
<b>Gambar 4.12</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	43
<b>Gambar 4.13</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	44
<b>Gambar 4.14</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	44
<b>Gambar 4.15</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	45
<b>Gambar 4.16</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	46
<b>Gambar 4.17</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	47
<b>Gambar 4.18</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	47

<b>Gambar 4.19</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	48
<b>Gambar 4.20</b> Energi Total Pada Model Takikan V Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	49
<b>Gambar 4.21</b> Takikan U .....	50
<b>Gambar 4.22</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	50
<b>Gambar 4.23</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	51
<b>Gambar 4.24</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	51
<b>Gambar 4.25</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	52
<b>Gambar 4.26</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	52
<b>Gambar 4.27</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	53
<b>Gambar 4.28</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	53
<b>Gambar 4.29</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	54
<b>Gambar 4.30</b> Tegangan pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	54
<b>Gambar 4.31</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	55
<b>Gambar 4.32</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	56
<b>Gambar 4.33</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	56

<b>Gambar 4.34</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	57
<b>Gambar 4.35</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	58
<b>Gambar 4.36</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	59
<b>Gambar 4.37</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	59
<b>Gambar 4.38</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	60
<b>Gambar 4.39</b> Energi Total Pada Model Takikan U Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	61
<b>Gambar 4.40</b> Takikan Lubang Kunci .....	62
<b>Gambar 4.41</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	62
<b>Gambar 4.42</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	63
<b>Gambar 4.43</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	63
<b>Gambar 4.44</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	64
<b>Gambar 4.45</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	64
<b>Gambar 4.46</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	65
<b>Gambar 4.47</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	65
<b>Gambar 4.48</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	66

<b>Gambar 4.49</b> Tegangan pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	66
<b>Gambar 4.50</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	67
<b>Gambar 4.51</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	68
<b>Gambar 4.52</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	68
<b>Gambar 4.53</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	69
<b>Gambar 4.54</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	70
<b>Gambar 4.55</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 2,5 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	71
<b>Gambar 4.56</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1 Kg .....	71
<b>Gambar 4.57</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 1,5 Kg .....	72
<b>Gambar 4.58</b> Energi Total Pada Model Takikan Lubang Kunci Dengan Kecepatan Impaktor 3 m/s Dan Massa Impaktor 2 Kg .....	73
<b>Gambar 4.59</b> Tegangan maksimum Takikan v .....	74
<b>Gambar 4.60</b> Kekuatan Impak takikan v .....	75
<b>Gambar 4.61</b> Tegangan maksimum Takikan u .....	75
<b>Gambar 4.62</b> Kekuatan Impak Takikan U .....	76
<b>Gambar 4.63</b> Tegangan Maksimum Lubang Kunci .....	77
<b>Gambar 4.64</b> Kekuatan Impak Takikan Lubang Kunci .....	77

## NOMENKLATUR

<b>Notasi</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
<i>L</i>	Panjang Spesimen	<i>mm</i>
<i>W</i>	Lebar spesimen	<i>mm</i>
<i>T</i>	Tebal spesimen	<i>mm</i>
<i>h</i>	Luas Proyeksi Takikan	<i>mm</i>
<i>P</i>	Besar Beban Yang Diterima	<i>kg</i>
$\rho$	Densitas	<i>kg/m<sup>2</sup></i>
<i>E</i>	Modulus Elastisitas	<i>MPa</i>
$\sigma$	Tegangan	<i>MPa</i>
$\varepsilon$	Regangan	<i>mm</i>
<i>v</i>	Kecepatan	<i>m/s</i>
<i>K</i>	Harga Impak	<i>J/mm<sup>2</sup></i>
<i>F</i>	Gaya	<i>N</i>
<i>EK</i>	Energi Kinetik	<i>J</i>
<i>EP</i>	Energi Potensial	<i>J</i>
<i>EM</i>	Energi Mekanik	<i>J</i>

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Konstruksi merupakan suatu kegiatan membangun sarana maupun prasarana. Sebuah konstruksi juga dikenal sebagai bangunan atau satuan infrastruktur pada sebuah area atau beberapa area. Secara ringkas konstruksi didefinisikan sebagai objek keseluruhan bangunan yang terdiri dari bagian-bagian struktur, contohnya konstruksi jalan raya, konstruksi jembatan, konstruksi kapal, dan lain-lain. Di Indonesia kebutuhan konstruksi semakin meningkat, terutama pada konstruksi dalam penggunaan logam sebagai material utamanya.

