

Desain dan Pembuatan Alat Uji Impak Jatuh Bebas model Drop Weight Test

Design and manufacture of Free Fall Impact Test Equipment with Drop Weight Test model

Mahyunis^{1,2*}, Nurdiana³, Sari Farah Dina⁴, Ahmad Wito Pirmansyah¹

¹ Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Medan, Jl. Gedung Arca No. 52, Medan, 20217, Indonesia

² Prodi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia

³ Prodi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Medan, Sumatera Utara, 20143, Indonesia

⁴ Prodi Teknik Mekanika, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan, Medan, 20228, Indonesia

*Corresponding author: mahyunis_a@yahoo.com

Diterima: 04-08-2022

Disetujui: 13-08-2022

Dipublikasikan: 15-08-2022

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Pesatnya perkembangan teknologi pada masa sekarang ini merupakan sebuah tantangan yang harus diperhatikan oleh pembuatan teknologi itu sendiri. Namun tak banyak yang memperhatikan aspek-aspek yang mumpuni yang harus ada di dalam teknologi. Yang mana dapat memberikan pengaruh buruk terhadap lingkungan kerja. Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan re-design (rancang ulang) dan model alat uji impak jatuh bebas, mendapatkan komponen-komponen utama dari alat uji impak jatuh bebas dengan metode drop weight test dan mendapatkan proses pembuatan (manufacturing). Metode design ini menggunakan software Autocad dan Simulasi Ansys Workbench 14.5. Berdasarkan hasil simulasi, alat uji impak jatuh bebas dengan jumlah masing-masing disetiap komponen yaitu: 3-node dan 4-node. Selisih perhitungan teoritis dan perhitungan simulasi pada tiap masing-masing komponen yaitu tiang struktur utama diperoleh tegangan 1.455, tegangan 1.345 dan *Poisson ratio* 0.7, pipa peluncur diperoleh tegangan 1.451, tegangan 1.346, *Poisson ratio* 0.04 dan koefisien gesek 265.10, meja anvil diperoleh tegangan 1.248, *Poisson ratio* 0.02 dan Faktor keamanan 11. Pengerjaan alat uji impak jatuh bebas memiliki waktu pembuatan sebesar 54,1 menit.

Kata Kunci: *Technology, Design, Drop Weight Test, Alat Uji Impak Jatuh Bebas*

Abstract

*The rapid development of technology today is a challenge that must be considered by making technology itself. However, not many pay attention to the qualified aspects that must be in technology. Which can have a bad influence on the work environment. Therefore, this study aims to obtain a re-design and model of a free fall impact test equipment, obtain the main components of a free fall impact test equipment with the drop weight test method and obtain a manufacturing process. This design method uses Autocad software and Ansys Workbench Simulation 14.5. Based on the simulation results, the free fall impact test equipment with the number of each component, namely: 3-node and 4-node. The difference between theoretical calculations and simulation calculations in each component, namely the main structure pole, obtained voltage 1,455, voltage 1.345 and *Poisson ratio* 0.7, the launcher pipe obtained voltage 1.451, voltage 1.346, *Poisson ratio* 0.04 and friction coefficient 265.10, anvil table obtained voltage 1.248, *Poisson ratio* 0.02 and Safety factor 11. The work on the free fall impact test equipment has a manufacturing time of 54.1 minutes.*

Keywords: *Technology, Design, Drop Weight Test, Free Fall Impact Test Equipment*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini berbanding lurus dengan kebutuhan manusia, karena itu kualitas suatu bahan sangat penting. Para ahli menciptakan alat uji berteknologi canggih dan dapat bersaing dengan teknologi baru lainnya. Aspek penting pada bidang rekayasa mekanik adalah pengujian pada suatu material. Penggunaan bahan yang tidak tepat akan berujung pada rendahnya efisiensi, gangguan pemakaian, rendahnya usia pakai, dan bahkan kegagalan (Sreemoballer's 2013). Contohnya seperti tragedi kecelakaan maut memakan korban jiwa, hal ini disebabkan karena bebasnya kendaraan-kendaraan dan Alat Pelindung Diri (APD) dengan spesifikasi rendah, bermaterial rendah dan murah beredar diIndonesia. Salah satu faktor utama menyebabkan banyak korban jiwa meninggal dikarenakan material yang terdapat pada kendaraan maupun APD tersebut tidak memiliki standart nasional sehingga terjadi kerusakan pada kendaraan maupun benda-benda lainnya.

