

## ANALISA BEBAN *STATIC* PADA TABUNG APAR TEPUNG BIJI DURIAN MENGGUNAKAN METODE *CAE* (*COMPUTER AIDED ENGINEERING*)

Roby Alfiah Harahap<sup>1\*</sup>, Chandra Amirsyah Putra Siregar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Kota Medan 20238  
Email : \*roblyalfiah1212@gmail.com

### Artikel Info

#### Artikel Historis :

Terima 24 September 2023

Terima dan di revisi 28 September 2023


Disetujui 31 Oktober 2023

#### Kata Kunci :

Apar (Alat Pemadam Api Ringan), *CAE* (*Computer Aided Engineering*), analisis statik (tegangan, regangan dan perubahan bentuk), tepung biji durian, *carbon steel*.

### Abstrak

Dengan semakin bertambahnya ilmu pengetahuan teknologi khususnya di dunia industri saat ini mengalami kemajuan yang semakin pesat akan membawa akibat dan pengaruh terus meningkatnya kebutuhan berbagai alat bantu untuk memudahkan dan memperlancar pekerjaan di berbagai bidang baik sebagai pelengkap maupun produk utama. Hal ini yang mendorong kami untuk merancang bangun serta menganalisis suatu alat APAR (Alat Pemadam Api Ringan) menggunakan bahan dasar komposisi tepung biji durian dan Nitrogen (N). Material yang digunakan dalam pembuatan apar ini adalah *karbon steel* dengan ukuran Panjang 530 mm, diameter : 150 mm dan ketebalan tabung 6 mm. Karena adanya fluida statis pada apar, maka analisis yang dilakukan adalah analisa beban statis pada tabung apar tepung biji durian dengan menggunakan metode *CAE* (*Computer Aided Engineering*) yaitu meliputi tegangan / *stress*, regangan / *strain* dan perubahan bentuk / *displacement* pada setiap elemen tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan normal minimal 16 bar dan maksimal 18 bar. Hasil dari analisa ini menunjukkan tegangan / *stress* sebesar  $0,607 \text{ N/mm}^2$  dan mengalami regangan *ESTRN*  $2.817e - 06$  kemudian mengalami perubahan bentuk / *displacement* sebesar  $1.000e - 30$  mm pada variabel tekanan normal minimal 16 bar. Kemudian dengan variabel tekanan normal maksimal 18 bar mendapatkan hasil tegangan / *stress* sebesar  $0.545 \text{ N/mm}^2$  dan mengalami regangan *ESTRN*  $2.817e - 06$  kemudian mengalami perubahan bentuk / *displacement* sebesar 1.000-30 mm.

 This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International licens

---

**Keywords :**

*Light Fire Extinguisher, CAE (Computer Aided Engineering), static analysis (stress, strain and displacement), durian fruit seed flour, carbon steel.*

**Abstract**

*With the increasing science of technology, especially in the industrial world, currently experiencing increasingly rapid progress will bring consequences and influences to the continued need for various tools to facilitate and expedite work in various fields both as complements and main products. This is what drives us to design, build and analyze an APAR (Light Fire Extinguisher) using the basic ingredients of durian seed flour and Nitrogen (N). The material used in making this apar is carbon steel with a length of 530 mm, diameter: 150 mm and tube thickness of 6 mm. Because of the static fluid in the apar, the analysis carried out is load static analysis on durian seed flour apar tubes using the CAE (Computer Aided Engineering) method, which includes stress, strain and changes in shape / displacement on each element of the durian seed flour fire extinguisher tube with normal pressure variables of at least 16 bar and a maximum of 18 bar. The results of this analysis showed a stress of  $0.607 \text{ N/mm}^2$  and experienced an ESTRN strain of  $2.817e - 06$  then underwent a change in shape / displacement of  $1,000e - 30 \text{ mm}$  at a normal pressure variable of at least 16 bar. Then with a normal pressure variable of a maximum of 18 bar get a stress result of  $0.545 \text{ N/mm}^2$  and experience an ESTRN strain of  $2.817e - 06$  then experience a change in shape / displacement of  $1,000-30 \text{ mm}$ .*

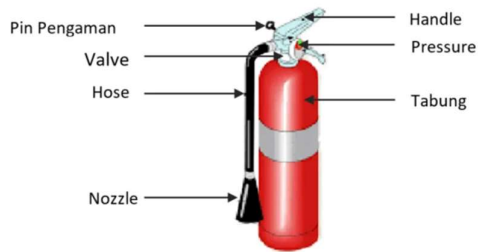
---

**PENDAHULUAN**

Apar adalah Alat pemadam api ringan (*Fire Extinguisher*) serta mudah digunakan oleh suatu orang untuk memadamkan api pada mula terjadi kebakaran [1]. Jenis alat pemadam api ringan berbahan kimia ada bermacam – macam. Salah satunya adalah berbahan dasar bubuk kimia kering atau *dry chemical*, biasanya apar dengan bahan dasar bubuk kimia kering / *dry chemical* akan dicampur dengan fluida yang bertekanan contohnya Nitrogen (N). Apar juga merupakan jenis bejana tekan. Tekanan pada tabung apar berasal dari isi dan fungsi tabung sebagai tempat penyimpanan fluida gas yang bertekanan. Keselamatan merupakan masalah yang sangat diperhatikan dalam proses perancangan dan pengoperasian suatu bejana tekan. Oleh sebab itu, metode analisis yang digunakan dalam semua kegiatan tersebut harus teliti dan kuat sehingga mampu memprediksi berbagai kondisi pengoperasian, baik pada kondisi operasi normal maupun pada saat

terjadi kecelakaan. Perbandingan bahan dan tekanan pada tabung apar tepung biji durian sangat penting untuk diketahui, karena faktor tersebut mempengaruhi apakah desain bejana tekan yang digunakan baik atau tidak [2]. Analisis *static* merupakan analisa yang bertujuan untuk menentukan respons struktur atau sistem terhadap beban statis yang dikenakan, seperti beban gravitasi, tekanan, atau beban lainnya yang tidak berubah seiring waktu. Dalam analisa *static*, struktur atau sistem dianggap memiliki sifat linear elastis, artinya respons struktur terhadap beban statis bersifat proporsional dengan besarnya beban [3]. Analisa ini tidak mempertimbangkan faktor waktu atau dinamika, dan beban yang dikenakan dianggap tidak berubah seiring waktu. Dalam analisa *static*, hasil yang dihasilkan adalah distribusi tegangan dan deformasi pada struktur atau sistem yang dianalisis. Hasil ini dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur atau sistem, menentukan apakah struktur atau sistem aman

dari kegagalan, dan memperbaiki desain jika diperlukan. *CAE* adalah penggunaan perangkat lunak komputer untuk membantu tugas analisis teknik. Perangkat lunak ini mencakup *FEA* ( *Finiter Element Analysis* ), Dinamika Fluida atau *CFD* ( *Computational Fluid Dynamics* ), Dinamika *Multibody* atau ( *Multibody Dynamics* ) dan optimalisasi. Sistem *CAE* membantu desainer untuk memverifikasi kinerja dari suatu objek konseptual. Berdasarkan analisis tersebut, desainer mengubah desainnya jika diperlukan. Oleh karena itu, sistem *CAE* seringkali bergantung pada sistem CAD untuk melakukan berbagai jenis analisis [6]



**Gambar 1.** Bagian – bagian Apar

Pada penelitian ini tabung apar dirancang dengan ukuran tinggi 53 cm, Diameter tabung 15 cm dan kapasitas isi 6 kg. Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir karena tidak dapat menahan tegangan geser. Dalam alirannya, fluida dapat menyesuaikan diri dengan bentuk sembarang wadah yang ditempatinya. Setiap fluida memiliki densitas yang berbeda- beda. Densitas atau massa jenis ( $\rho$ ) merupakan ukuran konsentrasi zat yang dinyatakan dalam massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung perbandingan massa zat yang terkandung dalam suatu bagian [4]. Tegangan adalah kumpulan gaya (*force*) pada suatu permukaan benda. Semakin sempit luasan permukaan namun gaya tetap, maka tegangan semakin besar. Tegangan terbesar ditunjukkan pada gradasi warna paling merah, terkecil adalah paling biru [5]. Beberapa jenis deformasi yang bergantung pada sifat elastisitas benda, antara lain tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Tegangan menunjukkan kekuatan gaya yang menyebabkan perubahan bentuk benda. Regangan merupakan ukuran

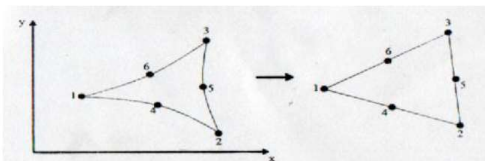
mengenai seberapa jauh batang tersebut berubah bentuk [5].

*Displacement* adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya dan *displacement* merupakan hasil dari analisis struktur statis menggunakan metode elemen yaitu *deformation* atau *displacement* [5]. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel / Mild steel*) yang mengandung kadar karbon sampai 0.30%. Strukturnya terdiri dari ferrit dan sedikit perlit, sehingga baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak tetapi keuletannya tinggi. Baja ini tidak dapat dikeraskan, kecuali dengan pengerasan permukaan. Tabung APAR (*Tube*) sendiri terbuat dari bahan baja paduan (*mild steel*) yang banyak diterapkan di dalam kimia, metalurgi dan mekanik. Alasan penggunaan bahan ini adalah agar tahan terhadap bahan kimia serta tahan terhadap tekanan yang terukur. Tujuannya adalah untuk meminimalisir risiko kebocoran [3]. Modulus elastisitas adalah angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda itu. Modulus elastisitas suatu benda didefinisikan sebagai kemiringan dari kurva tegangan regangan di wilayah *deformasi elastisitas*. Bahan baku akan memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi. Modulus elastisitas dirumuskan dengan :

$$\lambda = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} \quad (1)$$

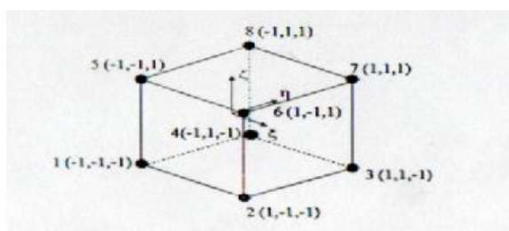
Di mana tegangan adalah gaya menyebabkan deformasi dibagi dengan daerah dimana gaya diterapkan dan regangan adalah rasio perubahan beberapa parameter panjang yang disebabkan oleh deformasi ke nilai asli dari parameter panjang. Jika stres diukur dalam pascal, kemudian karena regangan adalah besaran tak berdimensi, maka Satuan untuk  $\lambda$  akan pascal juga. *Yield strength* adalah tegangan minimum ketika suatu material kehilangan elastisitasnya. Ketika tekanan pada suatu material perlahan lahan meningkat, maka regangan akan meningkat secara proporsional, jika gaya yang bekerja pada suatu material maka material tersebut akan kembali ke bentuk semula. Ketika suatu material dapat melakukan itu, maka itulah yang disebut sebagai elastisitas.

Jika tekanan itu terus meningkat, maka material akan mencapai pada titik cacat / rusak, bahkan ketika kekuatan deformasi dihilangkan, material tidak dapat kembali ke bentuk aslinya. Tegangan dimana suatu material berhenti bersifat elastis maka itu disebut dengan kekuatan luluh / *yield strength*. Elemen 3-dimensi yang umum digunakan adalah elemen 4 sisi (*hexahedron*). Sama dengan elemen 2 – dimensi, jumlah node pada elemen menentukan fungsi *aproksimasi* pada elemen terkait [6]. Beberapa tipe elemen 3- dimensi dengan berbagai fungsi interpolasi akan kita pelajari pada bagian ini. Ringkasan tipe – tipe elemen ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



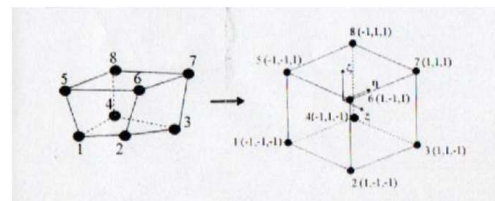
**Gambar 2.** Elemen Kuadratik sisi lekuk isoparametrik 6 node pada (a) sistem sumbu kartesian (fisikal); (b) sistem sumbu natural.