Jenis material/bahan merupakan salah satu kebutuhan yang mendasar untuk suatu konstruksi. Dengan berbagai macam kebutuhan sifat mekanik yang dibutuhkan oleh suatu material ialah berbeda-beda. Sifat mekanik tersebut meliputi kekerasan, keuletan, kekuatan, ketangguhan, kekakuan, kelelahan. Dengan sifat material yang berbeda-beda maka banyak metode yang dapat digunakan untuk menguji sifat mekanik yang dimiliki suatu material. Uji impak merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan, ketangguhan serta keuletan suatu material.

Untuk menilai ketahanan material terhadap patah getas perlu adanya pengujian serta mempertimbangkan faktor-faktor dinamis yang dapat mempengaruhi patah getas antara lain kecepatan impaktor, takik, tebal plat, massa impaktor, dan lain-lain. Ketangguhan (impak) merupakan ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impak dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering di temui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba.



Maka pada penelitian ini penulis akan melakukan pengujian dalam skala kecil yang distandarkan yang disebut pengujian takik. Pengujian yang dilakukan pada skala kecil pada umumnya adalah pengujian impak charpy untuk menentukan nilai kekuatan spesimen dengan variasi kecepatan impaktor, takikan, dan massa impaktor dengan menggunakan metode simulasi *software* ABAQUS CAE.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang akan di angkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menentukan tegangan aluminium paduan dengan variasi takikan, massa impaktor, dan kecepatan impaktor?
2. Bagaiman menganalisis kekuatan impak aluminium dengan variasi takikan, massa impaktor, dan kecepatan impaktor?
3. Bagaimana cara memvalidasi uji komputasi dan uji eksperimen?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menentukan tegangan aluminium paduan dengan variasi takikan, massa impaktor, dan kecepatan impaktor dengan simulasi komputer.
2. Menganalisis kekuatan impak aluminium dengan variasi takikan, massa impaktor, dan kecepatan impaktor dengan simulasi komputer.
3. Memvalidasi hasil uji komputasi dengan uji eksperimen.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material spesimen yang digunakan adalah Aluminium paduan seri 7075
2. Variasi kecepatan Impaktor yang digunakan adalah  $2\ m/s$ ,  $2.5\ m/s$  dan  $3\ m/s$  (Sesuai standar)
3. Variasi massa impaktor yang digunakan adalah 1 kg, 1.5 kg, dan 2 kg
4. Variasi takikan pada spesimen yang digunakan adalah takikan v, takikan u dan takikan lubang kunci
5. Alat pengujian yang digunakan adalah alat uji tarik serial 17111

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa

Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi dan mendapat gelar ST (Sarjana Teknik) di Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Akademik

Sebagai bahan referensi bagi generasi-generasi Teknik Mesin yang akan datang dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

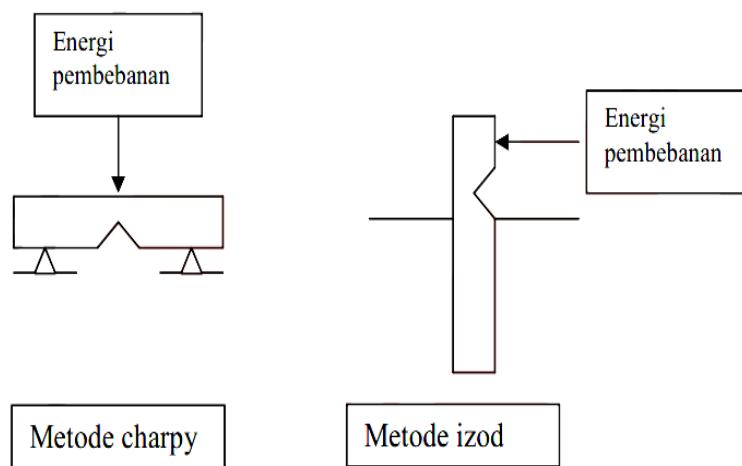
#### **2.1 Uji Impak**

Uji impak adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Pada uji impak terjadi proses penyerapan energi yang besar ketika beban menumbuk spesimen. Energi yang diserap material ini dapat dihitung dengan menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Prinsip pengujian impak ini adalah menghitung energi diserap oleh spesimen. Pada saat beban dinaikkan pada ketinggian tertentu, beban memiliki energi potensial maksimum, kemudian saat akan menumbuk spesimen, energi kinetik mencapai maksimum. Energi kinetik maksimum tersebut akan diserap sebagian oleh spesimen hingga spesimen tersebut patah. (Yunus M. dkk, 2016)

Menurut Dieter (1988) uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. 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. 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°, 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  $10^3 \text{ s}^{-1}$ . 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, 1988)



**Gambar 2.1** Pembebanan Metode Charpy dan Metode Izod

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. 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. Ketangguhan (impak) merupakan ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impak dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. (Jumadi dkk, 2017)

## 2.2 Pengujian Impak Metode Charpy

Alat uji impak metode charpy adalah sebuah alat uji tes kekerasan material yang dimana spesimen mendapatkan beban kejut secara tiba-tiba dari suatu pendulum yang akan menunjukkan hasil kekerasan dari spesimen tersebut. (Khoirul dan Galih, 2018)

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. 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 lain-lain) akan mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri. Tujuan uji impak 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.

Benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23 05 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut. Percobaan uji impak charpy dilakukan dengan carapembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar ASTM E23 05. (Yopi, 2013)

### 2.3 Energi Potensial

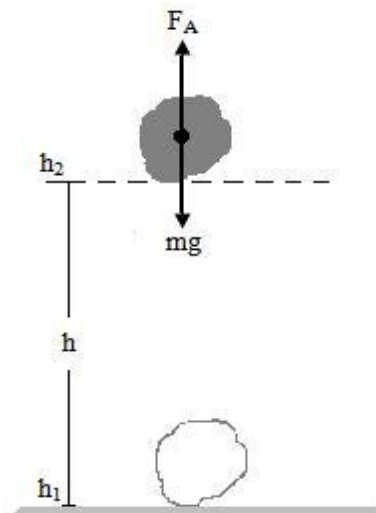
Energi potensial adalah energi yang dimiliki suatu benda akibat adanya pengaruh tempat atau kedudukan dari benda tersebut. Energi potensial disebut juga dengan energi diam karena benda itu mengalami perubahan energi potensial menjadi energi gerak. Contoh yang paling umum dari energi potensial adalah 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 bahwa benda yang dalam keadaan diam dapat memiliki energi. (Sears, 1997)

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

Dimana:

- $F_A$  : Gaya angkat (N)
- $S$  : Perpindahan benda (m)
- $W$  : Usaha yang dilakukan (J)



**Gambar 2.2** Gaya Angkat ( $F_A$ ) dan Perpindahan Benda ( $h$ )

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

$$E_{pt} = E_{p2} - E_{p1}$$

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

Dimana:

$E_{pt}$  : Energi potensial total (J)

$E_{p2}$  : Energi potensial 1 (J)

$E_{p1}$  : Energi potensial 2 (J)

$h_1$  : Ketinggian 1 (m)

$h_2$  : Ketinggian 2 (m)

$m$  : Massa benda (kg)

$g$  : Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

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

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

Dimana:

$E_p$  : Energi potensial (J)

$m$  : Massa benda (kg)

$g$  : Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$h$  : ketinggian (m)

## 2.4 Energi Kinetik

Energi kinetik atau energi gerak adalah energi yang dimiliki oleh sebuah benda karena gerakannya. Energi kinetik 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.

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 konstan dan searah dengan arah gerak benda sejauh  $S$  (Sears, 1997).

Untuk itu dilakukan usaha pada benda tersebut sebesar :  $W = F \cdot S$

Dimana:

- $F$  : Gaya (N)
- $S$  : Perpindahan benda (m)
- $W$  : Usaha yang dilakukan (J)



**Gambar 2.3 Energi Kinetis**

Kemudian besar gaya dinyatakan :  $F = m \cdot a$

Dimana:

- $F$  : Gaya (N)
- $m$  : Massa benda (kg)
- $a$  : Percepatan ( $m/s^2$ )

Karena benda memiliki laju awal ( $v_0$ ), laju akhir ( $v_t$ ) dan bergerak sejauh ( $s$ ), maka untuk menghitung nilai percepatan (Sears, 1997) :

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot S$$

Dimana:

$$a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2 \cdot S}$$

- $v_0$  : Kecepatan awal (m/s)
- $v_t$  : Kecepatan akhir (m/s)
- $a$  : Percepatan ( $m/s^2$ )
- $S$  : Perpindahan benda (m)



Kemudian persamaan disubstitusikan untuk menentukan besarnya usaha yang dibutuhkan, (Sears, 1997) :

$$W = F \cdot S = m \cdot a \cdot s = m \left( \frac{v_t^2 - v_0^2}{2 \cdot s} \right) s$$

Dimana:

$$W = m \left( \frac{v_t^2 - v_0^2}{2 \cdot s} \right)$$

W	: Usaha (J)
F	: Gaya (N)
S	: Perpindahan benda (m)
m	: Massa benda (kg)
a	: Percepatan (m/s <sup>2</sup> )
v <sub>0</sub>	: Kecepatan awal (m/s)
v <sub>t</sub>	: Kecepatan akhir (m/s)

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, 1997)

Maka digunakan persamaan :  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

Dimana:

E <sub>k</sub>	: Energi kinetik (J)
m	: Massa benda (kg)
v	: kecepatan benda (m/s)