Re-Design alat uji impak dilakukan sebagai langkah awal untuk membuat alat uji tersebut. Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah *computer-aided design* (CAD), Software tersebut dapat memudahkan penulis dalam mendesain alat uji sebelum alat tersebut dibuat. Alat yang dirancang tersebut memiliki ukuran yaitu tinggi 370 cm dan lebar 80 cm.

Pembuatan alat uji impak jatuh bebas melalui proses pengelasan, pemotongan, pengukuran dan proses asembeling. Spesifikasi besi yang dipergunakan untuk membuat alat uji tersebut adalah besi holo 40 x 60, pipa besi 2 inchi, katrol dan tali. Rangka utama meliputi besi holo, meja landasan anvil dan pipa besi. Bahan besi yang di gunakan untuk membuat alat uji impak jatuh bebas yaitu: besi hollow (mild steel), pipa (galvanis) dan poros tesrig terbuat dari bahan St 35 C. Tujuan umum dari pembahasan ini adalah mendesain dan pembuatan alat uji impak jatuh bebas dengan metode *drop weight test*.

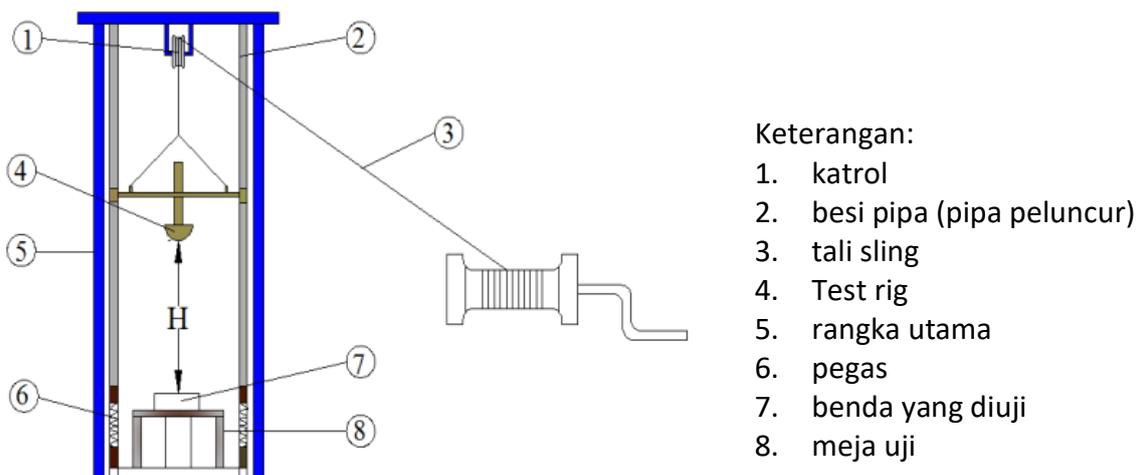
2. Metode

2.1 Tempat Penelitian

Tempat pembuatan peralatan/mesin dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Medan. Waktu pembuatan ini direncanakan atau diperkirakan paling lama enam bulan.

2.2 Mekanisme Kerja Alat Uji Impak Jatuh Bebas

Mekanisme kerja dari alat uji impak jatuh bebas dapat di tunjukkan seperti berikut.



