

TUGAS AKHIR

ANALISA BEBAN *STATIC* PADA TABUNG APAR TEPUNG BIJI DURIAN DENGAN METODE *CAE* (*Computer Aided Engineering*)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ROBY ALFIAH HARAHAHAP
1907230173



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh

Nama ROBY ALFIAH HARAHAP

Npm 1907230173

Program Studi TEKNIK MESIN

Judul Tugas Akhir : ANALISA BEBAN *STATIC* PADA TABUNG APAR
TEPUNG BLI DURIAN DENGAN METODE *CAE*
(*Computer Aided Engineering*)

Bidang Ilmu KONVERSI ENERGI

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 8 September 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I


Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T.

Dosen Penguji II


M. Yani S.T., M.T.

Dosen Penguji III


Chandra A Siregar S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,

Chandra A Siregar S.T., M.T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : ROBY ALFIAH HARAHAP
Tempat / Tanggal Lahir : MEDAN / 26 Juni 2001
Npm : 1907230173
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“ANALISA BEBAN *STATIC* PADA TABUNG APAR TEPUNG BIJI DURIAN DENGAN METODE *CAE* (*Computer Aided Engineering*)“

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 September 2023

Saya yang menyatakan



METERAI TEMPEL
FE7AJX924958732



ROBY ALFIAH HARAHAP

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 *carbon steel* dengan ukuran Panjang 530 mm, diameter : 150 mm dan ketebalan tabung 6 mm. Karena adanya fluida statik pada apar, maka analisis yang dilakukan adalah analisa beban statik 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 N/mm^2 dan mengalami regangan *ESTRN* $2.817e - 06$ kemudian mengalami perubahan bentuk / *displacement* sebesar 1.000-30 mm.

Kata kunci : Apar (Alat Pemadam Api Ringan), CAE (*Computer Aided Engineering*), analisis statik (tegangan, regangan dan perubahan bentuk), tepung biji durian, *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 N/mm^2 and experienced an ESTRN strain of $2.817e - 06$ then underwent a change in shape / displacement of $1,000e - 30$ 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 N/mm^2 and experience an ESTRN strain of $2.817e - 06$ then experience a change in shape / displacement of 1,000-30 mm.

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

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ANALISA BEBAN *STATIC* PADA TABUNG APAR TEPUNG BIJI DURIAN DENGAN METODE *CAE* (*Computer Aided Engineering*)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra Amirsyah Siregar S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing dan Penguji III sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan koreksi dan masukan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak M. Yani S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan koreksi dan masukan bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Ade Faisal,S.T, M.Sc.,Ph.D selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orangtua penulis: Bapak Rahmat Suharto Harahap dan Ibu Yusriana Hasibuan yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis

8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, September 2023

Roby Alfiah Harahap

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN

Error! Bookmark not defined.

| | |
|--|-----------|
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | ii |
| ABSTRAK | 1 |
| ABSTRACT | 3 |
| KATA PENGANTAR | 4 |
| DAFTAR ISI | 6 |
| DAFTAR GAMBAR | 8 |
| DAFTAR TABEL | 10 |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 11 |
| 1.1 Latar Belakang | 11 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 12 |
| 1.3 Ruang Lingkup | 12 |
| 1.5 Manfaat | 13 |
| | |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 14 |
| 2.1 Apar | 14 |
| 2.2 Fluida Statik | 14 |
| 2.3 Tegangan Maksimal / <i>Stress</i> | 14 |
| 2.4 Regangan Maksimal / <i>Strain</i> | 15 |
| 2.5 Perubahan Bentuk / <i>Displacement</i> | 15 |
| 2.6 <i>Carbon Steel</i> | 15 |
| 2.7 Modulus Elastisitas (<i>N/m²</i>) | 15 |
| 2.8 <i>Yield Strength</i> (<i>N/m²</i>) | 16 |
| 2.8 Elemen 3 Dimensi | 16 |
| 2.8.1 Elemen Linear Heksagon | 17 |
| 2.8.2 Elemen Linier Heksahedron Isoparametrik | 17 |
| 2.8.3 Elemen Linier Tetrahedron | 17 |
| 2.9 <i>CAE (Computer Aided Engineering)</i> | 18 |
| 2.10 <i>Software Solidworks</i> | 18 |
| | |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | 20 |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 20 |
| 3.1.1 Tempat Penelitian | 20 |
| 3.1.2 Waktu dan Tahapan Penelitian | 20 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 21 |
| 3.2.1 Alat | 21 |
| 3.2.2 Bahan | 22 |
| 3.3 Bagan Alir Penelitian | 23 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 3.4 | Rancangan Alat Penelitian | 23 |
| 3.5 | Prosedur Penelitian | 24 |
| 3.5.1 | Persiapan Alat dan Bahan | 24 |
| 3.5.2 | Desain Tabung Apar | 24 |
| 3.5.3 | Simulasi Tabung Apar | 27 |
| 3.5.4 | Evaluasi | 29 |
| BAB 4 | HASIL DAN PEMBAHASAN | 30 |
| 4.1 | Hasil simulasi dengan tekanan normal minimal 16 bar | 30 |
| 4.1.1 | <i>Stress</i> / tegangan maksimal pada variabel tekanan 16 bar | 30 |
| 4.1.2 | <i>Strain</i> / regangan maksimal pada variabel tekanan 16 bar | 32 |
| 4.1.3 | <i>Displacement</i> / Perubahan bentuk variabel tekanan 16 bar | 34 |
| 4.2 | Hasil simulasi dengan tekanan normal maksimal 18 bar | 36 |
| 4.2.1 | <i>Stress</i> / tegangan maksimal pada variabel tekanan 18 bar | 36 |
| 4.2.2 | <i>Strain</i> / regangan maksimal pada variabel tekanan 18 bar | 38 |
| 4.2.3 | <i>Displacement</i> / Perubahan bentuk variabel tekanan 18 bar | 40 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 43 |
| 5.1 | Kesimpulan | 43 |
| 5.2 | Saran | 44 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 45 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Bagian – bagian Apar | 14 |
| Gambar 2.2 Elemen Kuadratik sisi lekuk isoparametrik 6 node pada (a) sistem sumbu kartesian (fisikal); (b) sistem sumbu natural. | 16 |
| Gambar 2.3 Elemen linier 3-dimensi (hexahedron) dalam sistem koordinasi natural | 17 |
| Gambar 2.4 Elemen linier heksahedron isoparametrik pada (a) sistem sumbu kartesian (fisikal); (b) sistem sumbu natural. | 17 |
| Gambar 2.5 Koordinat volume pada elemen linier tetrahedron | 18 |
| Gambar 2.6 <i>Software Solidworks</i> | 19 |
| Gambar 3.1 Perangkat Komputer | 21 |
| Gambar 3.2 Alat Tulis | 22 |
| Gambar 3.3 <i>Flashdisk</i> | 22 |
| Gambar 3.4 Bagan Alir Penelitian | 23 |
| Gambar 3.5 Skema Rancangan Penelitian | 24 |
| Gambar 3.6 Desain 2 dimensi tabung apar | 25 |
| Gambar 3.7 Desain 2 dimensi tutup tabung apar | 25 |
| Gambar 3.8 Desain 2 dimensi tuas tabung apar | 25 |
| Gambar 3.9 Desain 3 dimensi tabung apar | 26 |
| Gambar 3.10 Desain 3 dimensi bagian atas tabung apar | 26 |
| Gambar 3.11 <i>assembly part</i> tabung dan tutup apar | 26 |
| Gambar 3.12 Pemilihan bahan material | 27 |
| Gambar 3.13 Penetapan titik tumpuan pada objek | 27 |
| Gambar 3.14 Penetapan tekanan pada objek | 28 |
| Gambar 3.15 Penetapan gravitasi pada objek | 28 |
| Gambar 3.16 <i>Meshing</i> | 29 |
| Gambar 3.17 Analisa simulasi | 29 |
| Gambar 4.1 Nilai <i>stress</i> dengan tekanan 16 bar | 30 |
| Gambar 4.2 Hasil interpolasi <i>stress</i> dengan tekanan 16 bar | 31 |
| Gambar 4.3 Grafik hasil simulasi <i>stress</i> dengan tekanan 16 bar | 32 |
| Gambar 4.4 Nilai <i>strain</i> dengan tekanan 16 bar | 32 |
| Gambar 4.5 Hasil interpolasi <i>strain</i> dengan tekanan 16 bar | 33 |
| Gambar 4.6 Grafik hasil simulasi <i>strain</i> dengan tekanan 16 bar | 34 |
| Gambar 4.7 Nilai <i>displacement</i> dengan tekanan 16 bar | 34 |
| Gambar 4.8 Hasil interpolasi <i>displacement</i> dengan tekanan 16 bar | 35 |
| Gambar 4.9 Grafik hasil simulasi <i>displacement</i> dengan tekanan 16 bar | 36 |
| Gambar 4.10 Nilai <i>stress</i> dengan tekanan 18 bar | 36 |
| Gambar 4.11 Hasil interpolasi <i>stress</i> dengan tekanan 18 bar | 37 |
| Gambar 4.12 Grafik hasil simulasi <i>stress</i> dengan tekanan 18 bar | 38 |
| Gambar 4.13 Nilai <i>strain</i> dengan tekanan 18 bar | 38 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.14 Hasil interpolasi <i>strain</i> dengan tekanan 18 bar | 39 |
| Gambar 4.15 Grafik hasil simulasi <i>strain</i> dengan tekanan 18 bar | 40 |
| Gambar 4.16 Nilai <i>displacement</i> dengan tekanan 18 bar | 41 |
| Gambar 4.17 Hasil interpolasi <i>displacement</i> pada tabung apar | 41 |
| Gambar 4.18Grafik hasil simulasi <i>displacement</i> dengan tekanan 18 bar | 42 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Tahap – tahap pelaksanaan penelitian | 20 |
| Tabel 4.1 Nilai <i>stress</i> dengan tekanan 16 bar | 31 |
| Tabel 4.2 Nilai <i>strain</i> dengan tekanan 16 bar | 33 |
| Tabel 4.3 Nilai <i>displacement</i> dengan tekanan 16 bar | 35 |
| Tabel 4.5 Nilai <i>stress</i> pada tabung apar dengan tekanan 18 bar | 37 |
| Tabel 4.6 Nilai <i>strain</i> pada tabung apar dengan tekanan 18 bar | 39 |
| Tabel 4.7 Nilai <i>displacement</i> pada tabung apar dengan tekanan 18 bar | 42 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Apar adalah Alat pemadam api ringan (*Fire Extinguisher*) serta mudah digunakan oleh suatu orang untuk memadamkan api pada mula terjadi kebakaran (Husen et al., 2022). 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 (Ramadhan, 2014).