## 2.5 Energi Mekanik

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, 1997). Rumus atau persamaan mekanik berhubungan dengan hukum kekekalan energi :

$$E_M = E_P + E_K$$

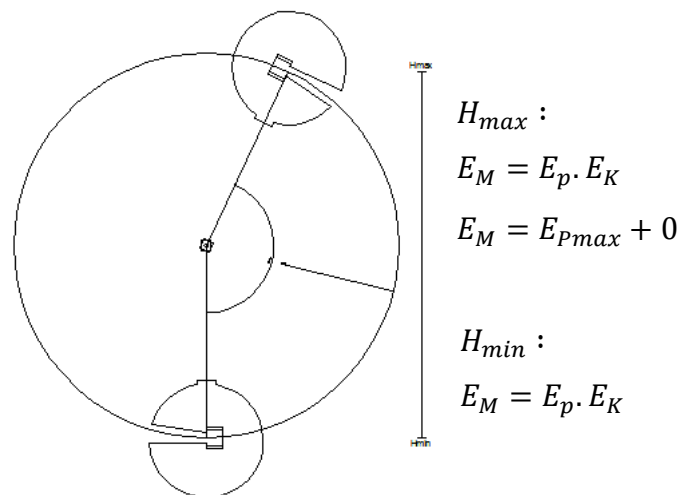
Dimana:

$E_M$  : Energi mekanik (J)

$E_P$  : Energi potensial (J)

$E_K$  : Energi kinetik (J)

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.

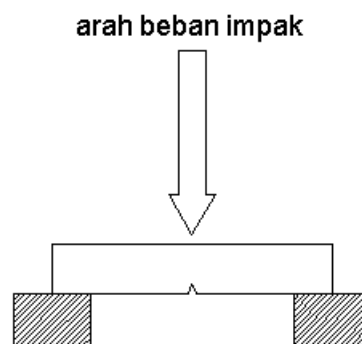


**Gambar 2.4 Energi Mekanik**

Pada dasarnya alat uji impak pasti memiliki bandul. Bandul difungsikan sebagai penumbuk pada material. Secara umum alat uji impak dibagi menjadi dua garis besar : bandul dengan lintasan lurus (*high speed*) dan bandul dengan lintasan melengkung (*to high energi*). Untuk alat uji Charpy sendiri secara teoritis kerugian gesek pada bantalan poros maupun kerugian gesek udara diabaikan. Sehingga energi tidak banyak yang terbuang. Alat uji impak metode Charpy mempunyai komponen massa bandul, panjang lengan, dan sudut. Tiga komponen inilah yang menentukan besar energi yang terkandung pada uji impak.

## 2.6 Spesimen

Ukuran spesimen standar biasa digunakan pada pengujian metode Charpy. Dimensinya mempunyai luas penampang bujur sangkar 10 mm x 10 mm dan panjang spesimen 55 mm. Tepat pada tengah spesimen ditakik V-45°. Takik V mempunyai kedalam 2 mm dan jari-jari dasar 0,25 mm. Benda uji diletakkan mendatar dan bagian yang tak bertakik diberi pembebanan impact dengan ayunan bandul (kecepatan impact sekitar 3 m/s – 6 m/s). Kemudian benda uji ASTM E 23 akan melengkung kearah takik dan patah pada laju regangan tinggi, kira-kira  $10^3 \text{ detik}^{-1}$ . (*Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials 1, ASTM E 23*)



**Gambar 2.5** Arah Beban Impact Charpy

## 2.7 Jenis-Jenis Takikan

Pembagian jenis spesimen impact ditinjau dari bentuk takikannya, dibagi menjadi 3 bagian:

- a) Takikan v memiliki bentuk seperti huruf v, ukuran benda kecil sehingga mudah untuk diuji. Kelebihan lain adalah patahan yang terjadi sangat terkonsentrasi, sedangkan kekurangan dari takikan v adalah terlalu mudah patah. Takikan v dapat digunakan untuk semua spesimen yang akan diuji dan segala ukuran spesimen. (Areznok, 2013)

Secara historis, spesimen Charpy *V-notch* (MCVN) miniatur telah digunakan sejak 1980-an di banyak negara, terutama sebagai cara untuk menggunakan kembali sampel Charpy yang sudah teruji.