Pada gambar 2.3 menggambarkan elemen 3 – dimensi linier heksahedron elemen dengan semua sisi sejajar dengan koordinat sistem x, y dan z dikenal sebagai elemen *heksahedral* atau elemen enam sisi [7]. Solusi untuk elemen ini diberikan oleh persamaan interpolasi berikut.



**Gambar 3.** Elemen linier 3-dimensi (*hexahedron*) dalam sistem koordinasi natural.

Elemen linier heksahedron *isoparametrik* berbeda dengan elemen linier heksahedron pada permukaan elemen dimana pada elemen ini permukaan dari elemen tidak sejajar dengan sumbu Kartesian [7]. Ilustrasi elemen ini dengan menggunakan sumbu natural ( *natural coordinate system*) di berikan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Elemen linier heksahedron isoparametrik pada (a) sistem sumbu kartesian (fisikal); (b) sistem sumbu natural.

[7] fungsi linear tetrahedron diberikan oleh :

$$U(e) = S1u1 + S2u2 + S3u3 + S4u4 \quad (2)$$

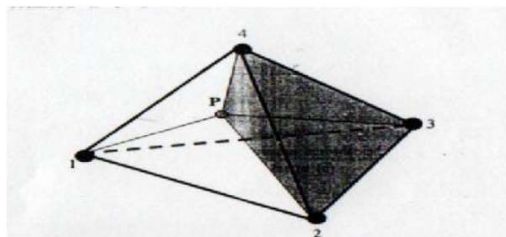
Sama seperti elemen linier triangular, fungsi-fungsi bentuk  $s_1, s_2, s_3$  dan  $s_4$  oleh koordinat volume seperti :

$$L1 = \frac{\text{Volume } p-2-3-4}{\text{volume } 1-2-3-4} = \frac{V1}{V} \quad (3)$$

$$L2 = \frac{\text{Volume } p-1-3-4}{\text{volume } 1-2-3-4} = \frac{V2}{V} \quad (4)$$

$$L4 = \frac{\text{Volume } p-1-2-4}{\text{volume } 1-2-3-4} = \frac{V3}{V} \quad (5)$$

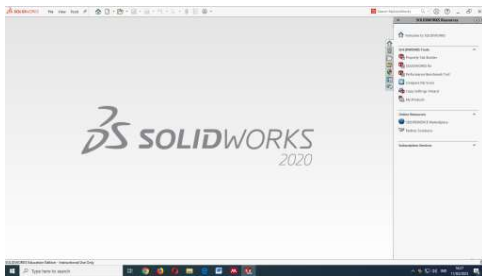
$$L5 = \frac{\text{Volume } p-1-2-3}{\text{volume } 1-2-3-4} = \frac{V4}{V} \quad (6)$$



**Gambar 5.** Koordinat volume pada elemen linier tetrahedron

*CAE* adalah penggunaan perangkat lunak komputer untuk membantu tugas analisis teknik. Perangkat lunak ini mencakup *FEA* ( *Finiter Element Analysis* ), Dinamika Fluida atau *CFD* ( *Computational Fluid Dynamics* ), Dinamika *Multibody* atau ( *Multibody Dynamics* ) dan optimalisasi. Sistem *CAE* membantu desainer untuk memverifikasi kinerja dari suatu objek konseptual. Berdasarkan analisis tersebut, desainer mengubah desainnya jika diperlukan. Oleh karena itu, sistem *CAE* seringkali bergantung

pada sistem CAD untuk melakukan berbagai jenis analisis [8] *SolidWorks* adalah program komputer untuk pemodelan *CAD (Computer Aided Design)*, *CAM (Computer Aided Manufacturing)* dan *CAE (Computer Aided Engineering)* yang dikembangkan dan diterbitkan oleh *Dassault System*, yang berjalan pada sistem operasi *Microsoft Windows*. *Solidworks* pada umumnya digunakan oleh insinyur atau desainer untuk merancang *part* permesinan atau susunan *part* permesinan yang ditampilkan dalam 3D atau tampilan 2D untuk gambar proses permesinan [9]. Pada penelitian ini *software solidworks* yang dipakai adalah *solidworks 2020*, alasan dari pemilihan *software* ini adalah karena sudah dilengkapi program *CAE (Computer Aided Engineering)* dengan fitur simulasi yang menghasilkan data visual dan angka.



Gambar 6. Software Solidworks

Berikut adalah spesifikasi dari *software solidworks2020*: *Operating Systems : Windows 11*, 64 – bit *Hardware and Hypervisors : Processor 64 – bit ;intel / AMD RAM : 16 GB or more Graphics : Certified cards and drivers MS SQL : SQL 2019 CU4 required eDrawings For Mac : macOS Monterey (12.0)*

## METODE PENELITIAN

Tempat pelaksanaan penulisan tugas akhir Analisis *Static* Pada Tabung Apar Tepung Biji Durian DENGAN METODE *CAE(Computer Aided Engineering)* menggunakan *software Solidworks* dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah

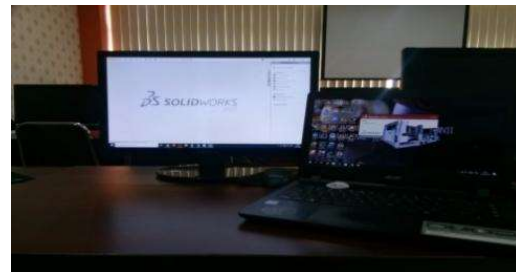
Sumatera Utara. Jl. Kapten Muchtar Basri No. 03 Medan. Waktu pelaksanaan penelitian ini di mulai dari tanggal di sahkannya usulan judul Analisis *Static* Pada Tabung Apar Tepung Biji Durian Dengan Metode *CAE (Computer Aided Engineering)* oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin yaitu pada tanggal 7 Juni 2023 sampai dengan September 2023 (kurang lebih 4 bulan) dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

## Alat dan Bahan

Pada Penelitian ini alat yang diperlukan adalah :

### 1. Perangkat Komputer

Perangkat Komputer yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk menjalankan *software Solidworks*. Maka pada penelitian ini perangkat komputer harus memadai dan sudah terinstalasi *software Solidworks*.



Gambar 7. Perangkat Komputer

### 2. Alat Tulis

Alat tulis digunakan untuk mencatat data dan hasil perhitungan yang dilakukan saat menganalisis data dan akan di evaluasi secara tertulis.



Gambar 8. Alat Tulis

### 3. Flashdisk

Flashdisk berfungsi untuk menyimpan data yang keluar setelah dilakukan analisa di perangkat komputer. Pada penelitian ini flashdisk yang digunakan memiliki kapasitas penyimpanan 8 GB.



Gambar 9. Flashdisk

### Bahan

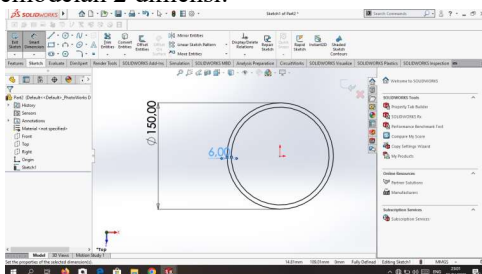
Bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah data sekunder. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, terkait dengan Rancang Bangun Tabung Apar Tepung Biji Durian, Maka dari itu data berupa ukuran dari tabung apar menjadi bahan dasar untuk melakukan penelitian ini dengan rincian:

- a. Diameter : 150 mm
- b. Tinggi : 530 mm
- c. Ketebalan tabung : 6 mm

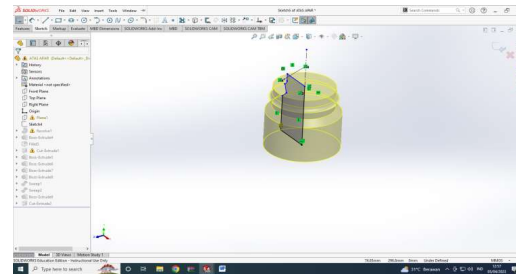
### Prosedur Penelitian

#### 1. Tahap perancangan 2 dimensi

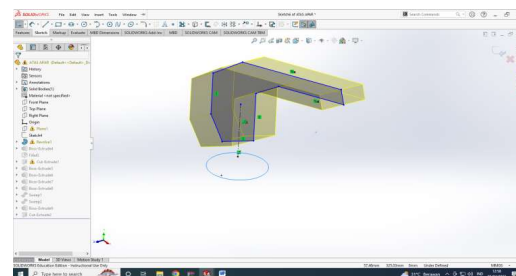
Pada tahap ini terlebih dahulu menggambar tabung apar dalam bentuk 2 dimensi, dengan memberikan lingkaran  $\varnothing 150$  mm dengan ketebalan plat 6 mm, kemudian menggambar tutup pada tabung apar dengan pemodelan 2 dimensi.



Gambar 10. Desain 2 dimensi tabung apar



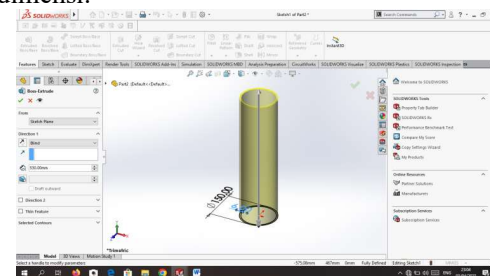
Gambar 11. Desain 2 dimensi tutup tabung apar



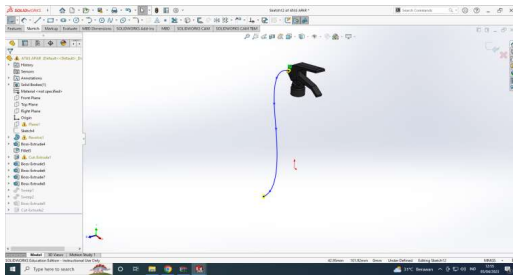
Gambar 12. Desain 2 dimensi tuas tabung apar

#### 2. Tahap pemodelan 3 dimensi

Setelah menggambar dengan pemodelan 2 dimensi, maka dilanjutkan ke tahap pemodelan 3 dimensi pada masing – masing gambar yang masih dalam pemodelan 2 dimensi.



Gambar 13. Desain 3 dimensi tabung apar



**Gambar 14.** Desain 3 dimensi bagian atas tabung apar

### 3. Tahap *assembly part*

Setelah jadi dalam pemodelan 3 dimensi maka akan dilanjutkan ke tahap *assembly* pada masing – masing *part* agar menjadi gambar utuh tabung apar.



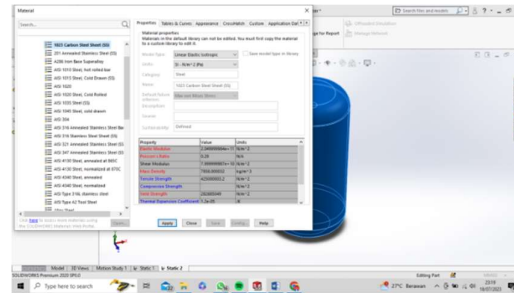
**Gambar 15.** *assembly part* tabung dan tutup apar

### 4. Simulasi Tabung Apar

Setelah selesai tahap desain maka dilanjut ke tahap analisa. Analisa dilaksanakan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara menggunakan metode *CAE* dengan bantuan *software Solidworks 2020*. Berikut adalah tahap pelaksanaan analisa pada tabung apar:

#### 5. Pemilihan objek yang akan dianalisis

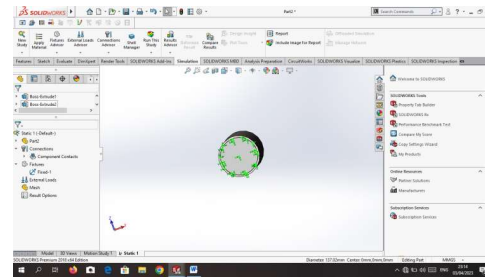
Langkah awal pada tahap ini adalah dengan membuka objek yang akan dianalisis melalui *software solidworks*. Setelah itu dilanjutkan dengan memberikan atau menetapkan material apa yang akan dianalisis melalui *software solidworks*. Bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah *Carbon Steel*.



**Gambar 16.** Pemilihan bahan material

#### 6. Penetapan titik tumpuan pada objek yang akan dianalisa.

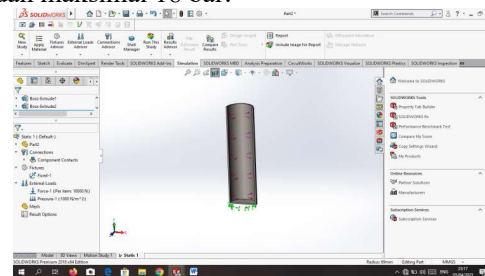
Pada bagian ini dipilih sisi atau entitas yang diasumsikan tersambung dengan benda lain ataupun yang menempel dengan tanah dan menjadi sisi yang tidak bergerak selama proses simulasi dilakukan.



**Gambar 17.** Penetapan titik tumpuan pada objek

#### 7. Penetapan tekanan pada objek penelitian

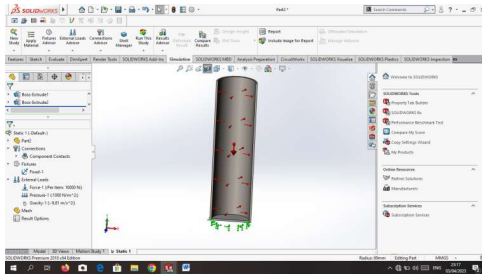
Disini bagian yang mengalami gaya adalah sisi dalam tabung. Ada berbagai jenis beban eksternal yang bisa *diinput*, beberapa diantaranya adalah *Force*, *Pressure*, *Torque*, dll. Pada pengujian ini kita akan menyimulasikan *pressure* pada tabung apar dengan 2 variabel tekanan yaitu minimal 16 bar dan maksimal 18 bar.



**Gambar 18.** Penetapan tekanan pada objek

8. Penetapan gaya gravitasi pada objek penelitian

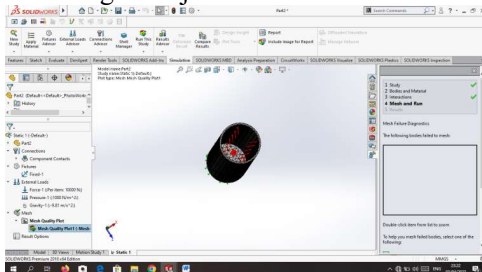
Gaya gravitasi ditetapkan sebesar  $9.81 \text{ m/s}^2$ .



Gambar 19. Penetapan gravitasi pada objek

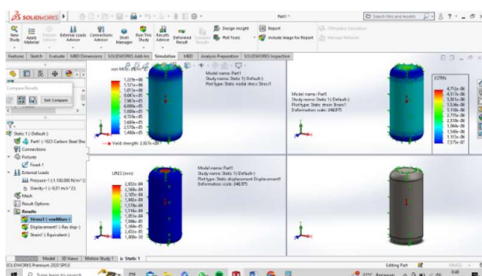
9. Meshing

Setelah penginputan batasan kondisi pada model sudah selesai, maka dilakukan meshing pada objek. Pada proses ini kita menentukan elemen-elemen yang akan dipengaruhi oleh tekanan / *pressure* yaitu seluruh bagian objek.



Gambar 20. Meshing

6. Run simulation



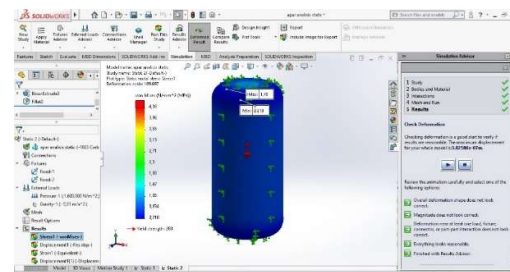
Gambar 21. Analisa simulasi

7. Evaluasi

Setelah selesai tahap pengujian maka akan mengeluarkan data yang diperoleh. Kemudian dilanjut ke tahap berikutnya yaitu evaluasi dengan mengoleksi dan memvalidasi data yang akan diperlukan terkait dengan Analisis *static* pada tabung apar tepung biji durian. Evaluasi dilaksanakan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan bantuan alat tulis dan *flashdisk*.

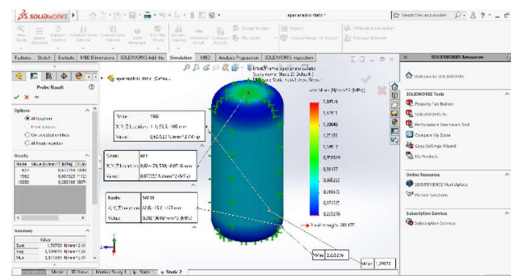
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada di dalam tabung dengan *stress* / tegangan maksimal  $1.79 \text{ N/mm}^2$  dan *yield strength*  $283 \text{ N/mm}^2$ .



Gambar 22. Nilai *stress* dengan tekanan 16 bar

Setelah mendapatkan nilai tegangan pada simulasi tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 16 bar, kemudian kita akan menginterpolasi nilai *stress* / tegangan pada tabung apar dengan nilai minimal dan maksimalnya, agar dapat menentukan nilai *stress* / tegangan merata pada setiap elemennya.



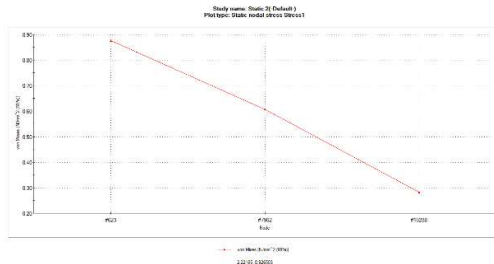
**Gambar 23.** Hasil *interpolasi stress* dengan tekanan 16 bar

Pada proses ini terinterpolasi nilai *stress* / tekanan merata pada setiap elemen material *carbon steel* pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 16 bar seperti pada gambar 22 dan tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai *stress* dengan tekanan 16 bar

No	Tegangan ( $N/mm^2$ )
1	0.282196 $N/mm^2$
2	0.607529 $N/mm^2$
3	0.877359 $N/mm^2$

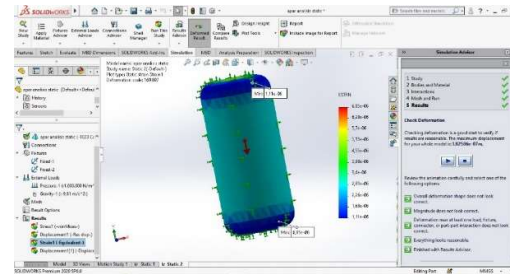
Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai *node* dengan nilai *stress* seperti yang tertera pada gambar 23. Didapatkan nilai *Node* 623 sebanding dengan nilai *stress* 0.877359  $N/mm^2$ , pada nilai *node* 7962 didapatkan nilai *stress* 0.607529  $N/mm^2$  dan nilai *node* 10288 didapatkan nilai *stress* 0.282196  $N/mm^2$ .



**Gambar 24.** Grafik hasil simulasi *stress* dengan tekanan 16 bar

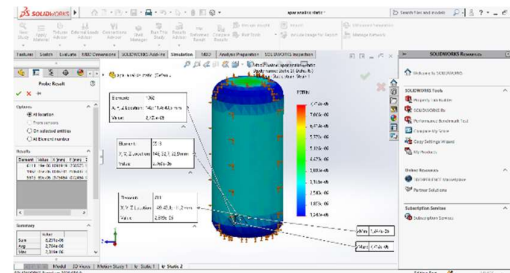
**Strain / regangan maksimal pada variabel tekanan 16 bar**

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada di dalam tabung dengan nilai *ESTRN* maksimal 6.85e - 06 dan minimal 1.11e - 06 seperti yang di perlihatkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 25.** Nilai *strain* dengan tekanan 16 bar

Kemudian setelah mendapatkan nilai maksimal maka kita akan menginterpolasi *strain* / regangan pada tabung apar dengan nilai minimal dan maksimalnya, agar dapat menentukan nilai *strain* / regangan pada setiap elemennya.



**Gambar 26.** Hasil *interpolasi strain* dengan tekanan 16 bar

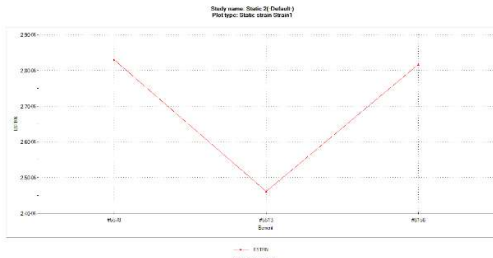
Pada proses ini terinterpolasi nilai *strain* / regangan merata pada setiap elemen material *carbon steel* pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 16 bar seperti pada gambar 26 dan tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai *strain* dengan tekanan 16 bar

No	Regangan
1	2.817e-06
2	2.462e-06
3	2.829e-06

Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai elemen dengan besar *strain* / regangan seperti yang tertera pada gambar 26. Didapatkan nilai elemen 5578 mengalami *strain* / regangan 2.829e - 06 *ESTRN*, pada nilai elemen 5513 mengalami

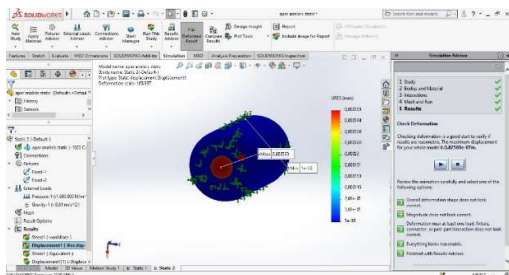
strain / regangan  $2.462e - 06$  *ESTRN* dan nilai elemen 6156 mengalami strain / regangan  $2.817e - 06$  *ESTRN*.



Gambar 27. Grafik hasil simulasi strain dengan tekanan 16 bar

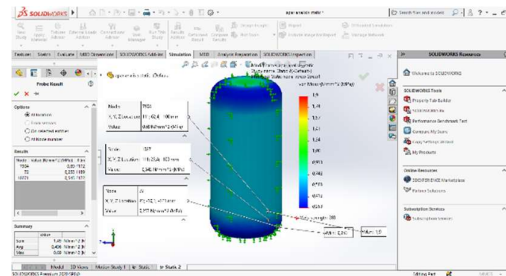
**Displacement / Perubahan bentuk variabel tekanan 16 bar**

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada di dalam tabung dengan nilai maksimal 0.000383 mm dan minimal  $1e - 30$  mm seperti yang di perlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 28. Nilai displacement dengan tekanan 16 bar

Kemudian setelah mendapatkan nilai maksimum maka kita akan menginterpolasi displacement pada tabung apar dengan nilai minimal dan maksimalnya, agar dapat menentukan nilai displacement / perubahan bentuk pada setiap elemennya.



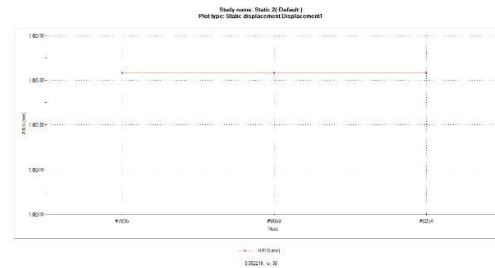
Gambar 29. Hasil interpolasi displacement dengan tekanan 16 bar

Pada proses ini terinterpolasi nilai displacement / perubahan bentuk merata pada setiap elemen material carbon steel pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 16 bar seperti pada gambar 29 dan tabel 3.

Tabel 3. Nilai displacement dengan tekanan 16 bar

No	Displacement / Perubahan bentuk ( mm )
1	1.000e-30
2	1.000e-30
3	1.000e-30

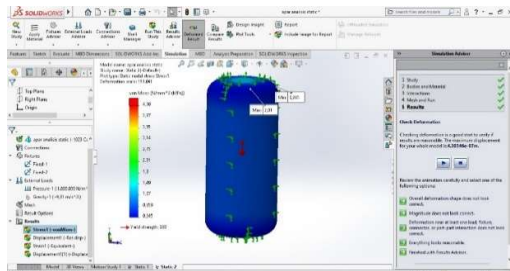
Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai node dengan nilai displacement seperti yang tertera pada gambar 29. Didapatkan nilai node 7935 mengalami displacement / perubahan bentuk sebesar  $1.000e - 30$ , pada nilai node 9659 mengalami displacement / perubahan bentuk sebesar  $1.000e - 30$  dan nilai node 8254 mengalami displacement / perubahan bentuk sebesar  $1.000e - 30$ .



Gambar 30. Grafik hasil simulasi displacement dengan tekanan 16 bar

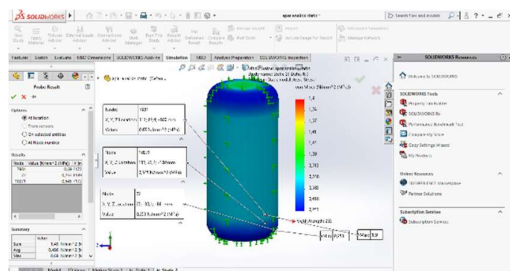
**Stress / tegangan maksimal pada variabel tekanan 18 bar**

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada di dalam tabung dengan *stress* / tegangan *maximal* 2.01 N/mm<sup>2</sup> dan minimal 0.245 N/mm<sup>2</sup> dan 283 *yield strength* N/mm<sup>2</sup>.



**Gambar 31.** Nilai *stress* dengan tekanan 18 bar

Setelah mendapatkan nilai tegangan pada simulasi tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 18 bar, kemudian kita akan menginterpolasi *stress* / tegangan pada tabung apar dengan nilai minimal dan maksimalnya, agar dapat menentukan nilai *stress* / tegangan pada setiap elemennya.



**Gambar 32.** Hasil *interpolasi stress* dengan tekanan 18 bar

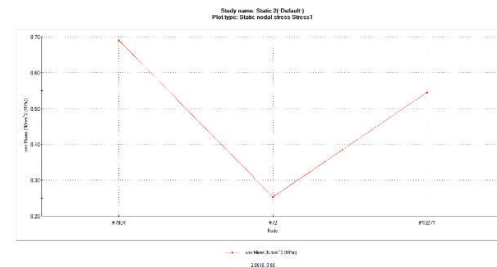
Pada proses ini terinterpolasi nilai *stress* / tekanan merata pada setiap elemen material *carbon steel* pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 18 bar seperti pada gambar 32 dan tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai *stress* pada tabung apar dengan tekanan 18 bar

No	Tegangan ( N/mm <sup>2</sup> )
1	0.253 N/mm <sup>2</sup>

2	0.545 N/mm <sup>2</sup>
3	0.69 N/mm <sup>2</sup>

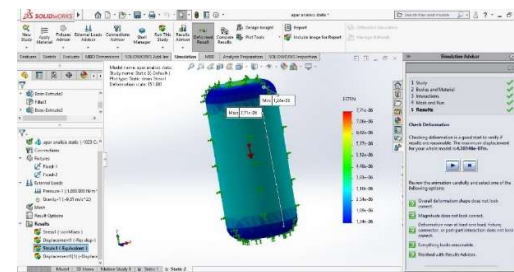
Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai *node* dengan nilai *stress* seperti yang tertera pada gambar 32. Didapatkan nilai *node* 7904 mengalami *stress* / tekanan sebesar 0.69 N/mm<sup>2</sup>, pada nilai *node* 72 mengalami *stress* / tekanan sebesar 0.253 N/mm<sup>2</sup> dan nilai *node* 10271 mengalami *stress* / tekanan sebesar 0.545 N/mm<sup>2</sup>.



**Gambar 33.** Grafik hasil simulasi *stress* dengan tekanan 18 bar

**Strain / regangan maksimal pada variabel tekanan 18 bar**

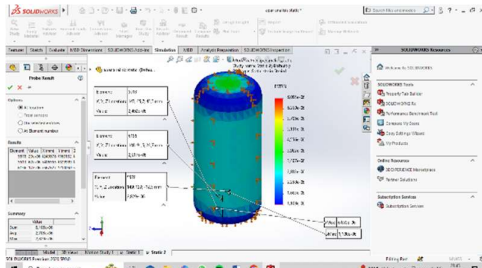
Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada didalam tabung dengan nilai *ESTRN* maksimal 7.71e-06 dan minimal 1.24e-06 seperti yang di perlihatkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 34.** Nilai *strain* dengan tekanan 18 bar

Kemudian setelah mendapatkan nilai maksimum maka kita akan menginterpolasi *strain* / regangan pada tabung apar dengan nilai minimal dan maksimalnya, agar dapat

menentukan nilai *strain* / regangan pada setiap elemennya.



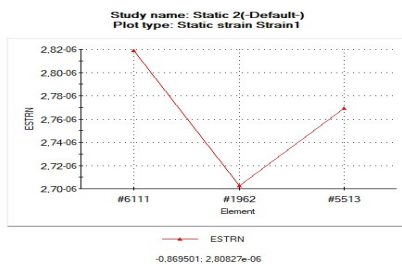
**Gambar 35.** Hasil interpolasi *strain* dengan tekanan 18 bar

Pada proses ini terinterpolasi nilai *strain* / regangan merata pada setiap elemen material *carbon steel* pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 18 bar seperti pada gambar 35 dan tabel 5.

**Tabel 5.** Nilai *strain* pada tabung apar dengan tekanan 18 bar

No	Regangan
1	2.82e-06
2	2.70e-06
3	2.77e-06

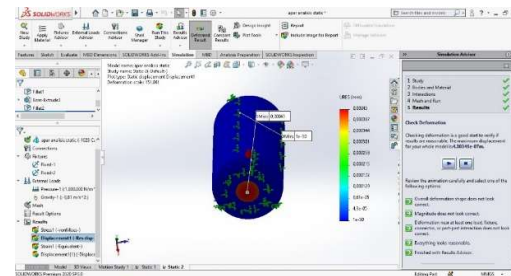
Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai elemen dengan besar *strain* / regangan seperti yang tertera pada gambar 35. Didapatkan nilai elemen 6111 mengalami *strain* / regangan 2.82e – 06 *ESTRN*, pada nilai elemen 1962 mengalami *strain* / regangan 2.70e – 06 *ESTRN* dan nilai elemen 5513 mengalami *strain* / regangan 2.77e – 06 *ESTRN*.



**Gambar 36.** Grafik hasil simulasi *strain* dengan tekanan 18 bar

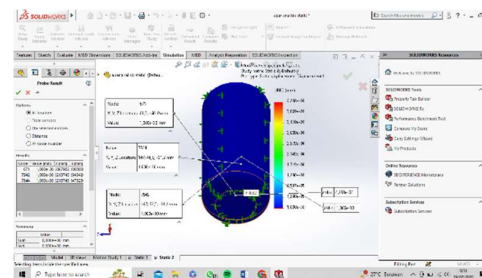
**Displacement / Perubahan bentuk variabel tekanan 18 bar**

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada di dalam tabung dengan nilai maksimal 0.00043mm dan minimal 1e-30 mm seperti yang di perlihatkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 37.** Nilai *displacement* dengan tekanan 18 bar

Kemudian setelah mendapatkan nilai maksimum maka kita akan menginterpolasi *displacement* pada tabung apar dengan nilai minimal dan maksimalnya, agar dapat menentukan nilai *displacement* / perubahan bentuk pada setiap elemennya.



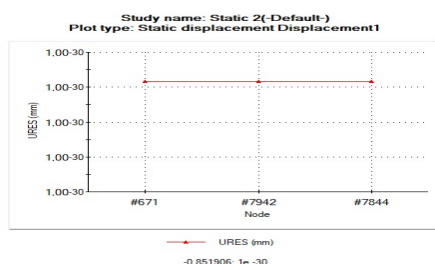
**Gambar 38.** Hasil interpolasi *displacement* pada tabung apar

Pada proses ini terinterpolasi nilai *displacement* / perubahan bentuk merata pada setiap elemen material *carbon steel* pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 18 bar seperti pada gambar 38 dan tabel 6.

**Tabel 6.** Nilai *displacement* pada tabung apar dengan tekanan 18 bar

No	Displacement / Perubahan bentuk ( mm )
1	1.000e-30
2	1.000e-30
3	1.000e-30

Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai *node* dengan nilai *displacement* seperti yang tertera pada gambar 38. Didapatkan nilai *node* 671 mengalami *displacement* / perubahan bentuk sebesar 1.000e – 30, pada nilai *node* 7942 mengalami *displacement* / perubahan bentuk sebesar 1.000e – 30 dan nilai *node* 7844 mengalami *displacement* / perubahan bentuk sebesar 1.000e – 30.



**Gambar 39.** Grafik hasil simulasi *displacement* dengan tekanan 18 bar

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini Analisis *Static* Pada Tabung Apar Tepung Biji Durian Menggunakan Metode *CAE* ( *Computer Aided Engineering* ) dengan tekanan normal minimal 16 bar memperoleh hasil sebagai berikut:

1. Tegangan / *Stress* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah 0,607 N/mm<sup>2</sup>
2. Regangan / *Strain* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah 2.817e-06
3. Perubahan bentuk / *Displacement* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah 1.000e-30 mm.

Kemudian dengan tekanan normal 18 bar mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Tegangan / *Stres* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah 0,545 N/mm<sup>2</sup>
2. Regangan / *Strain* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah 2.817e-06
3. Perubahan bentuk / *Displacement* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah 1.000e-30 mm.

Maka dapat disimpulkan tidak ada perbedaan antara nilai *strain* / regangan dan *displacement* / perubahan bentuk dengan variabel tekanan normal minimal 16 bar dan maksimal 18 bar. Kemudian, dapat dilihat nilai *stress* / tegangan pada tekanan 16 bar lebih besar dibandingkan pada tekanan 18 bar. Akan tetapi material *carbon steel* masih dalam kondisi aman dan bisa dipakai untuk tabung apar tepung biji durian dengan tekanan normal minimal 16 bar dan maksimal 18 bar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Husen, Y. Yunita, S. Sahuri, and F. Siddique, "Analisis Active Fire Protection System Apar Dan Hidran Di Area Og Field Pt. Xyz Tahun 2022," *J. Kesehat. Masy. Dan Lingkung. Hidup*, vol. 7, no. 1, pp. 78–85, 2022, doi: 10.51544/jkmlh.v7i1.3103.
- [2] A. I. Ramadhan, "Analisa Desain Tabung Bahan Bakar Gas Jeni S Compressed Natural Gas ( Cng ) Pada Mobil Bus Tekanan 200 Bar," no. November, pp. 1–6, 2014.
- [3] M. Arjuna, A. Kadir, and L. O. A. Barata, "Analisis Karakteristik Briket Daun Jati dan Daun Jambu Mete," *Enthalpy J. Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 3, p. 105, 2022, doi: 10.55679/enthalpy.v7i3.27121.
- [4] P. F. Kelly, "Physics and Measurement," *Elem. Mech.*, no. C, pp. 22–27, 2020, doi:

- 10.1201/b16840-5.
- [5] N. Haryanti and et.al., “Rancang Bangun Kerangka Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbantu Perangkat Lunak Solidworks,” *Sidang Tugas Akhir Jenjang Diploma III Tek. Mesin Politek. Harapan Bersama Tahun 2021*, pp. 1–8, 2021.
- [6] B. H. Pangaribowo and W. H. A. Putra, “Studi Pengaruh Pemanasan Awal pada Pengelasan Ulang Baja ASTM A36 akibat Reparasi terhadap Sifat Mekanis menggunakan Proses Las FCAW,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.32392.
- [7] rahayu deny danar dan alvi furwanti Alwie, A. B. Prasetio, R. Andespa, P. N. Lhokseumawe, and K. Pengantar, “Tugas Akhir Tugas Akhir,” *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2020.
- [8] M. T. H. Khan and S. Rezwana, “A review of CAD to CAE integration with a hierarchical data format (HDF)-based solution,” *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 33, no. 4, pp. 248–258, 2021, doi: 10.1016/j.jksues.2020.04.009.
- [9] M. Lombard, *SolidWorks 2013 BIBLE*, vol. 53, no. 9. John Wiley & Sons, 2013.