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. 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 dianalisa. 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 (Khan & Rezwana, 2021)

Dari uraian diatas maka penulis memilih untuk melakukan penelitian Analisa *Static* Pada Tabung Apar Tepung Biji Durian Dengan Metode *CAE* (*Computer Aided Engineering*). Dimana luaran penelitian ini akan menjadi pijakan peneliti berikutnya dalam melakukan penelitian terkait rancang bangun tabung apar khususnya dalam penelitian apar dengan bahan dasar tepung biji durian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mengetahui tegangan maksimal / *stress* pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar?
2. Bagaimana cara mengetahui regangan maksimal / *strain* pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar ?
3. Bagaimana caara mengetahui nilai *displacement* / perubahan bentuk pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar ?

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah Analisa *static* pada tabung apar tepung biji durian dengan menggunakan *software solidworks* yang mencakup :

1. nilai *stress* maksimum dengan variabel tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar
2. nilai *strain* maksimum dengan variabel tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar
3. nilai *displacement* maksimum dengan variabel tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menganalisa dan mengevaluasi nilai *stress*, nilai *strain* dan nilai *displacement* yang terjadi pada tabung apar tepung biji durian menggunakan metode *CAE* (*Computer Aided Engineering*) dengan variabel tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar
2. Memvalidasi keamanan bahan material *carbon steel* sebagai bahan dasar pembuatan tabung apar tepung biji durian dengan tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar

1.5 Manfaat

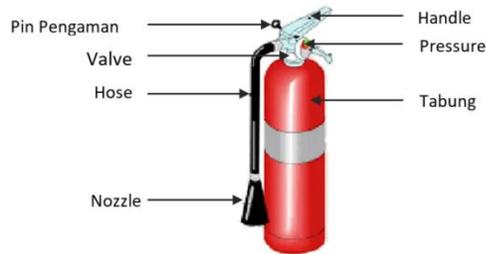
Manfaat dari penelitian ini adalah terungkapnya tekanan, regangan dan perubahan bentuk maksimum pada tabung apar tepung biji durian dengan bahan material *carbon steel* tekanan minimal 16 bar dan maksimal 18 bar. Berdasarkan hasil penelitian ini terdapat pijakan untuk penelitian berikutnya yang mengarah pada tekanan pada tabung apar tepung biji durian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Apar

Apar adalah Alat pemadam api ringan (*Fire Extinguisher*) serta mudah digunakan oleh suatu orang untuk memadamkan api pada mula terjadi kebakaran (Husen et al., 2022). 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).



Gambar 2.1 Bagian – bagian Apar

Pada penelitian ini tabung apar dirancang dengan ukuran tinggi 53 cm, Diameter tabung 15 cm dan kapasitas isi 6 kg.

2.2 Fluida Statik

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 (ρ) 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 (Kelly, 2020).

2.3 Tegangan Maksimal / *Stress*

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 (Haryanti & et.al., 2021).

2.4 Regangan Maksimal / *Strain*

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 (Haryanti & et.al., 2021).

2.5 Perubahan Bentuk / *Displacement*

Displacement adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya dan *displacement* merupakan hasil dari analisis struktur statis menggunakan metode elemen yaitu *deformation* atau *displacement* (Haryanti & et.al., 2021).

2.6 *Carbon Steel*

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 resiko kebocoran (Pangaribowo & Putra, 2019).

2.7 Modulus Elastisitas (N/m^2)

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 :

$$\lambda = \frac{Tegangan}{Regangan}$$

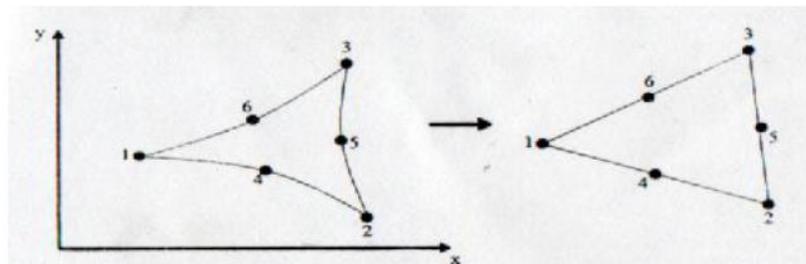
Di mana *tegangan* adalah gaya menyebabkan deformasi dibagi dengan daerah dimana gaya diterapkan dan *regangan* adalah rasio perubahan beberapa parameter panjang yang disebabkan oleh deformasi ke nilai asli dari parameter panjang. Jika stres diukur dalam pascal, kemudian karena regangan adalah besaran tak berdimensi, maka Satuan untuk λ akan pascal juga.

2.8 Yield Strength (N/m^2)

Yield strength adalah tegangan minimum ketika suatu material kehilangan elastilitasnya. 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*.

2.8 Elemen 3 Dimensi

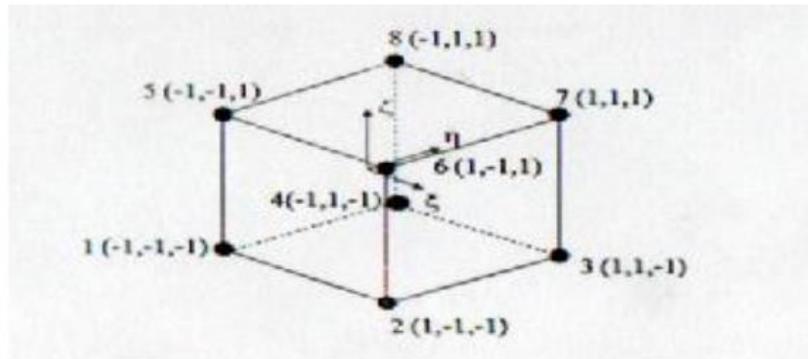
Elemen 3-dimensi yang umum digunakan adalah elemen 4 sisi (hexahedron). Sama dengan elemen 2 – dimensi, jumlah node pada elemen menentukan fungsi aproksimasi pada elemen terkait (Alwie et al., 2020). Beberapa tipe elemen 3- dimensi dengan berbagai fungsi interpolasi akan kita pelajari pada bagian ini. Ringkasan tipe – tipe elemen ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Elemen Kuadrat sisi lekuk isoparametrik 6 node pada (a) sistem sumbu kartesian (fisikal); (b) sistem sumbu natural.

2.8.1 Elemen Linear Heksagon

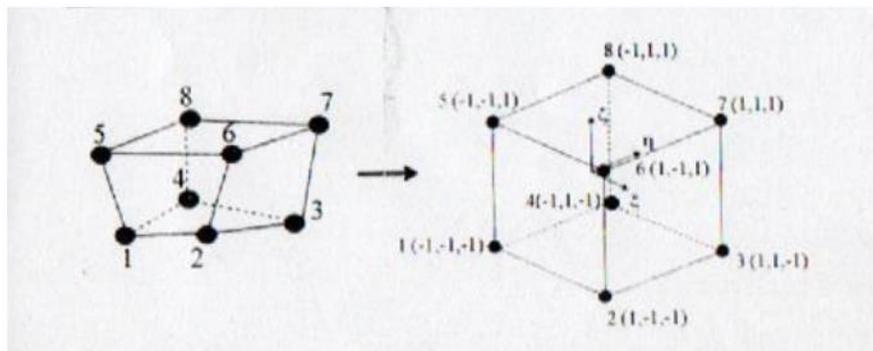
Pada gambar 2.3 menggambarkan elemen 3 – dimensi linier heksahedron elemen dengan semua sisi sejajar dengan kordinat sistem x, y dan z dikenal sebagai elemen heksahedral atau elemen enam sisi (Alwie et al., 2020). Solusi untuk elemen ini diberikan oleh persamaan interpolasi berikut.



Gambar 2.3 Elemen linier 3-dimensi (hexahedron) dalam sistem koordinasi natural.

2.8.2 Elemen Linier Heksahedron Isoparametrik

Elemen linier heksahedron isoparametrik berbeda dengan elemen linier heksahedron pada permukaan elemen dimana pada elemen ini permukaan dari elemen tidak sejajar dengan sumbu Kartesian (Alwie et al., 2020). Ilustrasi elemen ini dengan menggunakan sumbu natural (natural coordinate system) di berikan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Elemen linier heksahedron isoparametrik pada (a) sistem sumbu kartesian (fisikal); (b) sistem sumbu natural.

2.8.3 Elemen Linier Tetrahedron

(Alwie et al., 2020) fungsi linear tetrahedron diberikan oleh :

$$U(e) = S1u1 + S2u2 + S3u3 + S4u4 \quad (2.1)$$

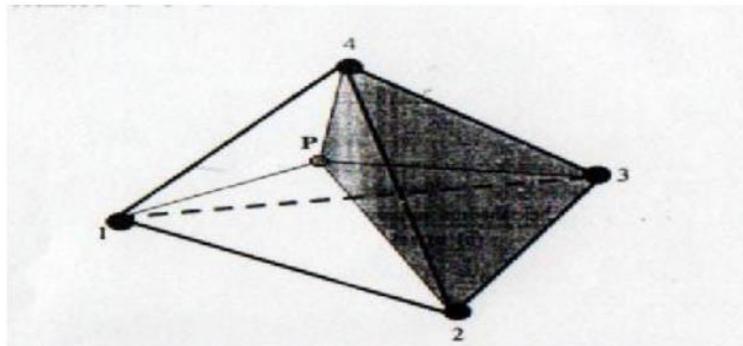
Sama seperti elemen linier triangular, fungsi-fungsi bentuk s_1 , s_2 , s_3 dan s_4 oleh kordinat volume seperti :

$$L1 = \frac{\text{Volume } p-2-3-4}{\text{volume } 1-2-3-4} = \frac{V1}{V} \quad (2.2)$$

$$L2 = \frac{\text{Volume } p-1-3-4}{\text{volume } 1-2-3-4} = \frac{V2}{V} \quad (2.3)$$

$$L4 = \frac{\text{Volume } p-1-2-4}{\text{volume } 1-2-3-4} = \frac{V3}{V} \quad (2.4)$$

$$L5 = \frac{\text{Volume } p-1-2-3}{\text{volume } 1-2-3-4} = \frac{V4}{V} \quad (2.5)$$



Gambar 2.5 Koordinat volume pada elemen linier tetrahedron

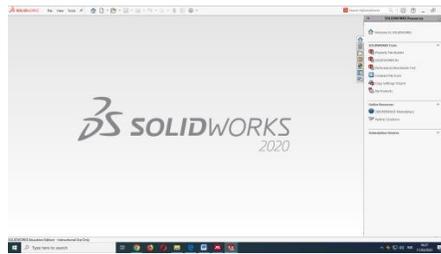
2.9 CAE (*Computer Aided Engineering*)

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 (Khan & Rezwana, 2021b)

2.10 *Software Solidworks*

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 Systèm*, 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 (Lombard, 2013). 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 2.6 *Software Solidworks*

Berikut adalah spesifikasi dari *software solidworks2020* :

| | |
|---------------------------------|--|
| <i>Operating Systems</i> | : <i>Windows 11, 64 – bit</i> |
| <i>Hardware and Hypervisors</i> | : <i>Processor 64 – bit ;intel / AMD</i> |
| <i>RAM</i> | : <i>16 GB or more</i> |
| <i>Graphics</i> | : <i>Certified cards and drivers</i> |
| <i>MS SQL</i> | : <i>SQL 2019 CU4 required</i> |
| <i>eDrawings For Mac</i> | : <i>macOS Monterey (12.0)</i> |

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Berikut adalah tempat dan waktu penelitian yang dilakukan pada Analisis *Static* Pada Tabung Apar Tepung Biji Durian Dengan Metode *CAE (Computer Aided Engineering)*

3.1.1 Tempat 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.

3.1.2 Waktu dan Tahapan Penelitian

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.