Spesimen Charpy mini yang paling umum digunakan adalah KLST (dari German Kleinstprobe, atau “spesimen kecil”), dan memiliki dimensi nominal berikut: ketebalan = 3 mm, lebar = 4 mm, panjang = 27 mm, kedalaman takik = 1 mm. Spesimen KLST adalah tipe MCVN pertama yang dimasukkan dalam standar uji internasional, ketika pada tahun 2006 Amandemen berjudul “Uji dampak pendulum instrumen Charpy *V-notch* dampak potongan uji sub-ukuran” disetujui untuk dimasukkan dalam ISO 14556: 2000 standar. Penggunaan spesimen KLST juga diizinkan oleh ASTM E2248-13 (Metode Uji Standar untuk Pengujian Dampak Spesimen *V-Notch* Charpy Miniatur). (Enrico dkk, 2013)

- b) Takikan lubang kunci memiliki bentuk seperti lubang kunci, ukuran takikannya lebih dalam dan tumpul dibandingkan takikan v. oleh karena itu cukup sulit spesimen tersebut untuk patah. Kekurangan yang lain adalah patah kurang terkonsentrasi. Takikan lubang kunci biasanya digunakan untuk spesimen besar. (Areznok, 2013)

Ketangguhan spesimen takikan u sekitar 3 kali lebih tinggi dari spesimen takikan v pada pengujian suhu. Retakan pada Permukaan spesimen takikan u adalah terbentuk dengan munculnya daerah delaminasi yang berinti pada inklusi non-logam. (Panin dkk, 2017)

- c) Takikan u memiliki bentuk seperti huruf u. karena bentuk takikannya membentuk huruf u yang tumpul, mengakibatkan spesimen tersebut sulit patah. Kelebihan dari takikan u adalah pembuatannya yang mudah. Takikan u dapat digunakan pada semua spesimen dan semua ukuran spesimen. (Areznok, 2013)

Spesimen uji Charpy biasanya berukuran 55 x 10 x 10 mm dan memiliki takikan di tengah pada salah satu permukaan. Takikan bisa berbentuk lubang kunci dengan kedalaman 5 mm dan jari-jari 2 mm. Takikan berfungsi sebagai zona konsentrasi tegangan. Kedalaman dan jari-jari takikan memiliki toleransi dimensi yang kecil. (Cassio dkk, 2009 )

## 2.8 Metode Elemen Hingga

Susatio (2004) menyatakan bahwa metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis. Tipe masalah teknis dan matematika yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisis struktur dan kelompok masalah non-struktur. Masalah analisis struktur, meliputi analisis tegangan, buckling, dan analisis getaran. Sedangkan masalah non-struktur antara lain adalah perpindahan panas dan massa, mekanika fluida, serta distribusi dari potensial listrik.

Menurut Purba dan Tarigan (2012), persoalan yang menyangkut geometri yang rumit terhadap struktur yang kompleks, pada umumnya sulit dipecahkan melalui matematika analisis. Formulasi dari metode elemen hingga dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini. Akibat adanya beban pada balok, akan mengakibatkan lendutan. Permasalahan ini dapat ditinjau dan diselesaikan dengan menghitungnya secara elemen hingga. Konsep yang mendasari metode elemen hingga menurut Bargess dkk (2009) adalah prinsip discretization. Discretization atau diskritisasi adalah membagi sesuatu menjadi bentuk yang lebih kecil dan penyatuan secara keseluruhan yang dapat menstimulir keadaan tersebut secara menyeluruh.

Katili (2008) menyebutkan bahwa struktur diskrit terbentuk dari gabungan elemen yang perilakunya diharapkan mewakili perilaku struktur kontinu. Perilaku masing-masing elemen digambarkan dengan fungsi pendekatan yang mewakili peralihan dan tegangan yang akhirnya dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan matrik.

### 2.8.1 Istilah dalam Metode Elemen Hingga

Beberapa istilah-istilah yang digunakan dalam analisis struktur yang digunakan dalam metode elemen hingga yang dijelaskan oleh Katili (2008) adalah sebagai berikut.

## 1. Beban

Beban adalah semua gaya yang menimbulkan tegangan dan regangan dalam suatu struktur. Beban nodal (BN) adalah beban terpusat yang langsung bekerja pada nodal. Beban nodal ekuivalen (BNE) adalah beban terpusat atau beban merata yang bekerja di antara nodal dan ditransmisikan menjadi beban nodal.

## 2. Gaya Nodal Struktur

Gaya nodal struktur adalah resultan atau hasil penggabungan beban nodal atau reaksi perletakan. Gaya tersebut akan didistribusikan ke seluruh elemen struktur dan menimbulkan gaya internal geser, aksial, momen torsi, dan momen lentur sampai akhirnya disalurkan ke perletakan. Gaya nodal struktur juga berperan dalam menjaga keseimbangan struktur bebas (free-body structure) bila perletakan dilepas.

## 3. Gaya Nodal Elemen

Gaya nodal elemen adalah gaya yang muncul pada nodal elemen dengan peran untuk menjaga keseimbangan elemen bila elemen dilepas dari struktur sebagai free-body. Gaya nodal elemen ini akan menghilang bila elemen-elemen dirangkai menjadi satu kesatuan dengan struktur dan bergabung menjadi gaya nodal struktur.

## 4. Peralihan Nodal

Peralihan nodal adalah terjadinya perpindahan derajat kebebasan nodal pada elemen struktur yang dapat berupa rotasi atau translasi dalam arah horisontal maupun vertikal akibat pembebanan.

## 5. Nodal Struktur

Nodal struktur adalah titik pertemuan elemen-elemen yang merupakan acuan dalam merangkai elemen-elemen pembentuk struktur. Pada nodal

struktur gaya nodal struktur dan derajat kebebasan struktur didefinisikan untuk kemudian dibentuk relasi persamaan kekakuan struktur.

## 6. Nodal Elemen

Nodal elemen adalah titik-titik pada elemen dimana gaya nodal elemen dan derajat kebebasan elemen didefinisikan untuk kemudian dibentuk suatu persamaan kekakuan elemen.

## 7. Elemen Struktur

Elemen struktur adalah komponen-komponen pembentuk struktur yang dibatasi oleh minimal dua nodal.

Tujuan utama analisis dengan metode elemen hingga adalah untuk memperoleh nilai pendekatan (bukan eksak) tegangan dan peralihan pada suatu struktur. Karena pendekatan berdasarkan fungsi peralihan merupakan teknik yang seringkali dipakai, maka langkah-langkah berikut ini dapat digunakan sebagai pedoman bila menggunakan pendekatan berdasarkan asumsi tersebut:

1. Bagilah kontinum menjadi sejumlah elemen (Sub-region) yang berhingga dengan geometri yang sederhana (segitiga, segiempat, dan lain sebagainya).
2. Pada titik-titik pada elemen yang diperlakukan sebagai titik nodal, dimana syarat keseimbangan dan kompatibilitas dipenuhi.
3. Asumsikan fungsi peralihan pada setiap elemen sedemikian rupa sehingga peralihan pada setiap titik sembarangan dipengaruhi oleh nilai-nilai titik nodalnya.
4. Pada setiap elemen khusus yang dipilih tadi harus memenuhi syarat hubungan regangan peralihannya dan hubungan tegangan-regangannya.
5. Tentukan kekakuan dan beban titik nodal ekuivalen untuk setiap elemen dengan menggunakan prinsip usaha atau energi.
6. Turunkan persamaan keseimbangan ini untuk mencari peralihan titik nodal.

7. Selesaikan persamaan keseimbangan ini untuk mencari peralihan titik nodal.
8. Hitung tegangan pada titik tertentu pada elemen tadi.
9. Tentukan reaksi perletakan pada titik nodal yang tertahan bila diperlukan.
10. Untuk kekuatan impak dapat dilihat pada metode penelitian.

Beberapa kelebihan dalam penggunaan metode elemen hingga menurut Susatio (2004), antara lain adalah:

1. Benda dengan bentuk yang tidak teratur dapat dengan mudah dianalisis.
2. Tidak terdapat kesulitan dalam menganalisis beban pada suatu struktur.
3. Pemodelan dari suatu benda dengan komposisi materi yang berlainan dapat dilakukan karena tinjauan yang dilakukan secara individu untuk setiap elemen.
4. Dapat menangani berbagai macam syarat batas dalam jumlah yang tak terbatas.
5. Variasi dalam ukuran elemen memungkinkan untuk memperoleh detail analisis yang diinginkan.

Adapun dasar dari metode elemen hingga adalah membagi benda kerja menjadi elemen-elemen kecil yang jumlahnya berhingga sehingga dapat menghitung reaksi akibat beban pada kondisi batas yang diberikan. Dari elemen-elemen tersebut dapat disusun persamaan-persamaan matriks yang biasa diselesaikan secara numerik dan hasilnya menjadi jawaban dari kondisi beban yang diberikan pada benda kerja tersebut. Metode elemen hingga (MEH) dapat mengubah suatu masalah yang memiliki jumlah derajat kebebasan tidak berhingga menjadi suatu masalah dengan jumlah derajat kebebasan tertentu sehingga proses pemecahannya lebih sederhana. Metode ini merupakan metode computer oriented yang harus dilengkapi dengan program-program komputer digital yang tepat dalam penelitian ini penulis menggunakan program ABAQUS untuk perhitungan numerik.



## **2.9 Software Abaqus CAE**

*Software* ABAQUS adalah paket program simulasi rekayasa yang kuat, didasarkan pada metode elemen hingga, yang dapat memecahkan masalah mulai dari analisis linier relative sederhana sampai simulasi nonlinier yang paling menantang. Program ABAQUS berisi perpustakaan yang luas dari unsur-unsur yang dapat memodelkan hampir semua geometri apapun. Program ini memiliki daftar yang sangat luas dari model material yang dapat mensimulasikan perilaku sebagian besar bahan rekayasa, termasuk logam, karet, polimer, komposit, beton bertulang, busa yang lentur dan kuat, dan bahan geoteknik seperti tanah dan batuan.

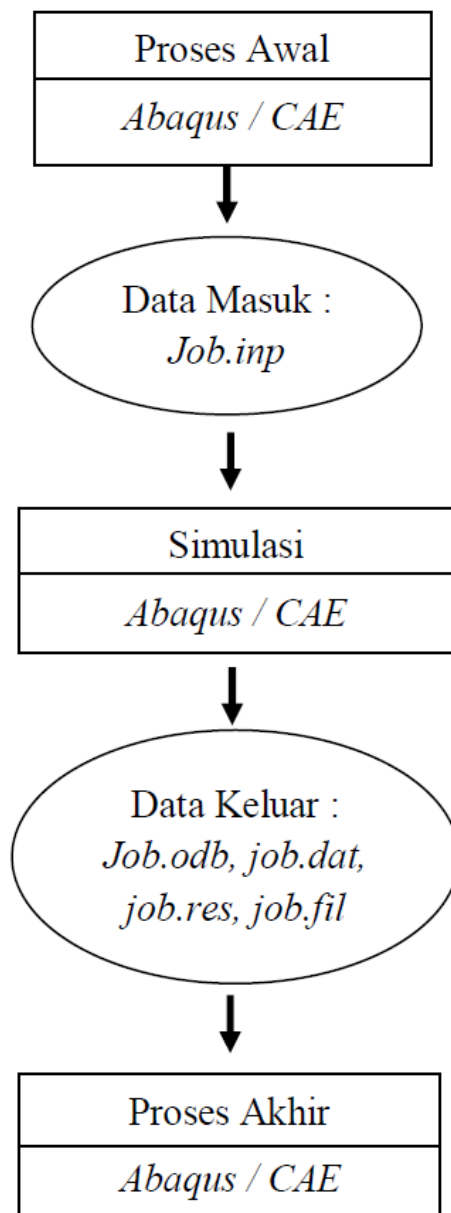
Abaqus menawarkan berbagai kemampuan untuk simulasi aplikasi linier dan nonlinier. Permasalahan dengan beberapa komponen dimodelkan dengan mengaitkan geometri masing-masing komponen dengan model bahan yang sesuai dan menentukan interaksi komponen. Dalam analisis nonlinier, Abaqus otomatis memilih penambahan beban yang tepat dan toleransi konvergensi dan terus menyesuaikan mereka selama analisis untuk memastikan bahwa solusi yang akurat dan efisiensi diperoleh. (Simulia Corp, 2011)

Ada beberapa perangkat lunak umum di pasaran saat ini digunakan untuk simulasi dinamis kendaraan. ABAQUS adalah salah satu dari beberapa perangkat lunak besar kode FE di pasaran saat ini untuk memecahkan masalah dalam multiphysics, yang termasuk cairan, termal, mekanik, kopling listrik dan sebagainya. Dassault menjelaskan, terdapat tiga rangkaian produk inti dari ABAQUS yaitu:

1. ABAQUS / Standard adalah pemecah tujuan umum yang menggunakan skema integrasi implisit tradisional untuk menyelesaikan analisis elemen terbatas.
2. ABAQUS / Eksplisit menggunakan skema integrasi eksplisit untuk menyelesaikan analisis dinamis transien nonlinier yang sangat tinggi.
3. ABAQUS / CAE menyediakan lingkungan pemodelan terpadu (preprocessing) dan visualisasi (pasca-pemrosesan) untuk produk analisis.

### 2.9.1 Tahapan Menjalankan Program ABAQUS

Dalam ABAQUS “Getting Strateed with ABAQUS, Interactive Edition”, dijelaskan bahwa untuk menganalisis sampai selesai dengan program ABAQUS biasanya melalui tiga tahap yang berbeda yaitu proses awal, simulasi dan proses akhir. Kemudian dari ketiga tahap tersebut dihubungkan sehingga menjadi seperti Gambar 2.6



**Gambar 2.6** Tahapan menjalankan program Abaqus

a. Proses Awal (*Preprocessing*)

Pada bagian ini kita mulai menentukan model awal yang akan dilakukan analisis. Pemodelan part dilakukan dalam *software* ABAQUS dengan memasukkan geometri yang telah kita ketahui sebelumnya. Dalam menggambarkan model, kita bisa menentukan koordinat sistem yang akan dibuat. Sebelum dilakukan simulasi kita harus memeriksa semua keyword dan parameter yang digunakan sehingga tidak terjadi kesalahan. Selain itu urutan dalam memasukkan data harus kita perhatikan dengan benar.

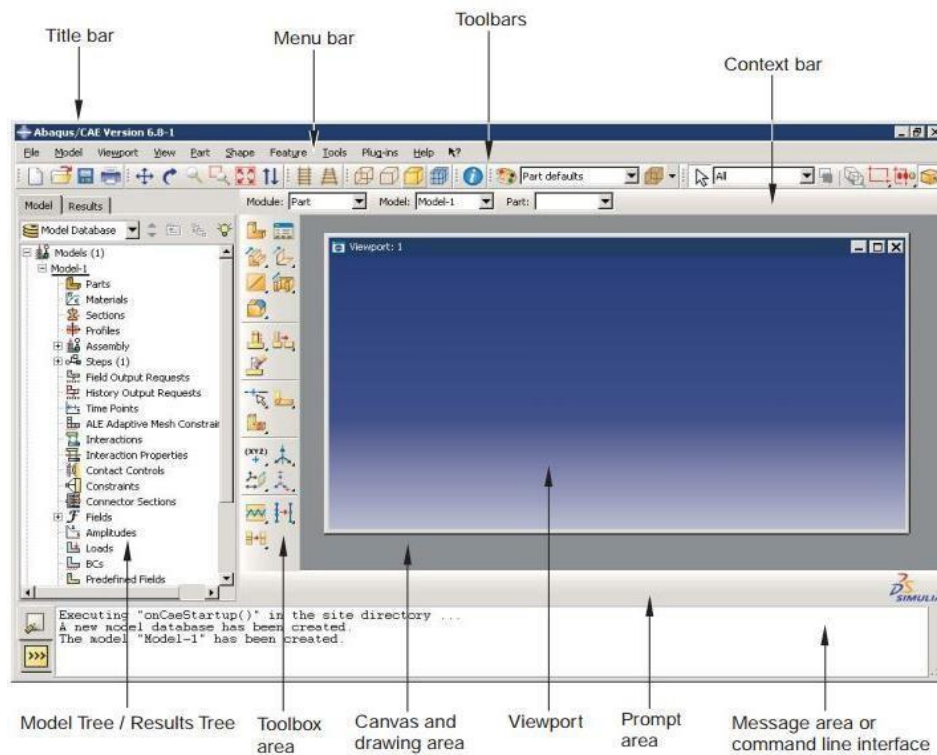
b. Simulasi (*Simulation*)

Simulasi yang biasanya dijalankan sebagai pengantar proses adalah tahap dimana program ABAQUS memulai proses untuk melakukan pemecahan masalah numerik yang diidentifikasi dalam model. Sebagai contoh, keluaran dari stress analisis termasuk perpindahan dan tekanan yang disimpan dalam berkas biner untuk proses akhir.

c. Proses Akhir (*Post Processing*)

Pada proses akhir kita dapat mengambil kesimpulan dari hasil simulasi yang sudah selesai pada perpindahan, gaya atau variable lainnya yang sudah di dilakukan perhitungan. Hasil akhir biasanya dibuat dalam suatu laporan atau sebuah catatan.

## 2.9.2 Komponen pada Windows Utama ABAQUS



**Gambar 2.7** *Komponen pada windows utama program ABAQUS (Sumber : ABAQUS handout)*

### a. Title Bar

Title bar menunjukkan versi dalam ABAQUS kita melakukan sedang kita gunakan dan juga menunjukkan judul dari file yang kita buat atau kita gunakan.

### b. Menu Bar

Menu bar berisi semua menu yang tersedia, menu ini memberikan akses ke semua fungsi dalam produk.

### c. Toolbars Tools

Toolbars Tools ini memberikan akses cepat yang tersedia pada menu.

### d. Context bar

Dalam konteks bar memungkinkan kita untuk berpindah antar modul serta mengambil bagian yang sudah ada ketika membuat geometri model.

e. Model Tree / Result Tree

Model Tree menyediakan grafik sebagai Review dari model objek dari masing-masing bagian, material, langkah, pembebanan. Results Tree memberikan grafik dari output data base dan Spesifik data hasil plot x-y.

f. Toolbox area

Toolbox area ini Memungkin akses cepat ke banyak fungsi modul yang tersedia.

g. Canvas and drawing area

Canvas and drawing area adalah tempat atau lokasi untuk area gambar.

h. Viewport

Viewport adalah jendela di area gambar di mana ABAQUS menampilkan model yang telah dibuat.

i. Prompt area

Prompt area berfungsi untuk menampilkan petunjuk atau panduan yang telah kita lakukan pada *software* ABAQUS.

j. Message Area or command line interface

Pada bagian ini ABAQUS akan memunculkan informasi dan peringatan yang terjadi jika ada informasi atau kesalahan.