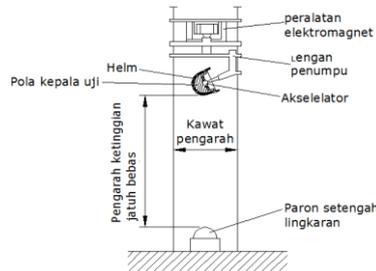
Gambar 1. Ilustrasi alat uji impak jatuh bebas yang akan dibuat

2.3 Alat dan Bahan

Alat uji impact merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur keuletan bahan atau kegetasan bahan terhadap beban tiba-tiba. Secara umum penggunaan alat uji impact jatuh bebas didunia industri memiliki beberapa pengujian helm (Ramanta 2007) sebelum helm tersebut diproduksi diantaranya adalah: pengujian Alat uji penyerapan kejut, Pengujian impact/benturan-Helm, Alat uji penetrasi dan Alat uji jatuh bebas (Pasapan 2011).

2.3.1. Alat uji penyerapan kejut

Alat uji penyerapan kejut adalah Balok uji setengah lingkaran yang terbuat dari kayu keras dengan logam lunak dimasukkan pada puncak sumbu pusat yang dipasang pada suatu landasan keras.



Gambar 2. Alat uji penyerapan kejut (Sahal Digital Media 2021)

2.3.2. Pengujian impact / benturan-Helm

Pengujian impact / benturan-Helm adalah pengujian yang siap diluncurkan ke arah logam pembentur. Kekuatan yang dihasilkan mencapai 300 G . Kecepatan maksimal saat benturan bisa mencapai 234 km/jam seperti Gambar 3 (Bodats 2009).



Gambar 3. Pengujian impact/benturan

2.3.3. Alat uji penetrasi

Alat uji penetrasi yaitu menguji ketahanan terhadap helm yang telah diuji kekuatan benturannya, kembali diuji kekuatan menahan penetrasi. Sebuah paku pemukul dengan berat 3 kg, dari jarak 1,6 m akan dijatuhkan ke bagian atas helm.



Gambar 4. Uji Penetrasi (Bodats 2009)

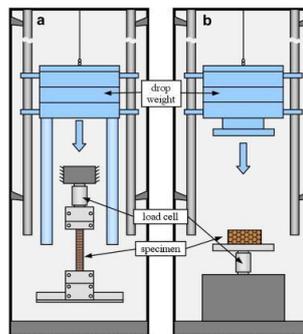
2.3.4. Alat uji jatuh bebas

Alat uji impak jatuh bebas dan pengukur energi dari gaya impak benda jatuh bebas (loadcell) dapat dilihat pada Gambar 5 (a) dan (b) (Simanjuntak 2012).



Gambar 5. (a). Alat uji impak jatuh bebas dan (b). Alat pengukur energi dan gaya impak(Loadcell)

Uji impak merupakan teknik yang digunakan untuk mengkarakterisasi patahan material yang sulit dilakukan pada uji tarik khususnya untuk material yang memiliki transisi deformasi yang sangat kecil. Drop Weight Test Dikembangkan oleh laboratorium riset Naval, standarisasinya berdasarkan ASTM adalah ASTM E 208-69. Test Naval (dikenal juga dengan Nil Ductility-Transition Temperature Test) dimaksud untuk keperluan luas, yakni untuk mengetahui patah getas (brittle fracture) dari bahan baja seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Alat uji impak dengan metode Drop Weight Test (Ramdaniawati 2014)

2.3.5 Gerak jatuh bebas

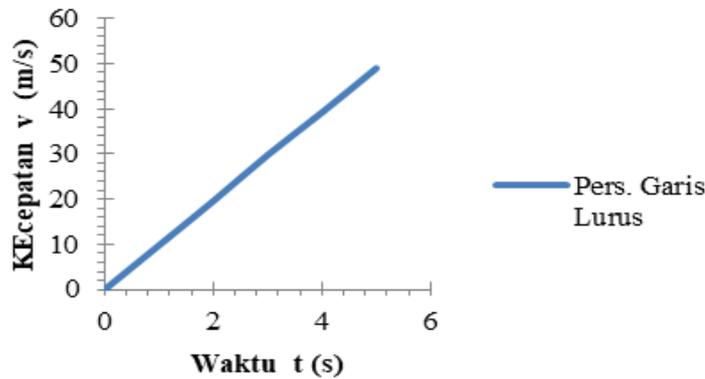
Gerak jatuh bebas adalah gerak jatuh benda pada arah vertikal dari ketinggian h tertentu tanpa kecepatan awal ($v_0 = 0$), jadi gerak benda hanya dipengaruhi oleh gravitasi bumi. Menurut Khurmi R.S. untuk menentukan kecepatan benda jatuh setiap detik akan diperoleh harga pendekatan seperti terlihat pada Tabel 1 (Khurmi 2015). Dari data tersebut dapat digambarkan sebuah grafik hubungan antara kecepatan dan waktu yang juga merupakan sebuah persamaan garis lurus seperti pada Gambar 7 Jadi percepatan seragam dapat diperoleh dengan persamaan (1).

Tabel 1. Waktu dan kecepatan benda jatuh

Waktu t (s)	0	1	2	3	4	5
Kecepatan v (m/s)	0	9,8	19,6	29,4	39,2	49

$$v = \frac{v-v_0}{t} = \frac{49-0}{5} = 9,8 \left(\frac{m}{s}\right) \tag{1}$$

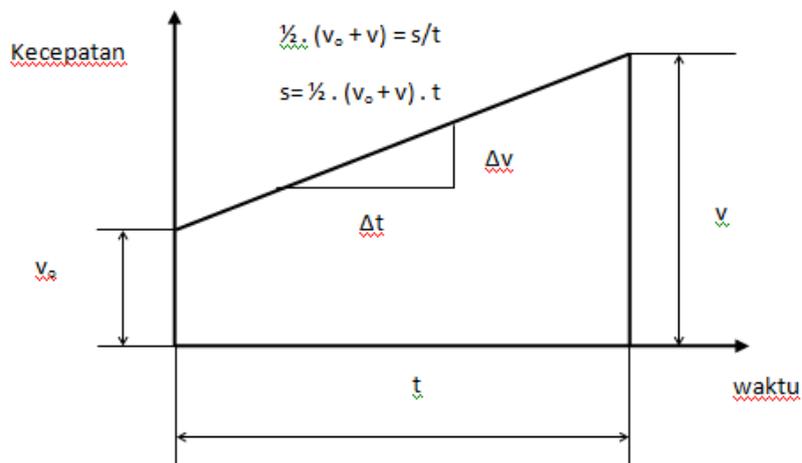
Grafik v - t



Gambar 7. Hubungan v- t

Percepatan seragam yang dimiliki partikel yang bergerak dengan kecepatan konstan pada lintasan lurus atau dimiliki partikel yang melintasi perpindahan yang sama dalam selang waktu yang sama berturut-turut walaupun kecilnya perubahan waktu. Persamaan gerak lurus percepatan seragam dapat dijelaskan pada Gambar 8.

$$s = v \cdot t \tag{2}$$



Gambar 8. Diagram kecepatan – waktu

Perpindahan digambarkan dengan luas daerah dibawah grafik kecepatan – waktu.

$$(\Delta v) / \Delta t = a ; \quad v = v_0 + (\Delta v) / \Delta t \quad ; \quad v = v_0 + at \tag{3}$$

Dengan mensubstitusikan $(v_0 + at)$ kedalam persamaan $s = \frac{1}{2} (v_0 + v) \cdot t$, maka diperoleh jarak perpindahan sebesar $s = (v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot at^2)$. Dengan mensubstitusi waktu $t = (v - v_0) / a$ kedalam persamaan $s = \frac{1}{2} (v_0 + v) \cdot t$, diperoleh rumus kecepatan $v^2 = v_0^2 + 2as$. Jika $v_0 = 0$, maka $v^2 = 2 \cdot as$, sehingga persamaan menjadi:

$$v = \sqrt{2 as} \tag{4}$$

Untuk kasus jatuh bebas maka $a = g$ dan $s = h$, sehingga besarnya kecepatan diperoleh dengan persamaan (5).

$$v = \sqrt{2 g \cdot h} \quad (5)$$

dimana:

v = kecepatan benda jatuh bebas, (m/s).

g = gaya grafitasi, (m/s^2).

h = ketinggian jatuh benda, (m).

Sebuah benda bergerak dikatakan mempunyai momentum yang dinyatakan dengan hasil kali massa dengan kecepatan benda tersebut. Hal ini dapat dinyatakan dengan persamaan (6).

$$M = m \cdot v \quad (6)$$

dimana:

M = momentum, (kg.m/s).

m = massa, (kg).

v = kecepatan, (m/s).

Impuls sebuah gaya konstan adalah hasil kali gaya dengan selang waktu yang diperlukan, ini dapat dinyatakan dalam persamaan (7).

$$I = F \cdot t \quad (7)$$

Gaya impak dapat diperoleh dengan mensubstitusi persamaan (6) dengan persamaan (7), sehingga besar nilai gaya dapat dinyatakan dengan persamaan (8).

$$F = (m \cdot v)/t \quad (8)$$

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha/kerja. Hukum kekekalan energi menjelaskan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan. Salah satu bentuk energi mekanik adalah energi kinetik dan energi potensial. Energi kinetik (E_k) adalah energi yang dimiliki oleh benda berdasarkan gerakan benda. Nilai energi kinetik dapat dihitung dari pergerakan awal benda dari kecepatan awal (v_0) ke kecepatan perubahan benda (v_1), yang ditentukan dengan persamaan (9).

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (9)$$

dimana:

E_k = energi kinetik (joule).

m = massa benda (kg).

v = kecepatan benda (m/s).

Energi potensial (E_p) adalah energi yang dimiliki oleh benda berdasarkan kedudukan (ketinggian). besarnya energi potensial dapat dihitung dengan persamaan (10).

$$E_p = m \cdot g \cdot H \quad (10)$$

dimana:

E_p = energi potensial (joule).

m = massa benda (kg).

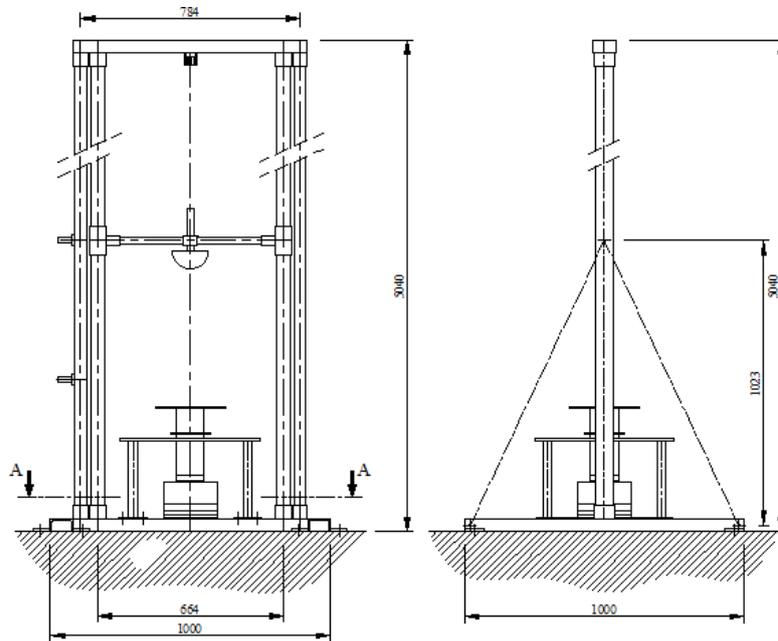
g = gaya gravitasi benda (m/s^2).

H = kedudukan/ketinggian benda (m).

3. Hasil dan Pembahasan

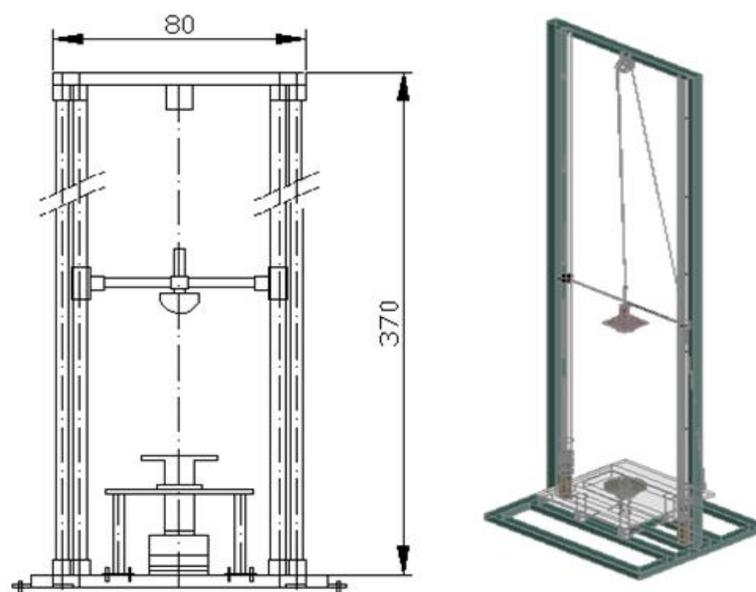
3.1 Re-Design dan Model Alat Uji Impak Jatuh Bebas

Re-Design adalah merupakan langkah awal untuk membuat suatu gambar sebelum alat tersebut dibuat. Alat uji impak jatuh bebas yang sesuai dengan Standart Nasional Indonesia (SNI) dapat dilihat pada Gambar 9 (Simanjuntak 2017; Budianto, Maudina, and Triwiyanto 2017).



Gambar 9. Alat Uji Impak Jatuh Bebas pandangan depan dan isometric Standart Nasional (SNI)

Dari spesifikasi ukuran seperti Gambar 9. maka hal inilah yang menjadi pertimbangan untuk merancang ulang pembuatan alat uji impak jatuh bebas dengan metode drop weight test. Pemberian ukuran didapat dari *software auto cad* menggunakan *tool dimensi* dari *software* tersebut.



Gambar 10. Pandangan depan dan isometri alat uji impak jatuh bebas *re-design*

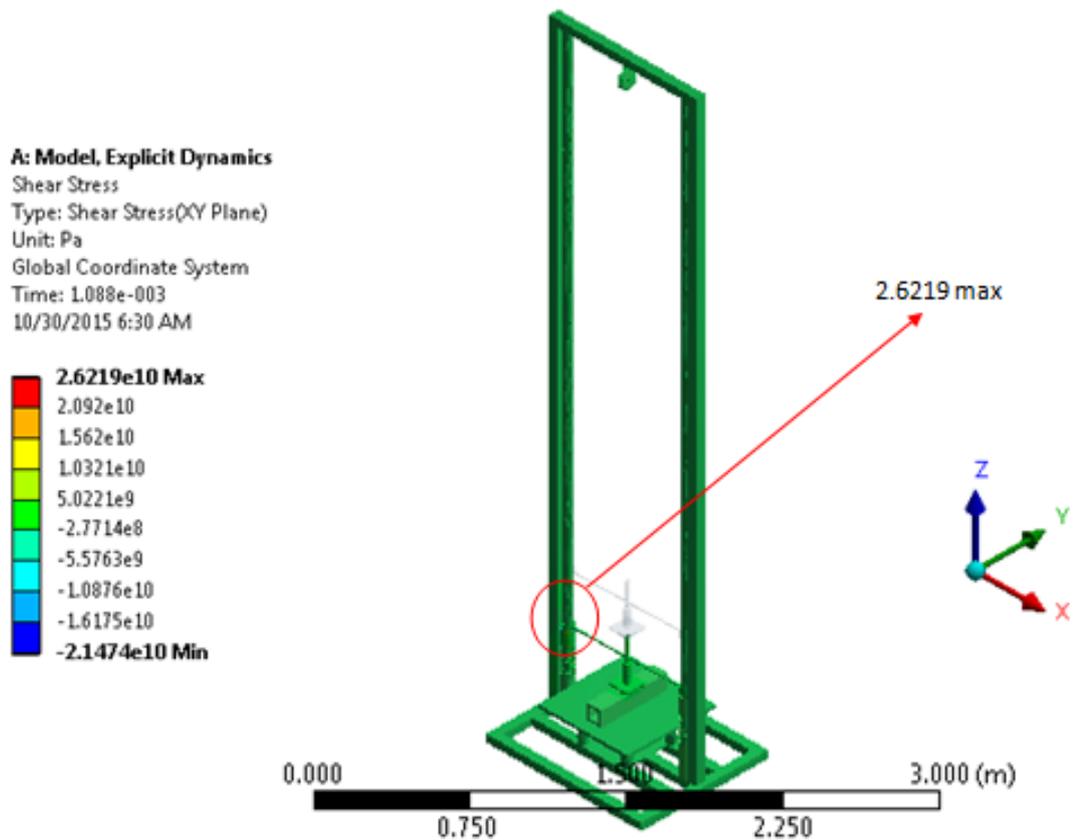
3.2 Perhitungan Komponen-komponen Utama

Tabel 2. Spesifikasi alat uji impact jatuh bebas dengan metode drop weight test Re-design

NAMA	BAHAN	UKURAN
Tiang struktur utama	Hollow plat 60 x 40	3,7 m
Pipa peluncur	Pipa galvanize Ø 48,5	3,7 m
Test ring	St 35	
Meja anvil	St 35	290 mm x 300 mm
Batang penerus	St 35	
Struktur atas	Hollow plat 60 x 40	800 mm
Struktur dasar	C Plat 80 x 40	1000 mm

3.3 Hasil Simulasi

Beban yang diberikan ke pada test rig sebesar 8 kg, kemudian test rig tersebut dijatuhkan dari ketinggian 3,7 m untuk menumbuk sebuah specimen yang diletakkan pada anvil. Maka dengan adanya gesekan yang terjadi pada pipa peluncur dapat dihitung dengan menggunakan simulasi Ansys Workbench. Nilai hasil perhitungan simulasi koefisien gaya gesek pada pipa peluncur yaitu: Shear Stress beban maksimum nilai koefisien gaya gesek pada pipa peluncur yaitu : $2,6219 \times 10^{10}$ atau $2,6219 \times 10^{10}$ dan beban minimum nilai koefisien gaya gesek pada pipa peluncur yaitu: $-2,1474 \times 10^{10}$ atau $-2,1474 \times 10^{10}$.



Gambar 11. Hasil Simulasi *Shear Stress*

3.4 Pembahasan

Setelah dilakukan perhitungan simulasi pada alat uji impact jatuh bebas maka didapat elemen-elemen pada alat tersebut. *Node* adalah jumlah elemen-elemen, *node* ini dapat berupa garis lurus, segi tiga, segi empat dan yang lainnya disetiap masing-masing komponen alat uji impact. sedangkan pada perhitungan teoritis didapat seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen dari hasil perhitungan teoritis dan simulasi

Nama komponen	Kekuatan bahan	Teoritis	Simulasi	Selisih
Tiang struktur Utama	Tegangan	0.000041666	1,4554	1.455
	Regangan	0.00081081	1,3466	1.345
	<i>Poisson ratio</i>	1	0.3	0.7
	Toleransi	±0 - 40 mm	±0 - 40 mm	-
Pipa Peluncur	Tegangan	0.0043325	1,4554	1.451
	Regangan	0.00004513	1,3466	1.346
	<i>Poisson ratio</i>	0,34	0.3	0.04
	Toleransi	±0 - 40 mm	±0 - 40 mm	-
	Koefisien gesek	-262.48	2.6219	265.10
Testrig	St 35	-	-	-
	Tegangan bengkok	0.0875	1,3356	1.248
Meja anvil	<i>Poisson ratio</i>	0.33	0.31	0.02
	Faktor keamanan	4	15	11
Batang penerus	St 35	-	-	-
Struktur atas	Gaya tarik	5.732 kg.m ² /s	0.32639	5.406
	<i>Poisson ratio</i>	1	0.3	0.7
	Toleransi	±0 - 40 mm	±0 - 40 mm	-
Struktur dasar	Tegangan	0.00003012	1,4554	1.455
	Regangan	0.0036145	1,3466	1.342
	<i>Poisson ratio</i>	1	0.3	0.7
	Toleransi	±0 - 40 mm	±0 - 40 mm	-

Proses pembuatan alat uji impact jatuh bebas waktu total yang dibutuhkan Untuk proses pengerjaannya yaitu: Proses pengukuran (Wa) 5 (menit) + Proses pemotongan (Wp) 9.5 (menit) + Proses pengelasan (WL) 23.8 (menit) + Proses *finishing* (Wf) 16 (menit) = Waktu total (Ttotal) 54.1 (menit).

4 Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan hasil dan pembahasan mengenai re-design dan pembuatan alat uji impact jatuh bebas dengan metode drop weight test. maka dapat disimpulkan yaitu berdasarkan hasil simulasi, alat uji impact jatuh bebas dengan jumlah masing-masing disetiap komponen yaitu: 3-node dan 4-node. Selisih perhitungan teoritis dan perhitungan simulasi pada tiap masing-masing komponen dapat dilihat sebagai berikut:

1. Tiang struktur utama diperoleh tegangan 1.455, Regangan 1.345 dan *Poisson ratio* 0.7.
2. Pipa peluncur diperoleh tegangan 1.451, Regangan 1.346, *Poisson ratio* 0.04 dan Koefisien gesek 265.10.
3. Meja anvil diperoleh tegangan 1.248, *Poisson ratio* 0.02 dan Faktor keamanan 11.
4. Struktur atas diperoleh gaya tarik 5.406 dan *Poisson ratio* 0.7
5. Struktur dasar diperoleh tegangan 1.455, Regangan 1.342 dan *Poisson ratio* 0.7.
6. Pengerjaan alat uji impact jatuh bebas memiliki waktu pembuatan sebesar 54,1 menit.

Daftar Pustaka

Bodats. 2009. "Dokumentasi Pengujian Helm SNI 1811-2007." 2009.
<https://bodats.wordpress.com/2009/10/22/dokumentasi-pengujian-helm-sni-1811-2007/>.
 Budiarto, Kokok Tri, Anggun Rizka Maudina, and Askar Triwiyanto. 2017. "Rancang Bangun Alat Uji Drop Weight Impact Skala Laboratorium" 2 (1): 1–10.
 Khurmi, R S. 2015. *A Textbook of Engineering Mechanics*. New Delhi: S. Chand & Company Ltd.
 Pasapan, Yerik. 2011. "Teori Dasar Impact." PahatBaja28 Blog. 2011.
<http://pahatbaja.blogspot.com/2011/06/teori-dasar-impact.html>.
 Ramanta, Ponti. 2007. *Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua*.

- <https://www.scribd.com/doc/55109417/SNI-1811-2007>.
- Ramdaniawati, Deliana. 2014. "Laporan Praktikum Praktikum Pengujian Material Modul 3 - Pengujian Impak." <https://123dok.com/document/z1rwdpeq-laporan-impak.html>.
- Sahal Digital Media. 2021. "Penjelasan Uji Penyerapan Kejut Dan Uji Penetrasi Pada Sungkup Helm Ber Standar SNI." 2021. <https://www.sahal.my.id/2021/03/penjelasan-uji-penyerapan-kejut-dan-uji.html>.
- Simanjuntak, Rahmat Kartolo. 2012. "Energi Impak Helmet Sepeda Motor Yang Dikenai Beban Jatuh Bebas." *REINTEK: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Terapan* 7 (1): 1–7. <https://123dok.com/document/q0xgw0gq-energi-impak-helmet-sepeda-motor-dikenai-beban-jatuh.html>.
- . 2017. "Analisa Kekuatan Impak Helmet Sepeda Motor Metode Impak Jatuh Bebas." *Jurnal Inotera* 2 (1): 42. <https://doi.org/10.31572/inotera.vol2.iss1.2017.id19>.
- Sreemoballer's, Hendra. 2013. "Laporan Pengujian Bahan." <https://www.slideshare.net/HendraSreemoballers/laporan-pengujian-bahan-20132014>.