Tabel 3.1 Tahap – tahap Pelaksanaan Penelitian

| No | Jenis Kegiatan | Bulan | | | |
|----|-------------------------------------|-------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Studi Literatur | ■ | | | |
| 2 | Persiapan Alat dan Bahan Penelitian | ■ | | | |
| 3 | Desain Tabung Apar | ■ | | | |
| 4 | Pengujian dengan Metode CAE | | ■ | | |
| 5 | Analisa Data | | | ■ | |
| 6 | Evaluasi dan Penyelesaian Penulisan | | | | ■ |
| 7 | Seminar Hasil dan Sidang Sarjana | | | | ■ |

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Pada Penelitian ini alat yang diperlukan adalah :

1. Perangkat Komputer

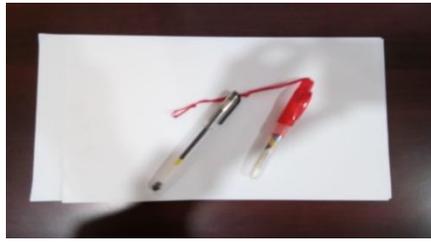
Perangkat Komputer yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk menjalankan *software Solidworks*. Maka pada penelitian ini perangkat komputer harus memadai dan sudah terinstalasi *software Solidworks*.



Gambar 3.1 Perangkat Komputer

2. Alat Tulis

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



Gambar 3.2 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.



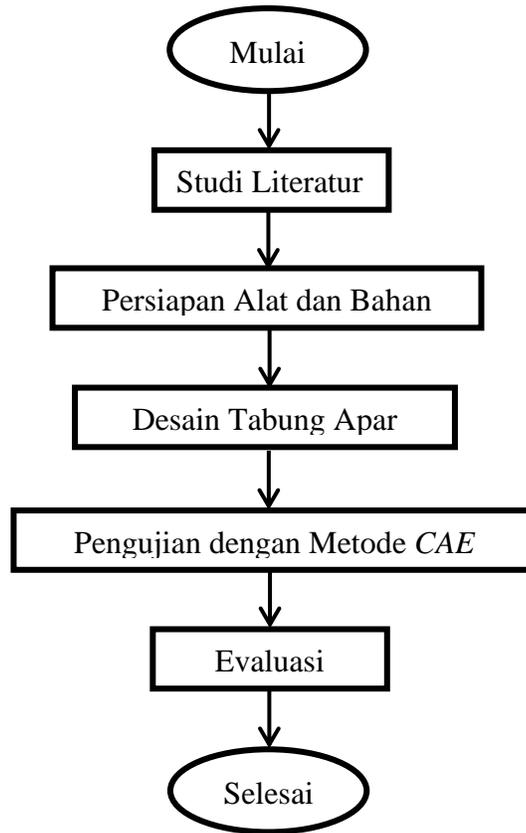
Gambar 3.3 *Flashdisk*

3.2.2 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 ukurandari tabung apar menjadi bahan dasar untuk melakukan penelitian ini dengan rincian:

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

3.3 Bagan Alir Penelitian



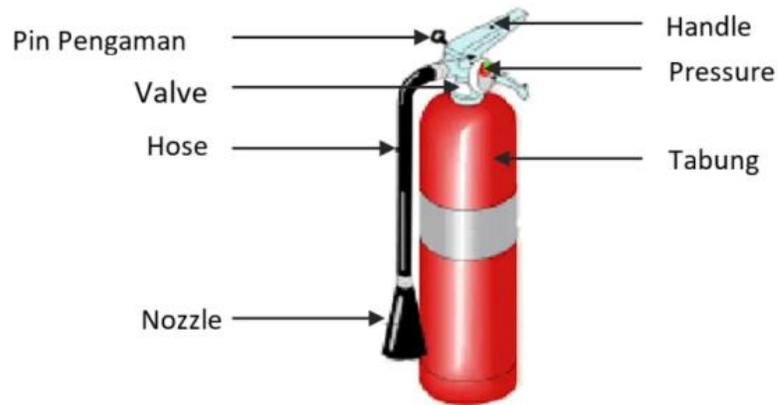
Gambar 3.4 Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Berikut bagian – bagian dari rancangan alat penelitian berdasarkan fungsinya dalam tampilan *assembly* :

1. *Handle* / Tuas : berfungsi untuk mengatur terbuka / tertutupnya katup yang ada di dalam tabung apar.
2. Pin Pengaman : berfungsi untuk mengunci menahan tuas agar tidak terbuka jika tidak digunakan.
3. *Pressure Analog* : berfungsi untuk menampilkan tekanan berdasarkan isi dari tabung apar.
4. *Valve* / katup : berfungsi untuk membuka dan menutup jalur keluarnya isi dari tabung apar.

5. *Hose* / selang : berfungsi untuk meneruskan fluida yang keluar dari katup menuju *nozzle*.
6. *Tube* / tabung : berfungsi untuk menampung isi dari apar dengan kapasitas 6 kg.
7. *Nozzle* / nossel : berfungsi untuk mengeluarkan dan menembakkan fluida apar.



Gambar 3.5 Skema Rancangan Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Alat dan Bahan

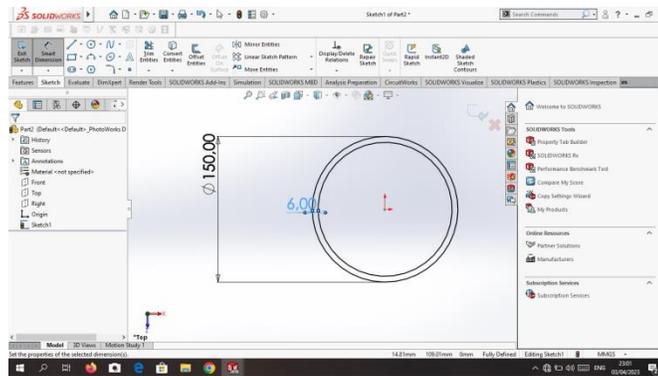
Tahap awal pada penelitian ini adalah menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian.

3.5.2 Desain Tabung Apar

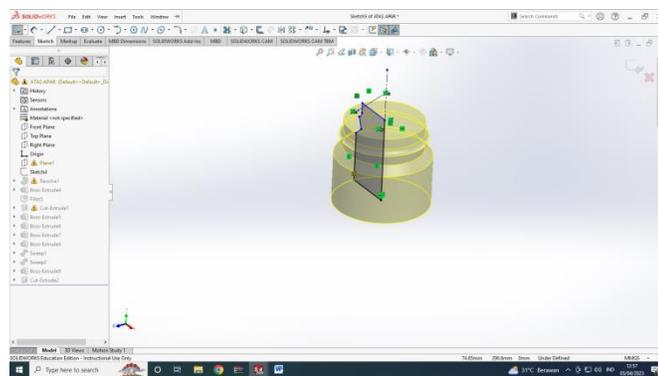
Pada tahap desain ini, pelaksanaannya dilakukan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Desain ini dilakukan menggunakan *software Solidworks 2020*. Berikut adalah tahap – tahap pada pelaksanaan desain tabung apar:

1. Tahap perancangan 2 dimensi

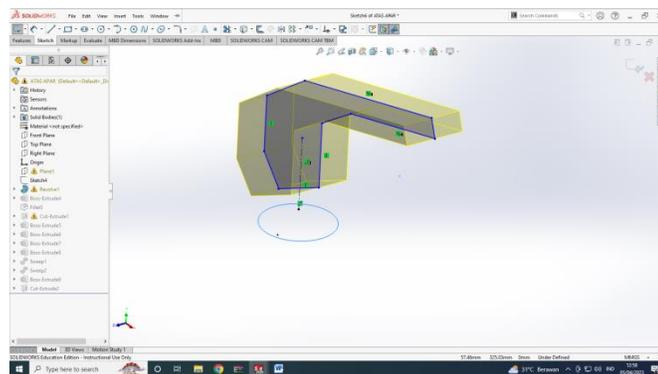
Pada tahap ini terlebih dahulu memnggambarkan tabung apar dalam bentuk 2 dimensi, dengan memberikan lingkaran \varnothing 150 mm dengan ketebalan plat 6 mm, kemudian menggambarkan tutup pada tabung apar dengan pemodelan 2 dimensi.



Gambar 3.6 Desain 2 dimensi tabung apar



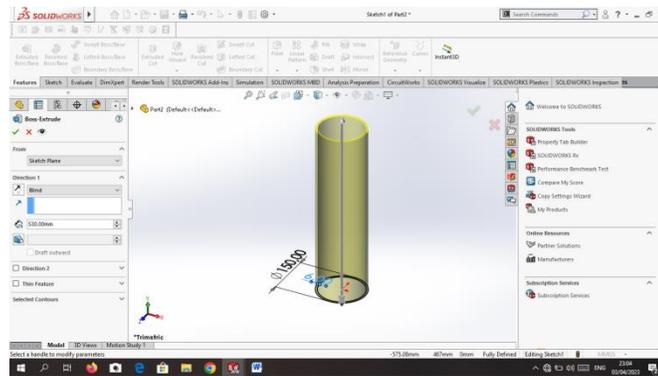
Gambar 3.7 Desain 2 dimensi tutup tabung apar



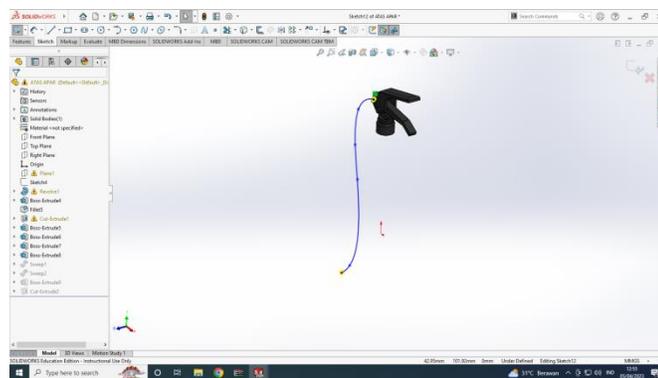
Gambar 3.8 Desain 2 dimensi tuas tabung apar

2. Tahap pemodelan 3 dimensi

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



Gambar 3.9 Desain 3 dimensi tabung apar



Gambar 3.10 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.



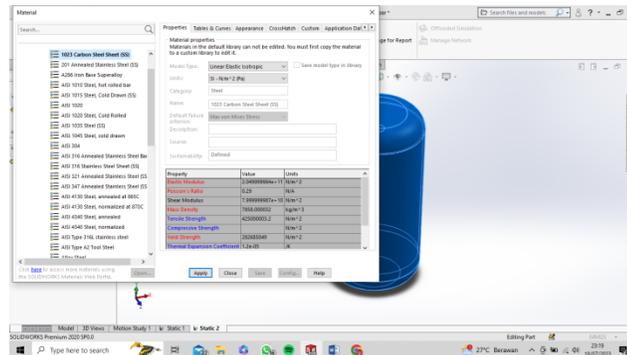
Gambar 3.11 *assembly part* tabung dan tutup apar

3.5.3 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:

1. Pemilihan objek yang akan dianalisa

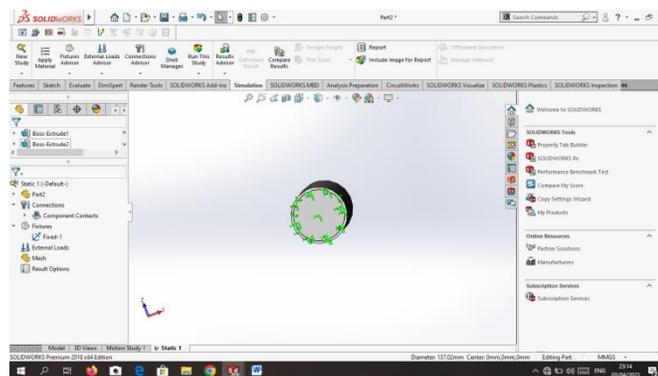
Langkah awal pada tahap ini adalah dengan membuka objek yang akan dianalisa melalui *software solidworks*. Setelah itu dilanjutkan dengan memberikan atau menetapkan material apa yang akan dianalisa melalui *software solidworks*. Bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah *Carbon Steel*.



Gambar 3.12 Pemilihan bahan material

2. Penetapan titik tumpuan pada objek yang akan dianalisa.

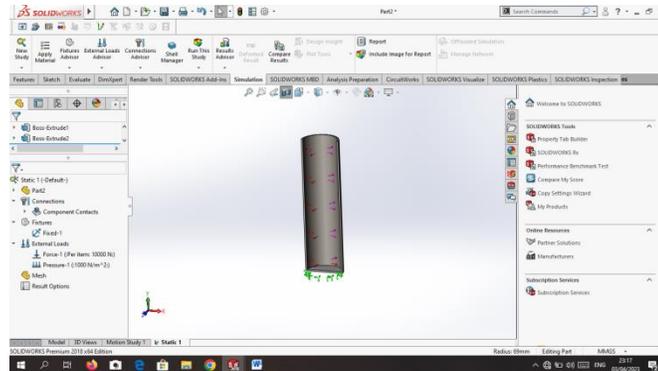
Pada bagian ini dipilih sisi atau entities yang diasumsikan tersambung dengan benda lain ataupun yang menempel dengan tanah dan menjadi sisi yang tidak bergerak selama proses simulasi dilakukan.



Gambar 3.13 Penetapan titik tumpuan pada objek

3. Penetapan tekanan pada objek penelitian

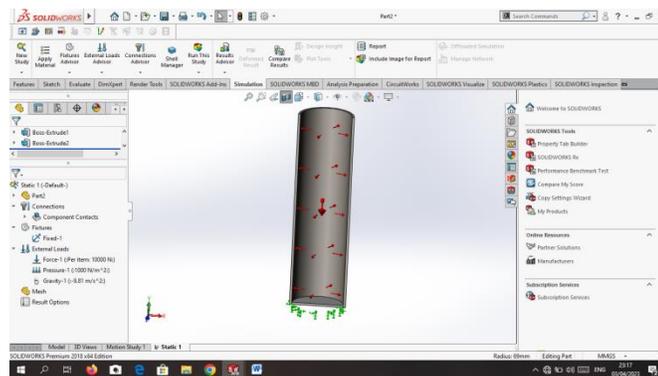
Disini bagian yang mengalami gaya adalah sisi dalam tabung. Ada berbagai jenis beban eksternal yang bisa diinput, beberapa diantaranya adalah Force, Pressure, Torque, dll. Pada pengujian ini kita akan mensimulasikan pressure pada tabung apar dengan 2 variabel tekanan yaitu minimal 16 bar dan maksimal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



Gambar 3.14 Penetapan tekanan pada objek

4. Penetapan gaya gravitasi pada objek penelitian

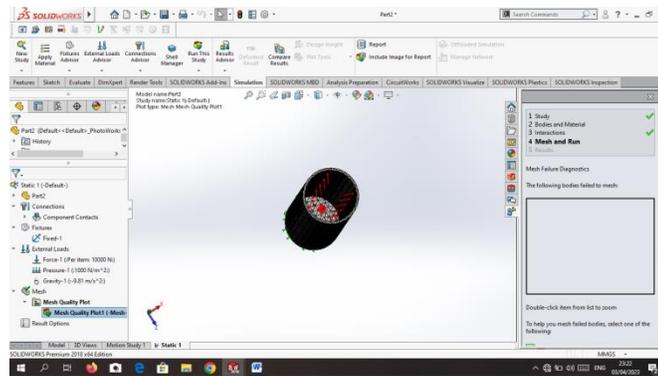
Gaya gravitasi ditetapkan sebesar 9.81 m/s^2 .



Gambar 3.15 Penetapan gravitasi pada objek

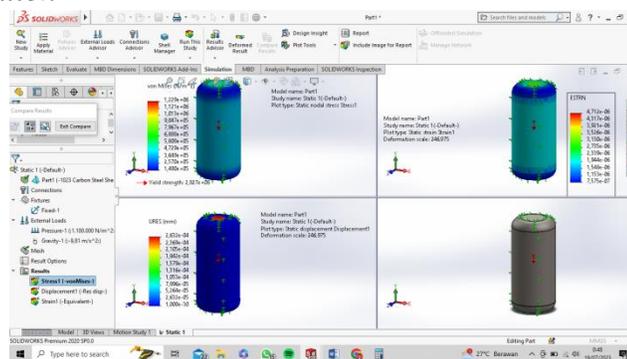
5. Meshing

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 3.16 Meshing

6. Run simulation



Gambar 3.17 Analisa simulasi

3.5.4 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 buji durian. Evaluasi dilaksanakan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan bantuan alat tulis dan *flashdisk*.

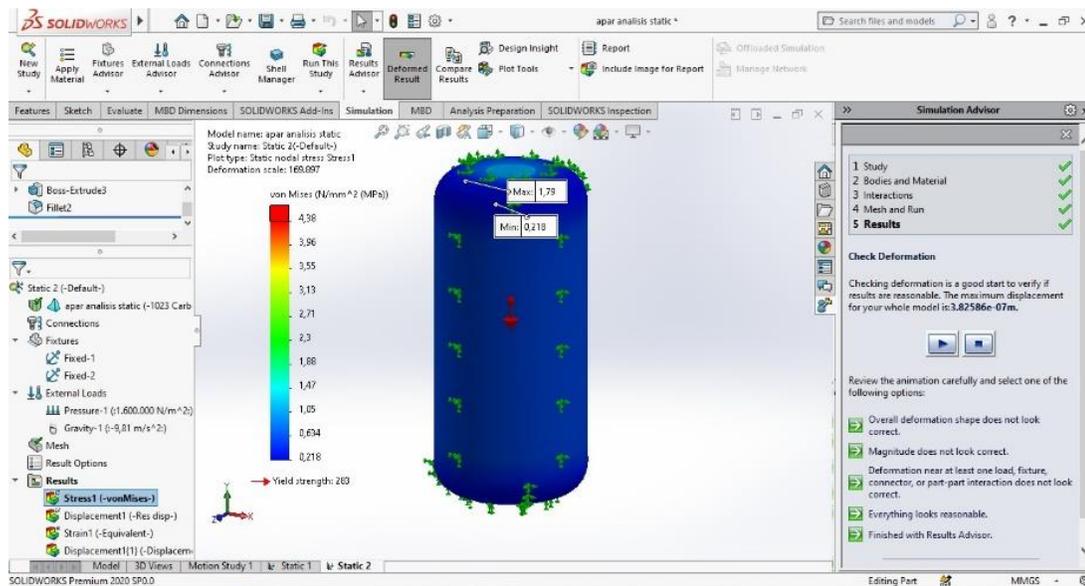
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil simulasi dengan tekanan normal minimal 16 bar

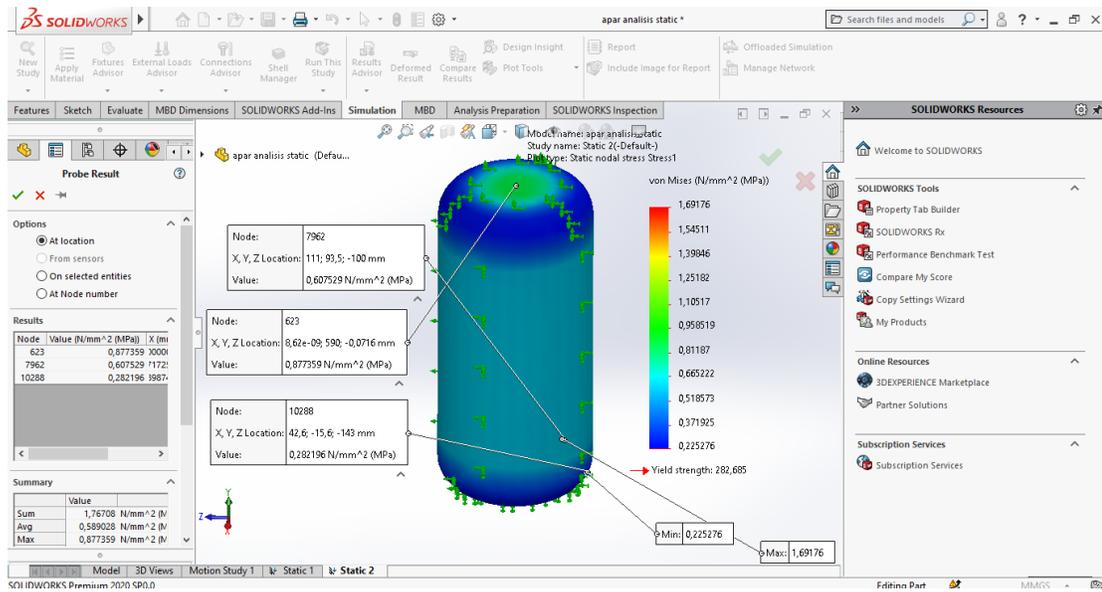
4.1.1 *Stress* / tegangan maksimal pada variabel tekanan 16 bar

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada didalam tabung dengan *stress* / tegangan maksimal 1.79 N/mm^2 dan *yield strength* 283 N/mm^2 .



Gambar 4.1 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.



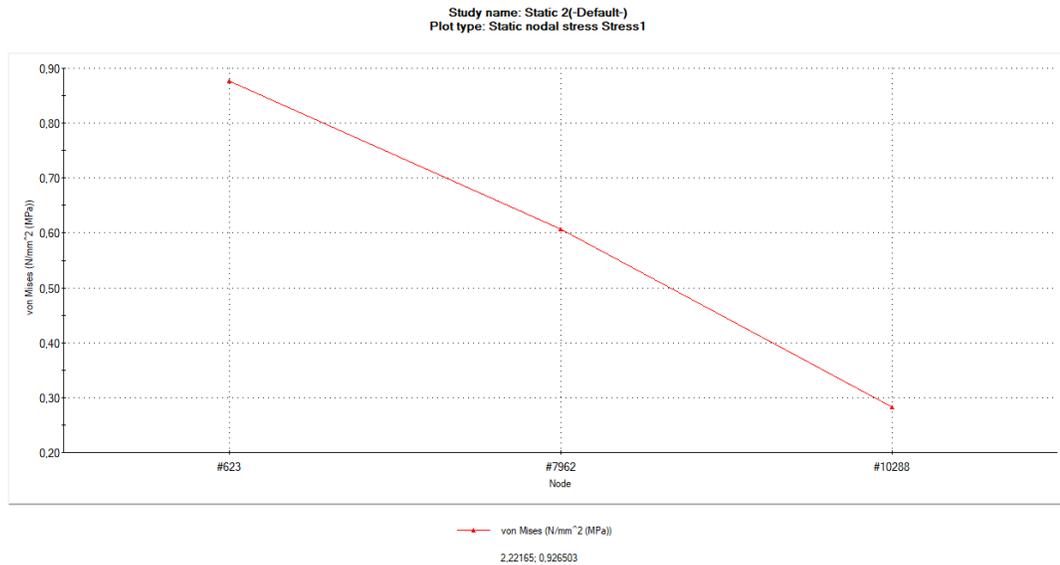
Gambar 4.2 Hasil interpolasi *stress* dengan tekanan 16 bar

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 4.2 dan tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai *stress* dengan tekanan 16 bar

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

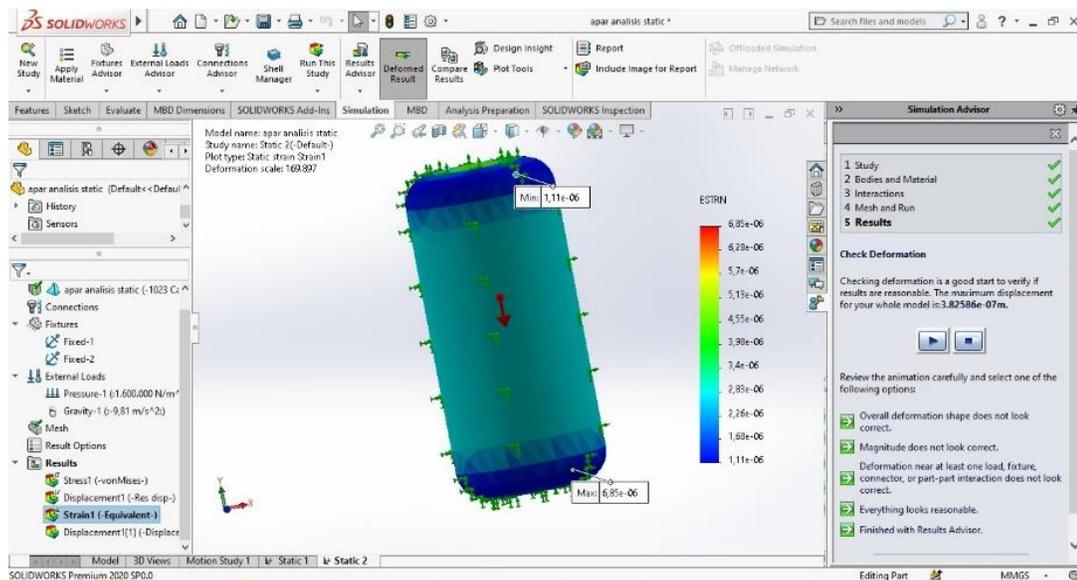
Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai *node* dengan nilai *stress* seperti yang tertera pada gambar 4.3. Didapatkan nilai *Node* 623 sebanding dengan nilai *stress* $0.877359 N/mm^2$, pada nilai *node* 7962 didapatkan nilai *stress* $0.607529 N/mm^2$ dan nilai *node* 10288 didapatkan nilai *stress* $0.282196 N/mm^2$.



Gambar 4.3 Grafik hasil simulasi *stress* dengan tekanan 16 bar

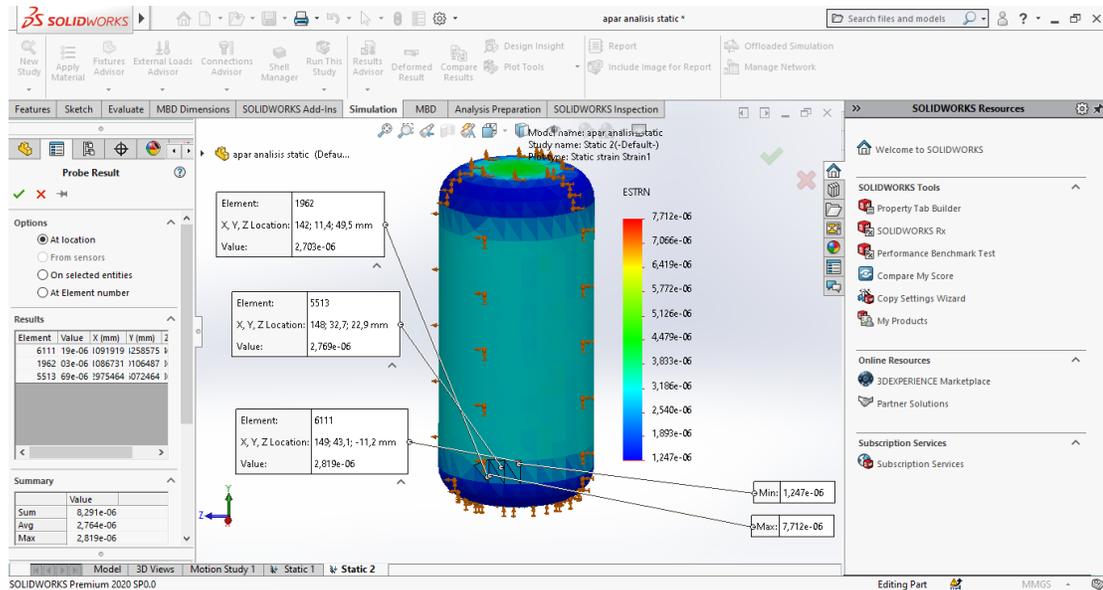
4.1.2 *Strain* / regangan maksimal pada variabel tekanan 16 bar

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



Gambar 4.4 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.



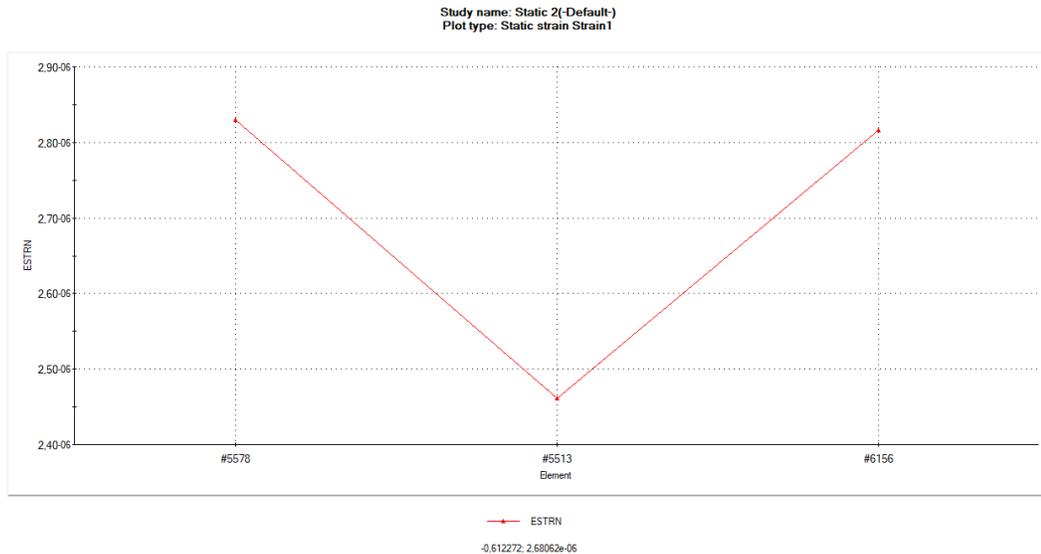
Gambar 4.5 Hasil interpolasi *strain* dengan tekanan 16 bar

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 4.5 dan tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai *strain* dengan tekanan 16 bar

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

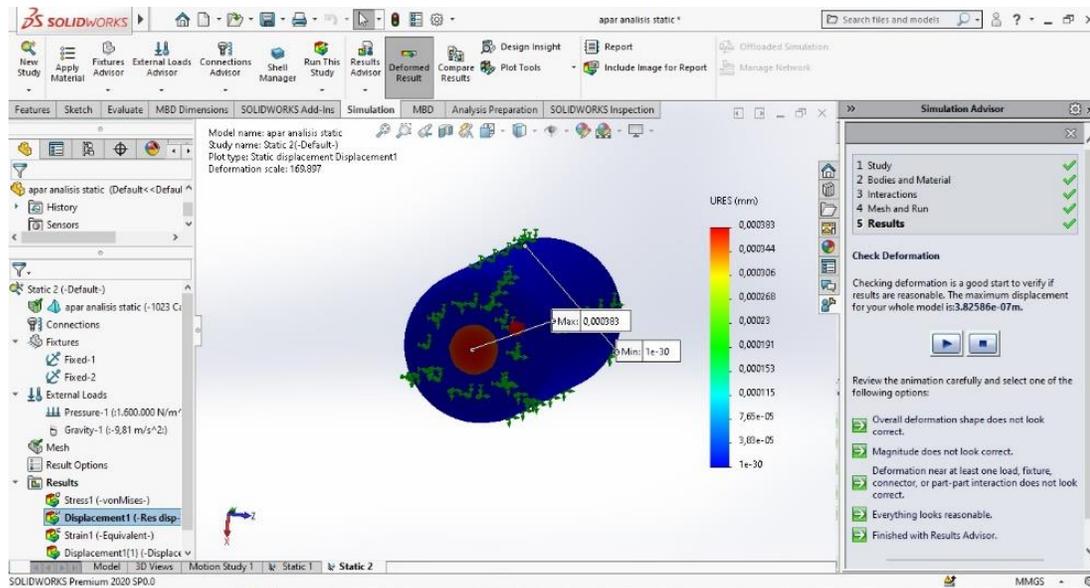
Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai elemen dengan besar *strain* / regangan seperti yang tertera pada gambar 4.6. Didapatkan nilai elemen 5578 mengalami *strain* / regangan $2.829e - 06$ *ESTRN*, pada nilai elemen 5513 mengalami *strain* / regangan $2.462e - 06$ *ESTRN* dan nilai elemen 6156 mengalami *strain* / regangan $2.817e - 06$ *ESTRN*.



Gambar 4.6 Grafik hasil simulasi *strain* dengan tekanan 16 bar

4.1.3 *Displacement* / Perubahan bentuk variabel tekanan 16 bar

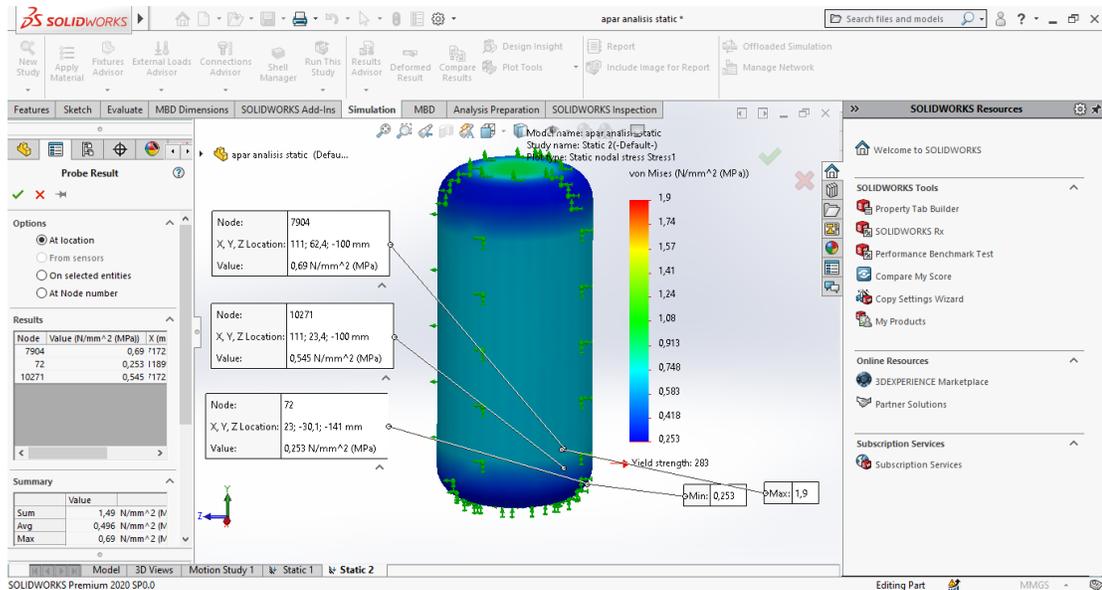
Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada didalam tabung dengannilai maksimal 0.000383 mm dan minimal $1e - 30$ mm seperti yang di perlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.7Nilai *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.



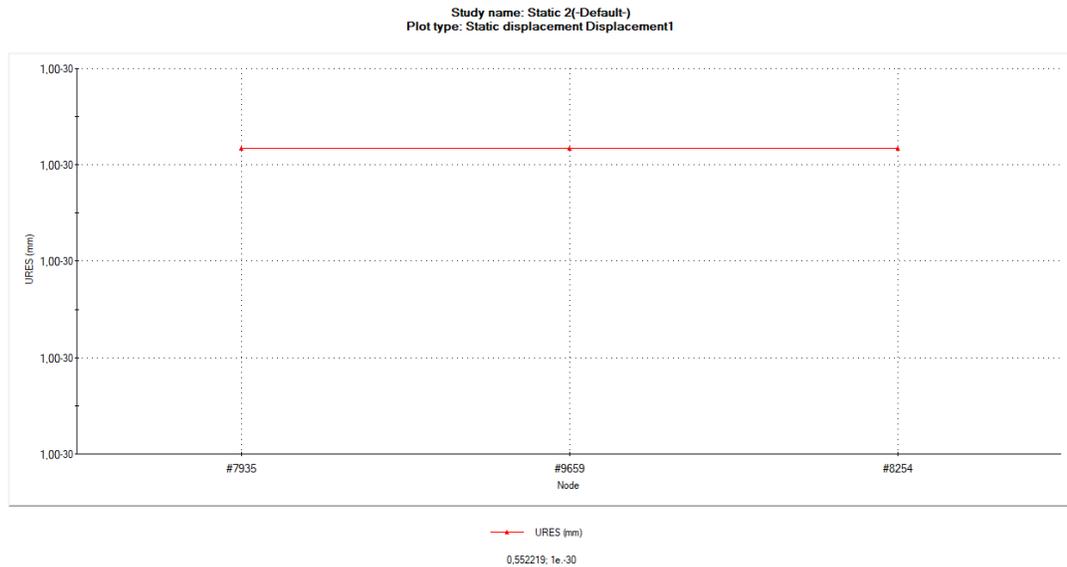
Gambar 4.8 Hasil interpolasi *displacement* dengan tekanan 16 bar

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 4.8 dan tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai *displacement* dengan tekanan 16 bar

| No | <i>Displacement</i> / 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 4.9. 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.

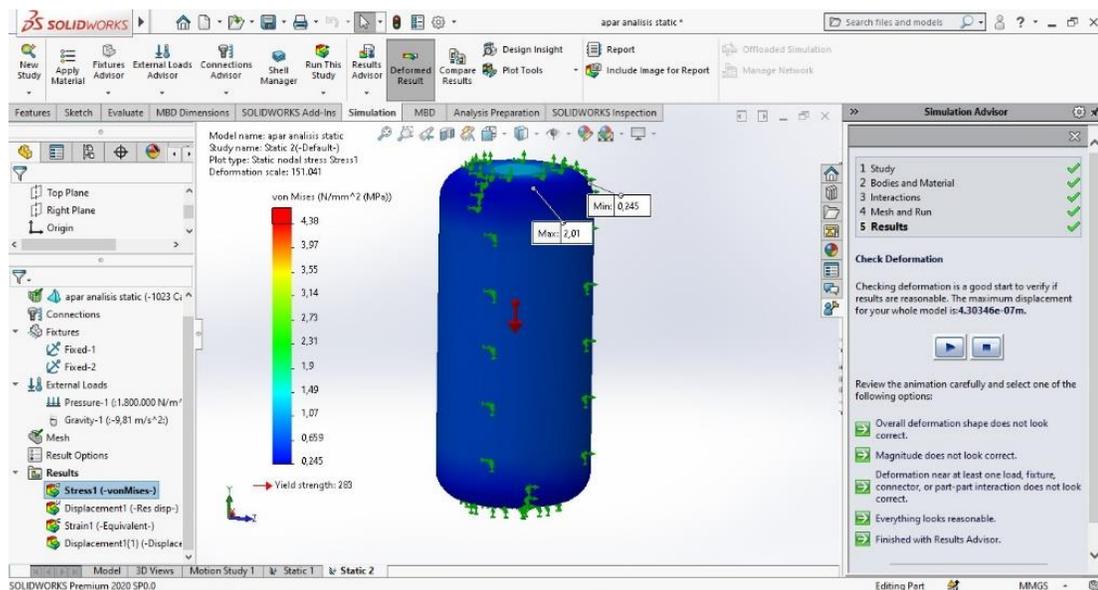


Gambar 4.9 Grafik hasil simulasi *displacement* dengan tekanan 16 bar

4.2 Hasil simulasi dengan tekanan normal maksimal 18 bar

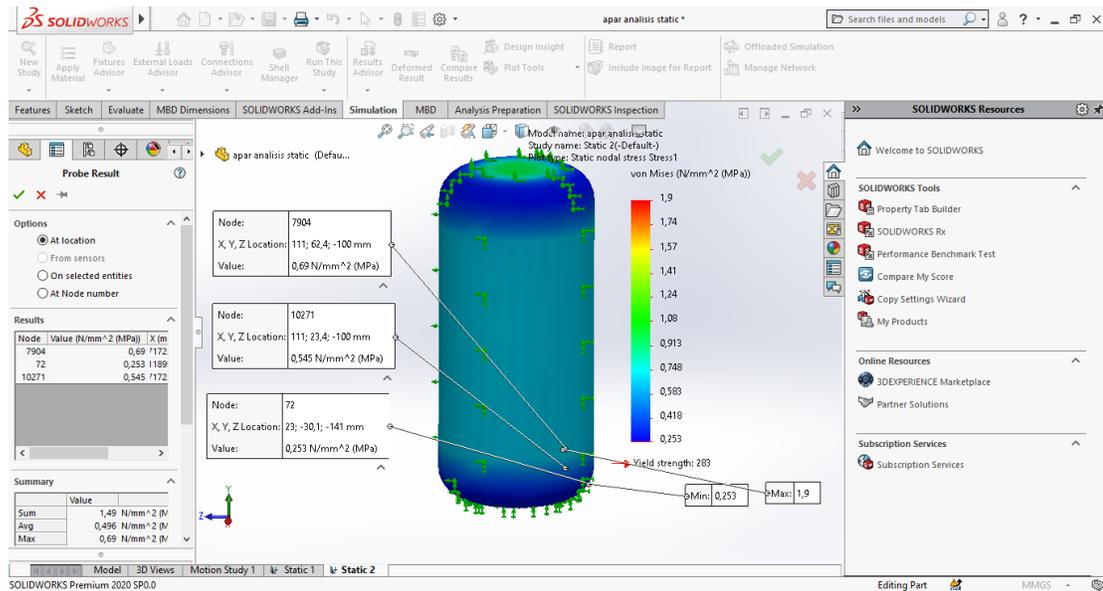
4.2.1 Stress / tegangan maksimal pada variabel tekanan 18 bar

Pada proses ini kita dapat melihat hasil dari simulasi yang terjadi akibat tekanan yang ada didalam tabung dengan *stress* / tegangan maximal 2.01 N/mm^2 dan minimal 0.245 N/mm^2 dan $283 \text{ yield strength N/mm}^2$.



Gambar 4.10 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.



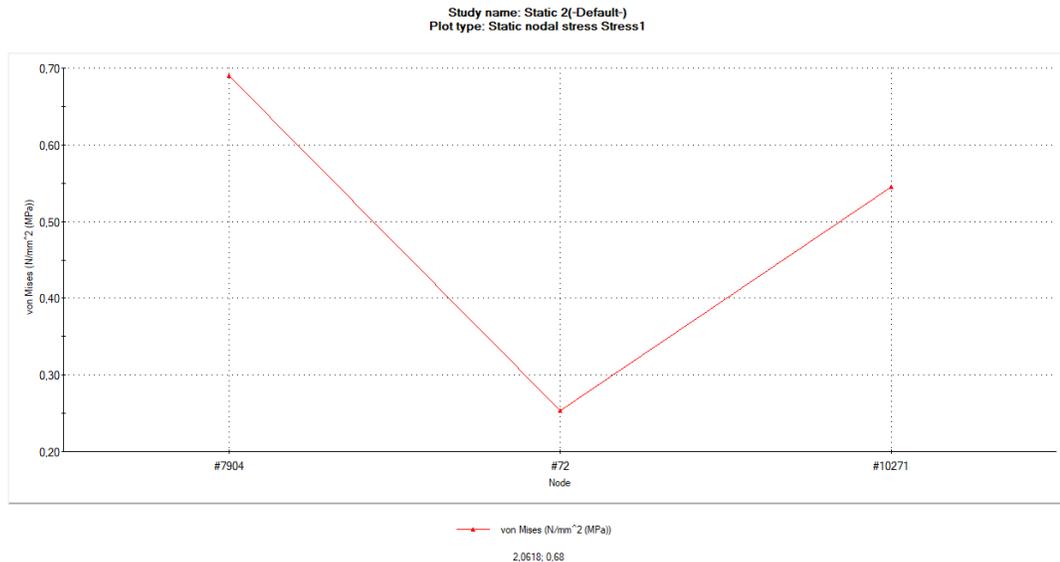
Gambar 4.11 Hasil interpolasi *stress* dengan tekanan 18 bar

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 4.11 dan tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai *stress* pada tabung apar dengan tekanan 18 bar

| No | Tegangan (N/mm ²) |
|----|--------------------------------|
| 1 | 0.253 N/mm ² |
| 2 | 0.545 N/mm ² |
| 3 | 0.69 N/mm ² |

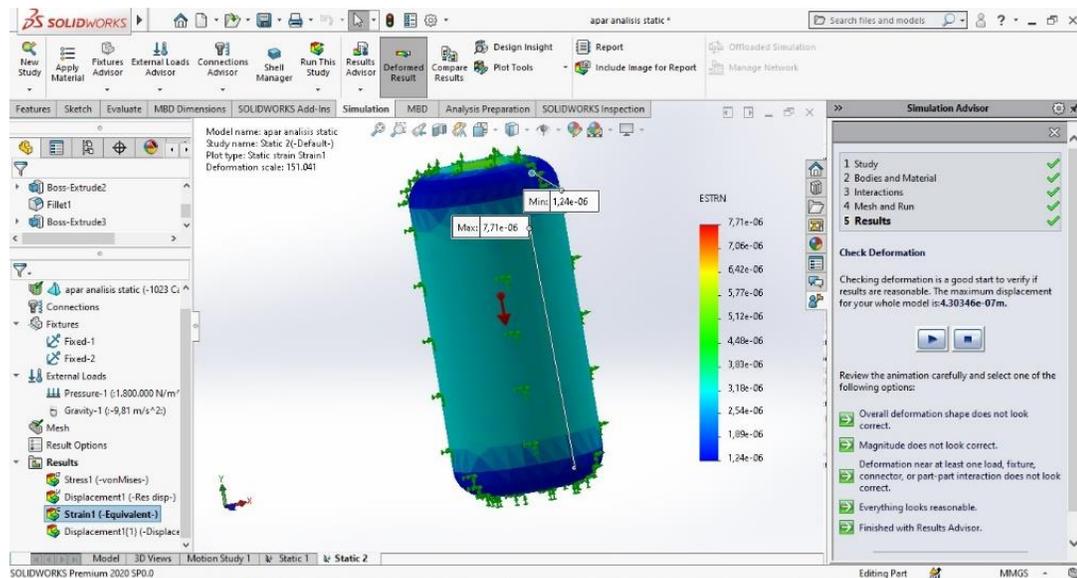
Kemudian kita dapat melihat pada grafik perbandingan nilai *node* dengan nilai *stress* seperti yang tertera pada gambar 4.12. Didapatkan nilai *node* 7904 mengalami *stress* / tekanan sebesar 0.69 N/mm², pada nilai *node* 72 mengalami *stress* / tekanan sebesar 0.253 N/mm² dan nilai *node* 10271 mengalami *stress* / tekanan sebesar 0.545 N/mm².



Gambar 4.12 Grafik hasil simulasi *stres* dengan tekanan 18 bar

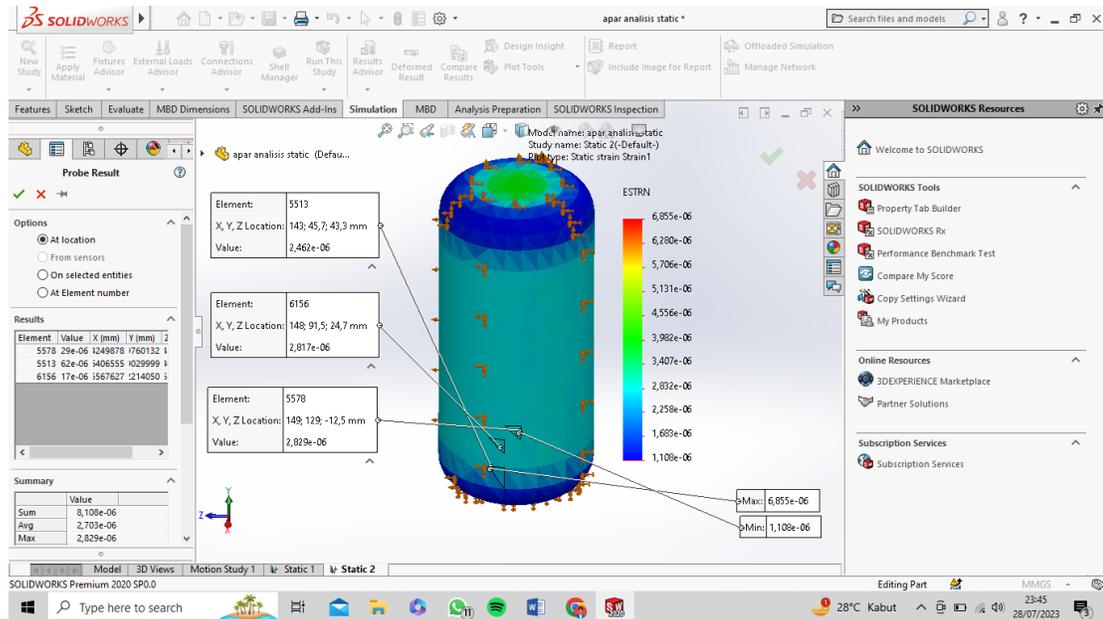
4.2.2 *Strain* / regangan maksimal pada variabel tekanan 18 bar

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



Gambar 4.13 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 4.14 Hasil interpolasi *strain* dengan tekanan 18 bar

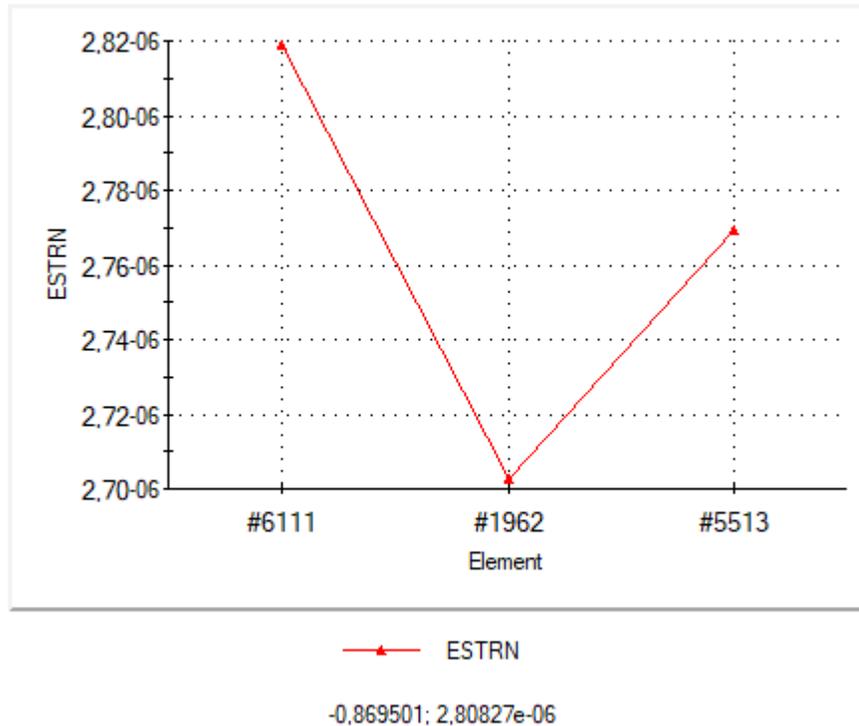
Pada proses ini terinterpolasi nilai *strain* / regangan merata pada setiap elemen material *carbon steel* pada tabung apar tepung biji durian dengan variabel tekanan 18 bar seperti pada gambar 4.14 dan tabel 4.5.

Tabel 4.5 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 4.6. 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*.

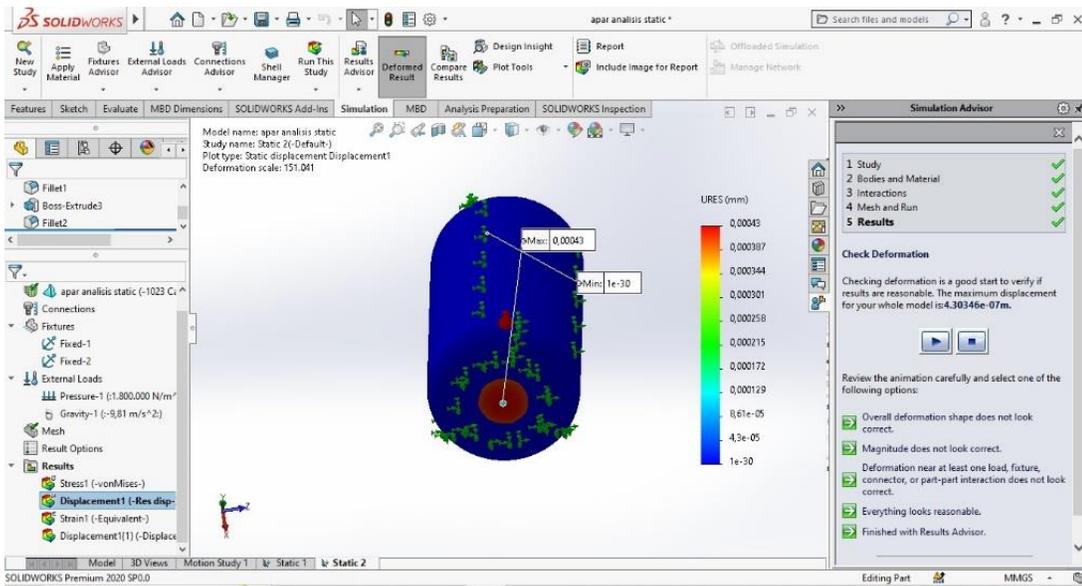
Study name: Static 2-(Default)
Plot type: Static strain Strain1



Gambar 4.15 Grafik hasil simulasi *strain* dengan tekanan 18 bar

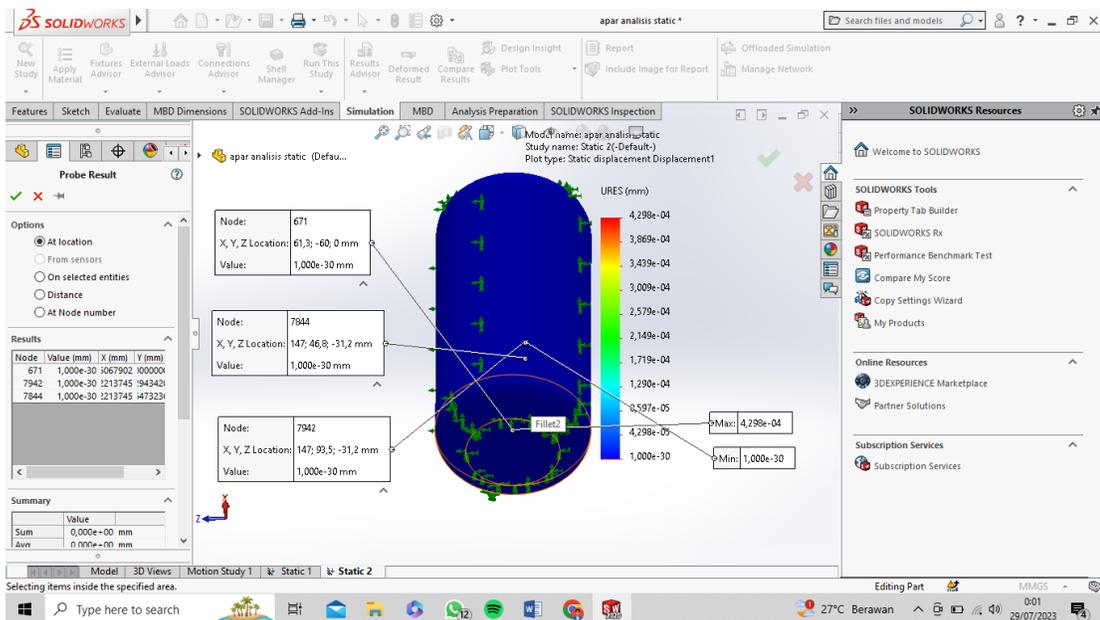
4.2.3 Displacement / Perubahan bentuk variabel tekanan 18 bar

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



Gambar 4.16 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.



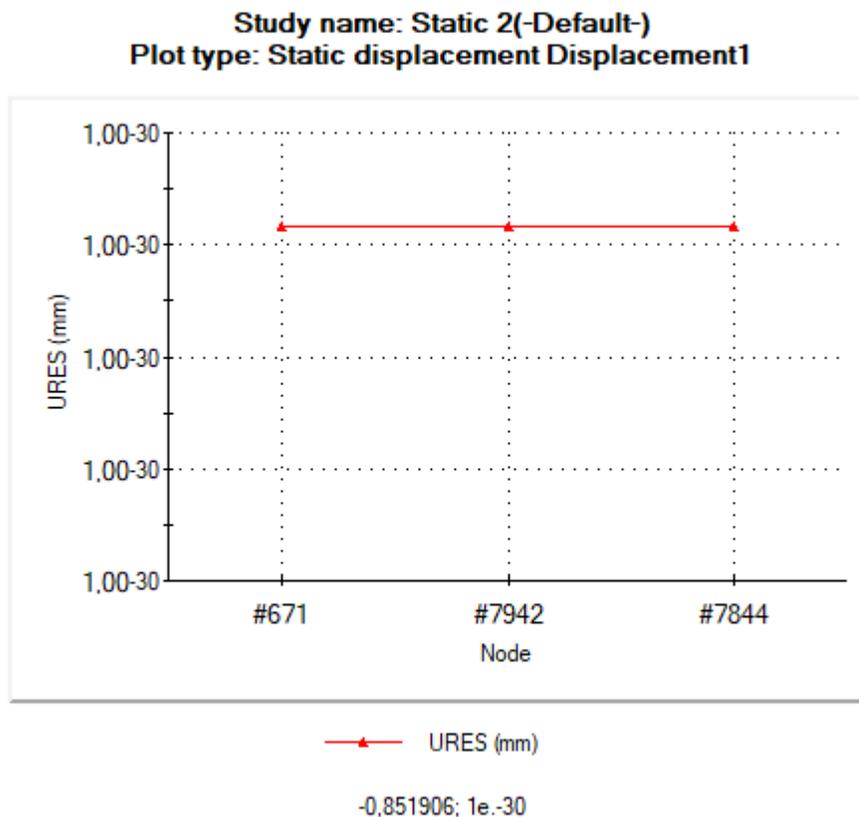
Gambar 4.17 Hasil interpolasi *displacement* pada tabung apar

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 4.17 dan tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai *displacement* pada tabung apar dengan tekanan 18 bar

| No | <i>Displacement</i> / 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 4.18. 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 4.18 Grafik hasil simulasi *displacement* dengan tekanan 18 bar

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 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 $0,607 \text{ N/mm}^2$
2. Regangan / *Strain* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah $2.817\text{e-}06$
3. Perubahan bentuk / *Displacement* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah $1.000\text{e-}30 \text{ mm}$.

Kemudian dengan tekanan normal 18 bar mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Tegangan / *Stress* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah $0,545 \text{ N/mm}^2$
2. Regangan / *Strain* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah $2.817\text{e-}06$
3. Perubahan bentuk / *Displacement* dengan merata pada setiap elemen material *carbon steel* adalah $1.000\text{e-}30 \text{ mm}$.

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.

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan untuk mempelajari komponen-komponen yang ada dalam *software solidworks* agar dapat di mengerti apa apa saja yang mau di kerjakan pada saat proses mendesain komponen tersebut.
2. Agar para penerus dapat lebih memberikan pengetahuan lebih tentang apa saja yang terbaik untuk kedepannya.
3. Diharapkan agar melengkapi peralatan yang cukup untuk melakukan proses penelitian baik dari komputer maupun dari alat uji lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., Andespa, R., Lhokseumawe, P. N., & Pengantar, K. (2020). Tugas Akhir Tugas Akhir. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Haryanti, N., & et.al. (2021). Rancang Bangun Kerangka Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbantu Perangkat Lunak Solidworks. *Sidang Tugas Akhir Jenjang Diploma III Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tahun 2021*, 1–8. <http://eprints.poltektegal.ac.id/794/2/4>.
Jurnal Nunung Haryanti 18021020.pdf
- Husen, H., Yunita, Y., Sahuri, S., & Siddique, F. (2022). Analisis Active Fire Protection System Apar Dan Hidran Di Area Og Field Pt. Xyz Tahun 2022. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Dan Lingkungan Hidup*, 7(1), 78–85.
<https://doi.org/10.51544/jkmlh.v7i1.3103>
- Kelly, P. F. (2020). Physics and Measurement. *Elements of Mechanics, C*, 22–27.
<https://doi.org/10.1201/b16840-5>
- Khan, M. T. H., & Rezwana, S. (2021a). A review of CAD to CAE integration with a hierarchical data format (HDF)-based solution. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 33(4), 248–258.
<https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.04.009>
- Khan, M. T. H., & Rezwana, S. (2021b). A review of CAD to CAE integration with a hierarchical data format (HDF)-based solution. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 33(4), 248–258.
<https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.04.009>
- Lombard, M. (2013). SolidWorks 2013 BIBLE. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). John Wiley & Sons.
- Pangaribowo, B. H., & Putra, W. H. A. (2019). Studi Pengaruh Pemanasan Awal pada Pengelasan Ulang Baja ASTM A36 akibat Reparasi terhadap Sifat Mekanis menggunakan Proses Las FCAW. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.32392>
- Ramadhan, A. I. (2014). *Analisa Desain Tabung Bahan Bakar Gas Jeni S*

*Compressed Natural Gas (Cng) Pada Mobil Bus Tekanan 200 Bar. November,
1-6.*

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**Analisis *Static* Pada Tabung Apar Tepung Biji Durian Dengan Metode *CAE*
(*Computer Aided Engineering*)**

Nama : Roby Alfiah Harahap

Npm : 1907230173

Dosen Pembimbing : Chandra Amirsyah Putra Siregar S.T.,M.T

| No | Hari / Tanggal | