

ANALISIS PERFORMA ALAT *PLANISHING HAMMER* MELALUI METODE ELEMEN HINGGA DAN EKSPERIMEN

Irwan Sugianto¹⁾, Efi Afrizal²⁾, Dodi Sofyan Arief³⁾

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam, Pekanbaru 28293

¹irwan.sugianto@student.unri.ac.id, ²efi_afrizal@yahoo.com, ³dodidarul@yahoo.com

ABSTRACT

Planishing hammer is a tool for plate forming with a utilizing impact force that happened as a result of hammer's impact. This research was conducted to find the performance of planishing hammer, then do some methods to get value of force that happened. As for the method used are manual calculation, experimental, and simulation. Simulation method was done by Finite Element Method (FEM) concept using commercial software, collusion Abaqus. The experiment performed with metal formed to plate, where at planishing hammer pasted a strain gauge that activated by microcontroller and used Arduino UNO which can be connected directly to a computer to see the stress that happened to hammer. The experiment was conducted to get the maximum force of forwarded from electric motor ¼ HP with principle of power transmission utilizing eccentric shaft for until the plate is deformed. For manual calculation was used mechanism 4 bars, wherein the linear velocity were calculated by analytic methods. Based manual calculation method, the value of force 2413.86735 N. By experimental method thrice, the value of force are 2748.081 N, 2775.518 N and 2742.478 N, and with simulation the value of force is 2165.961 N.

Keywords: Plate, Software, Strain Gauge, Maximum force, Deformation

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi manufaktur memiliki peran sangat penting dalam peningkatan hasil produksi yang berkualitas dalam dunia industri. Hampir semua proses produksi menggunakan kemajuan teknologi ini. Terobosan untuk selalu memakai teknologi yang terdepan menjadi suatu keharusan bagi setiap perusahaan yang ingin tampil progresif dan eksistensinya tetap terjaga. Proses manufaktur dikenal berbagai macam proses, salah satunya adalah proses pembentukan logam. Proses pembentukan logam dalam manufaktur adalah proses pemberian tekanan pada plat datar menurut permukaan desain die sampai pada titik deformasi plastis plat tersebut, sehingga terbentuklah komponen yang baru sesuai dengan desain permukaan die.

Penelitian ini menganalisis alat yang telah dibuat oleh (Ridwan dan Fauza, 2018), yang mana alat ini memiliki 2 prinsip. Adapun prinsip pada alat ini adalah penumbukan (*Planishing Hammer*) dan pengerolan (*English Wheel*). Analisis yang dilakukan melihat kemampuan alat *Planishing Hammer* dalam melakukan pembentukan, analisis dilihat dengan berbagai macam metode. Metode yang dilakukan adalah perhitungan manual, eksperimen, dan simulasi [1].

Pada alat *Planishing Hammer* memiliki mekanisme poros eksentris dalam melakukan proses. Poros eksentris berfungsi untuk meneruskan putaran dari motor listrik ke pendulum. Berdasarkan mekanisme poros eksentris ini dapat dilakukan perhitungan manual, perhitungan manual dapat dilakukan dengan mengetahui spesifikasi

motor listrik dan dimensi dari alat *Planishing Hammer*. Saat melakukan proses penumbukan, terjadi deformasi elastis pada pendulum maupun landasan. Dari deformasi kita dapat dilakukan eksperimen performa alat dengan melihat regangan yang terjadi. Regangan yang terjadi, juga dapat kita lihat secara simulasi.

2. Metodologi

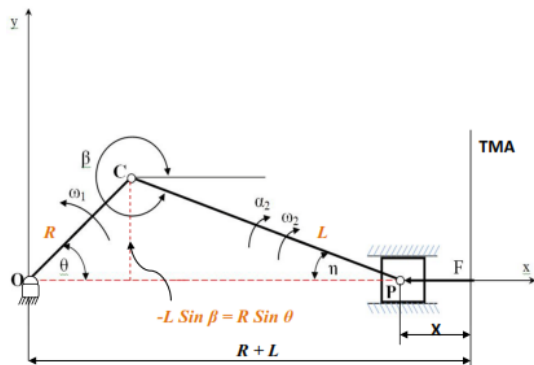
2.1 Momentum dan Mekanisme Batang Peluncur

Momentum merupakan hasil kali antara massa dengan kecepatan benda. Karena kecepatan merupakan besaran vektor, maka momentum juga termasuk besaran vektor yang arahnya sama dengan arah kecepatan benda. Secara matematis. Impuls benda didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya dengan selang waktu gaya itu bekerja pada benda. Impuls termasuk besaran vektor yang arahnya sama dengan arah gaya [2].

$$p = m \times V \quad (1)$$

$$F = \frac{p}{\Delta t} \quad (2)$$

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya. Untuk mekanisme batang peluncur dapat dilihat pada gambar 1[3].



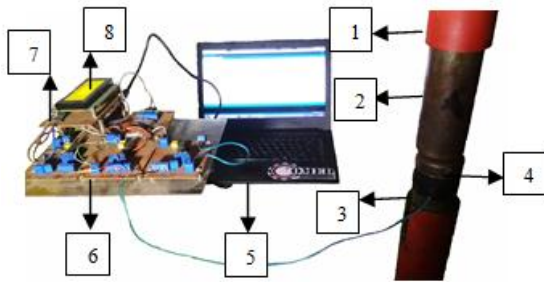
Gambar 1 Mekanisme Batang Peluncur (Ranjarkohan, 2010)

$$x = R(1 - \cos\theta) + \left(\frac{R^2}{L}\right) \sin^2\theta \quad (3)$$

$$V_p = \omega_1 R \sin\theta + \omega_2 \left(\frac{R^2}{2L}\right) \sin 2\theta \quad (4)$$

2.2 Set Up Pengujian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen yang berupa menganalisis kemampuan alat dengan mengukur regangan yang terjadi dengan menggunakan *strain gauge* dapat dilihat *set up* pengujian pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Set Up Pengujian

Keterangan:

1. Rangka
2. Hammer
3. Landasan
4. Strain Gauge
5. Personal Computer (PC)
6. Microcontroller
7. Arduino UNO
8. Display

2.2.1 Konsep tegangan regangan

Tegangan adalah sebuah tahanan material terhadap gaya atau beban persatuan luas. Tegangan diukur dalam bentuk gaya persatuan luas. Tegangan normal adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan dimana tegangan tersebut diterapkan.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (5)$$

Regangan didefinisikan sebagai perbandingan perubahan panjang benda terhadap panjang mula-mula akibat suatu gaya dengan arah sejajar perubahan panjang tersebut. Hubungan tegangan regangan di ekspresikan dalam hukum Hooke,

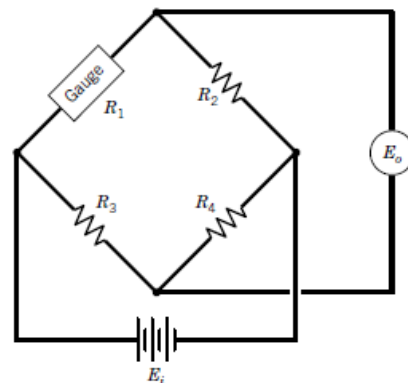
adapun persamaannya di jelaskan dalam persamaan berikut [4].

$$\sigma = \varepsilon \times E \quad (6)$$

2.2.2 Strain Gauge

Strain Gauge adalah sebuah sensor jenis mekanik yang dapat digunakan dalam pengukuran tegangan aksial, bending, torsi dan geser. Setiap material memiliki hambatan yang spesifik, sebuah gaya tarik atau tekan akan menambah maupun mengurangi hambatan dengan menambah panjang (mengkontraksi) material. Mekanisme dari *strain gauge* ini mengkonversi mekanisme *strain* menjadi hambatan listrik, tapi karena *strain* merupakan fenomena *infinitesimal* yang tak nampak, maka perubahan hambatan yang terjadi sangatlah kecil. Agar hambatan listrik yang kecil ini mampu untuk dihitung maka digunakan suatu *amplifier* dengan menggunakan sirkuit elektrik jembatan *Wheatstone* [5].

Jembatan *Wheatstone* adalah sebuah peralatan yang memiliki sensitifitas yang tinggi sehingga cocok untuk mengukur perubahan hambatan dari *strain gauge*, Konfigurasi jembatan *Wheatstone* pada penggunaan alat ukur dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Konfigurasi Jembatan *Wheatstone* (Figliola, 2011)

$$\frac{\Delta E_0}{E_1} = \frac{\Delta R / R}{4} \quad (7)$$

Dimana, E_0 merupakan tegangan keluaran dan E_1 adalah tegangan masukan dari sumber daya. Hambatan pada *strain gauge* berubah ketika ia terdeformasi. Antara logam dan material semikonduktor mengalami perubahan hambatan listrik ketika terkena regangan. Besarnya perubahan hambatan tersebut bergantung kepada seberapa besar *gauge* terdeformasi, material pembuatnya, dan desain dari *gauge* [6].

$$\frac{\Delta E_0}{E_1} = \frac{GF \cdot \varepsilon}{4} \quad (8)$$

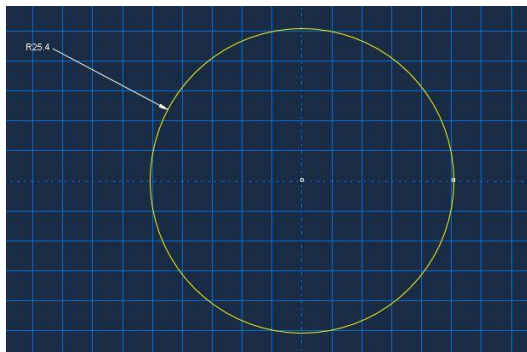
2.3 Set Up Simulasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* FEM ABAQUS CAE untuk melihat gaya

yang terjadi akibat penumbukan alat *Planishing Hammer*. *Software* Abaqus berfungsi sebagai sebuah alat yang digunakan untuk mensimulasikan konstruksi yang kita gunakan. Seperti kebanyakan program komputer analisa yang tersedia dipasaran Abaqus juga menyediakan fasilitas CAD/CAM/CAE yang dapat digunakan untuk analisa elastis dan plastis suatu bahan. *Software* Abaqus yang digunakan adalah versi 6.14. Dalam *software* Abaqus, ada beberapa hal yang wajib dilakukan agar simulasi dapat sesuai dengan kenyataan aslinya. Diantaranya adalah, modul *Part*, *Property*, *Assembly*, *Step*, *Interaction*, *Load*, *Mesh*, dan *Job*.

2.3.1 Modul Part

Modul *Part* adalah bagian dari modul yang akan digunakan untuk menggambar benda yang akan disimulasikan didalam ABAQUS CAE 6.14. Modul *part* menyediakan menu *tool bar* yang berfungsi untuk melakukan modifikasi benda maupun bentuk sesuai dengan model yang akan dibuat. Pada penelitian yang dilakukan *Part* yang digunakan landasan, Pendulum (*hammer*), dan pelat sebagai spesimen dengan ketebalan 1 mm, pembuatan *sketch* dari *part* dapat dilihat pada gambar 4.

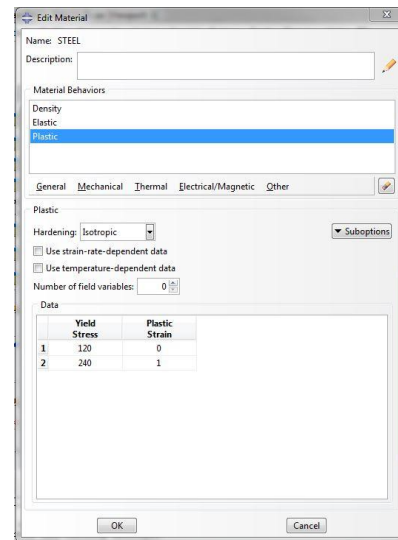


Gambar 4 Modul Part

Cara pembuatan *part* ini dengan cara menggambar penampang dari *part* yang digunakan. Untuk landasan dan pendulum yang digunakan menggunakan fitur *planar* yang mana tampak hanya bagian permukaannya dari *software*. Dan untuk pelatnya digunakan 1 buah pelat dengan dimensi panjang 100 dan lebar 100 mm dan tebal 1mm.

2.3.2 Modul Properties

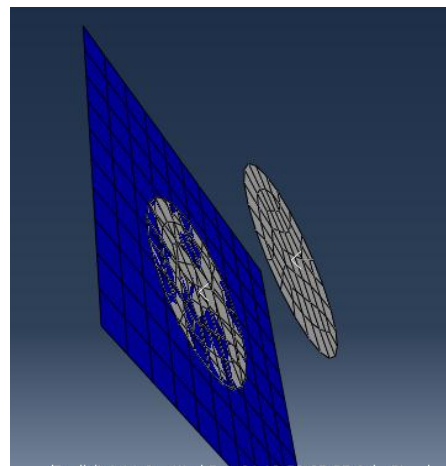
Modul *Properties* berfungsi untuk memasukan sifat mekanis bahan, jenis material, kekuatan bahan, dan spesifikasi teknis dari material yang akan dianalisis. Pada modul *properties* yang perlu dimasukkan adalah *Density*, Modulus elastisitas dan plastisitas data yang digunakan adalah data baja karbon rendah, dan densitas baja secara umum, beberapa input *properties material* dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 Modul Properties

2.3.3 Modul Assembly

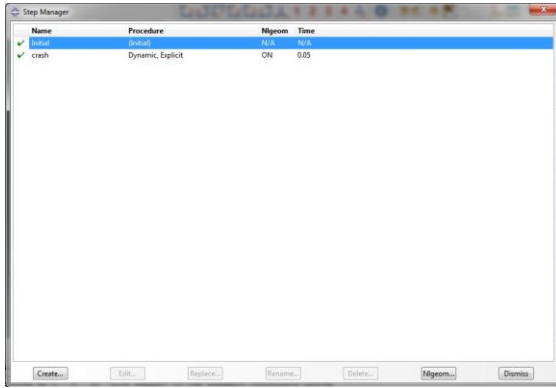
Pada Modul *Assembly* merupakan proses menyusun bagian-bagian dari *part* yang telah dibuat pada modul *part*. Tujuan dari penyusunan ini dibuat menjadi satu kesatuan model sehingga memungkinkan untuk dilakukan analisis numerik. Pada penelitian yang dilakukan penyusunan dengan bentuk laminasi dengan pelat berada dibagian tengah. Lalu pendulum dinaikkan dengan jarak 20 mm dari pelat dan pelat tersebut ditempelkan pada landasan seperti pada gambar 6 dibawah.



Gambar 6 Modul Assembly

2.3.4 Modul Step

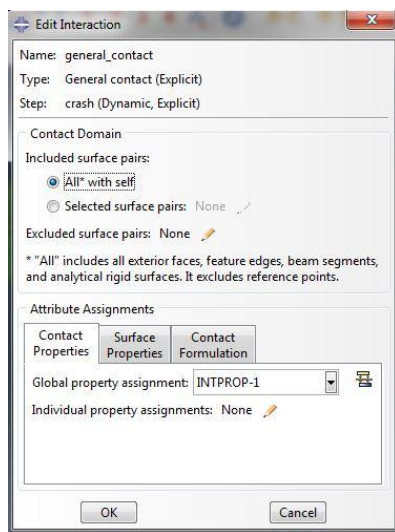
Step berfungsi untuk menentukan urutan langkah-langkah yang mana akan didefinisikan sebagai letak pemberian beban atau kecepatan. Modul *step* juga pengatur jenis pembebanannya. Pada penelitian ini jenis pembebanan yang digunakan adalah pembebanan *dynamic* dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7 Modul Step

2.3.5 Modul Interaction

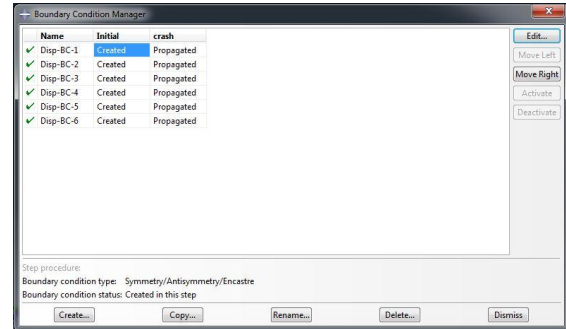
Interaction berfungsi untuk menentukan bagian material yang akan mengalami kontak. *Interaction* juga berguna untuk memberikan *constraint* pada benda yang dianalisis untuk mencegah bergesernya benda dari kedudukan awalnya. Pada pelat dan landasan jenis *constraint* yang digunakan adalah *tie* yang berfungsi mengunci pelat dan landasan agar tidak terpisah ketika diberikan pembebanan. Untuk melihat input bagian yang mengalami kontak pada material dapat dilihat pada gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 8 Modul Interaction

2.3.6 Modul Load

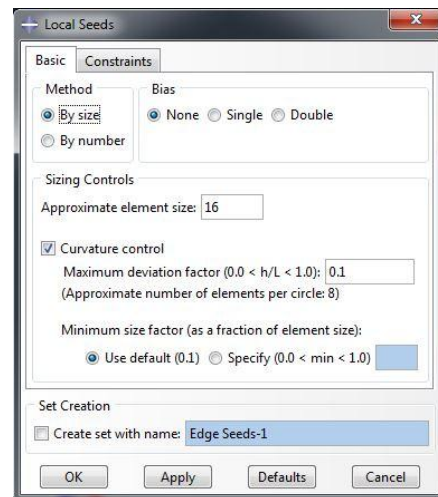
Load digunakan untuk memberikan beban, kecepatan, *boundary* pada benda uji. Pada penelitian ini saat dilakukan 1 *step* untuk proses penumbukkan. Modul *load* juga digunakan sebagai sarana untuk memasukkan tipe kondisi batas (*boundary conditions*) yang akan dibuat seperti gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9 Modul Load

2.3.7 Modul Mesh

Modul *Mesh* berfungsi membagi geometri dari benda yang akan kita buat menjadi *node* dan elemen. Kita bisa menentukan jenis *mesh* yang akan kita gunakan serta mengontrol jenis *mesh* yang kita berikan pada benda. Proses pemilihan *mesh* ini berdasarkan nilai yang terbaik, berawal dari ukuran yang besar, lalu dilakukan uji coba hingga ukuran yang terkecil. Jika hasil dari pengukuran sudah *convergen* maka besar *Mesh* terakhir yang dipakai. *Mesh* sangatlah berpengaruh terhadap hasil pengujian. Jika *mesh* semakin besar maka tegangan yang terjadi akan semakin kecil. Jika *mesh* semakin kecil maka hasil yang diperoleh akan semakin akurat. *Mesh* berpengaruh terhadap spesifikasi komputer yang digunakan. Jika *mesh* yang dibuat semakin kecil maka proses *running* dari aplikasi akan semakin lama dan membutuhkan *hardware* yang cukup memadai, untuk ukuran yang digunakan adalah 16 terlihat pada gambar 10 dibawah ini.

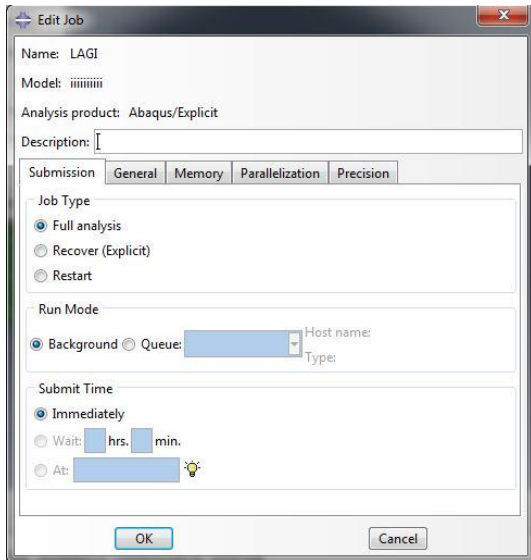


Gambar 10 Modul Mesh

2.3.8 Modul Job

Job berfungsi untuk melakukan proses *running* terhadap model yang telah kita buat. Setelah data yang kita masukkan selesai selanjutnya kita serahkan pada modul *job* untuk melakukan proses penyelesaian secara numerik. Selama proses numerik didalam *software* kita bisa memonitor dari tempat pesan yang berada dibawah *viewport* apakah

submit job berhasil atau tidak, apabila terjadi *error message* kita kembali kepada modul untuk melakukan modifikasi terhadap bagian-bagian yang masih terdapat kesalahan, pada gambar 11 berikut ini merupakan ikon untuk pembuatan job yang akan di *running*.



Gambar 11 Modul Job

3. Hasil

3.1 Perhitungan manual

Dalam penelitian ini perhitungan manual yang dilakukan dengan metode analitik., untuk DBB seperti gambar 12 dibuat menggunakan sudut 61° . Untuk perhitungan diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 12 Mekanisme Gerak Hammer

Gambar 12 diatas merupakan mekanisme gerak *hammer* pada alat. Ukuran panjang batang $r_2 = 0,01$ m, batang $r_3 = 0,285$ m, dan $\omega_2 = 113,458667$ rad/s, serta massa *hammer* = 4,74 kg
Analisa posisi

$$x = R(1 - \cos\theta) + \left(\frac{R^2}{L}\right) \sin^2\theta$$

$$= 0,01m(1 - \cos 61^\circ) + \left(\frac{0,01^2 m}{0,285m}\right) \sin^2 61^\circ$$

$$= 0,00576567201m$$

Analisa kecepatan

$$V_p = \omega_1 R \cdot \sin\theta + \omega_1 \left(\frac{R^2}{2L}\right) \sin 2\theta$$

$$= 113,458667 \text{ rad/s} \cdot 0,01m \cdot \sin 61^\circ$$

$$+ 113,458667 \text{ rad/s} \cdot \left(\frac{0,01^2 m}{2 \cdot 0,285m}\right) \sin 2 \cdot 61^\circ$$

$$= 1,009212283m / s$$

Analisa momentum

$$p = m \times V = 4,74kg \times 1,009212283 \frac{m}{s}$$

$$= 4,748666221kg \cdot m / s$$

gaya yang terjadi

Dimana Δt diperoleh dari kecepatan dan jarak *hammer* dan landasan maksimal serta jarak *hammer* dan landasan ketika dikurangi 2mm, $\Delta t = 0,00198174362$ s

$$F = \frac{p}{\Delta t} = \frac{4,748666221kg \cdot m / s}{0,00198174362 s} = 2413,86735N$$

3.2 Eksperimen

Untuk pengambilan data eksperimen yang menggunakan sensor *strain gauge* yang diaktifkan dengan mikrokontroler. *Strain gauge* ditempelkan pada bagian landasan dengan menggunakan lem yang telah ditentukan, dan diperoleh data eksperimen tertera pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Hasil Secara Analitik

| Parameter | Pengambilan data | | |
|--------------------|------------------|----------|----------|
| | Ke-1 | Ke-2 | Ke-3 |
| ΔV (mVolt) | 1,796 | 2,7436 | 2,4208 |
| E_{out} (mVolt) | 0,011869 | 0,011988 | 0,011947 |

Propertis material

Baja karbon rendah

$E = 210000$ MPa

$A = 2025,8 \text{ mm}^2$

Strain Gauge Propertis

GF= 2,1

$E_{in} = 3500$ mVolt

Dari hasil pengukuran regangan *strain gauge* pada pengukuran, maka dapat diperoleh regangan yang terjadi sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{4 \times E_{out}}{GF \times E_{in}} = \frac{4 \times 0,011869mVolt}{2,1 \times 3500mVolt}$$

$$= 0,000006460$$

Dan tegangan yang terjadi

$$\sigma = \varepsilon \times E = 0,000006460 \times 210000 \text{MPa}$$

$$= 1,3565397 \text{MPa}$$

$$F = \sigma \times A = 1,3565397 \text{MPa} \times 2025,8 \text{mm}^2$$

$$= 2748,081 \text{N}$$

Hasil pengolahan data tegangan dan gaya yang terjadi pada landasan yang memiliki luas permukaan 2025,8024 mm², maka untuk hasil ketiga data eksperimen dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2 Hasil Secara Eksperimen

| Percobaan | Tegangan(MPa) | Gaya(N) |
|-----------|---------------|----------|
| Ke-1 | 1,3565397 | 2748,081 |
| Ke-2 | 1,3700832 | 2775,518 |
| Ke-3 | 1,3537735 | 2742,478 |

Berdasarkan eksperimen diperoleh nilai gaya yang tertera pada tabel 2, nilai gaya yang diperoleh memiliki selisih yang signifikan antara eksperimen tertinggi dan terendah yaitu 33,04 N, selisih ini terjadi karena beberapa faktor. Pada saat pengambilan data eksperimen tidak dilakukan pembentukan pelat, akan tetapi pada landasan dapat diatur ketinggian maksimum landasan tersebut. Adapun faktor yang mempengaruhi nilai gaya tersebut adalah kesalahan pada pemasangan *strain gauge*, setelan ketinggian landasan dan lainnya.

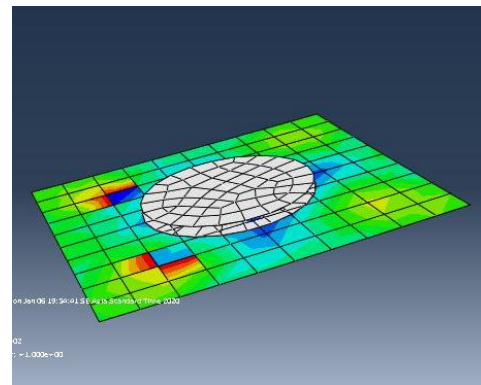
3.3 Hasil simulasi

Hasil simulasi menggunakan *software* Abaqus dengan menggunakan specimen pelat dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 1 mm. Pada hasil simulasi diperoleh gaya yang mendekati dengan perhitungan analitik. Untuk data saat terjadi penumbukkan yang diperoleh dari simulasi yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil Secara Simulasi

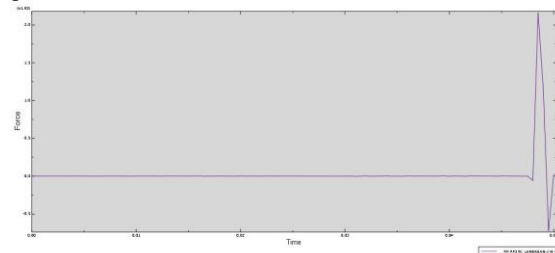
| Waktu (s) | Gaya (N) |
|-----------|----------|
| 0,048501 | 2165,961 |

Saat terjadinya tumbukan antara pendulum dan pelat yang ditahan oleh landasan, kita dapat melihat respon pelat yang mengalami tegangan. Seperti padagambar 13 berikut ini yang merupakan reaksi dari tumbukan yang terjadi.



Gambar 13 Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi reaksi yang terjadi pada pelat terlihat kritis pada bagian tepi dari landasan sementara gaya terbesar berada pada bagian landasan dengan nilai gaya sebesar 2165,961 N. Pada simulasi diperoleh juga grafik gaya yang terjadi disetiap waktunya, dapat dilihat pada gambar 14 dibawah ini.



Gambar 14 Grafik Gaya vs Waktu

4. Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa alat dar *planishing hammer* dengan melihat gaya yang mampu diberikan alat, penelitian ini dilakukan dengan 3 metode yaitu perhitungan manual yang dihitung secara analitik, eksperimen yang diukur dengan menggunakan *strain gauge*, dan simulasi dengan menggunakan Abaqus. Nilai gaya dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4 Hasil Nilai Gaya yang Diperoleh

| Metode Pengambilan Data | | |
|-------------------------|----------------|-------------|
| Analitik (N) | Eksperimen (N) | Simulasi(N) |
| | 2748,081 | |
| 2413,86735 | 2775,518 | 2165,961 |
| | 2742,478 | |

Dari data nilai gaya diatas dapat dilihat perbedaan nilai yang diperoleh. Perbedaan diatas terjadi dari beberapa faktor seperti *human error*, kalibrasi alat ukur dan sebagainya. Selisih dari nilai gaya yang yang diperoleh secara analitik dan

simulasi adalah sebesar 247,90635 N, tidak sebesar selisih antara analitik dan eksperimen adalah sebesar 328,61065 N untuk nilai eksperimen terkecil.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Dengan spesifikasi alat *planishing hammer* ini dapat dilihat nilai gaya-gaya yang terjadi pada proses penumbukan baik secara perhitungan manual maupun eksperimen. Nilai gaya-gaya yang terjadi berdasarkan perhitungan manual adalah 2413,86735 N yang dihitung dengan menggunakan metode analitik.
- 2) Dapat membangun simulasi dengan menggunakan *software* Abaqus. Dimana simulasi yang dibangun dengan analisis beban impact yang diberikan dengan spesifikasi yang ada pada alat *planishing hammer*. Pada simulasi ini, maka nilai gaya yang terjadi pada saat penumbukan dapat diperoleh nilai gaya sebesar 2165,961 N.
- 3) Dilihat dari nilai gaya dengan tiga metode yang dilakukan diatas, maka kita dapat mengetahui selisih dari tiga metode tersebut. Dimana selisih metode analitik dengan simulasi adalah 247,90635 N. Dan metode analitik dengan eksperimen ke-3 adalah 328,61065 N. Berdasar hasil penelitian dapat diketahui performa alat *planishing hammer* mampu memberikan beban saat melakukan pembentukan pelat diatas 2100 N.

Daftar Pustaka

- [1] Ridwan, Fauza, 2018. Pembuatan Alat Pembentuk Pelat Dengan Sistem Pengerolan dan Penumbukan. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru.
- [2] Nurachmandani, Setya. 2009. Fisika 2 : Untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Grahaadi.
- [3] Ranjbarkohan, M. (2010). *Kinematics and Kinetics Analysis of The Slider Crank Mechanism in Otto Linear Four Cylinder Z24 Engine. Journal of Mechanical Engineering Research.*
- [4] Callister Jr, William D. 2014. *Materials Science And Engineering An Introduction*, 9th Edition, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- [5] Alchazin, Syaiful Arief Budiman. 2010. Perhitungan Ekuivalen *Stress* Rangka Utama Sepeda Lipat “*Student version*” menggunakan *Strain Gauge* dengan kombinasi konfigurasi *2-gauge* dan *4-gauge*. Universitas Indonesia, Depok.
- [6] Figliola, Richard S, Beasley, Donald E. 2011. *Theory and Design for Mechanical Measurement, 5th Edition*. New Jersey: John Willey & Sons. Inc.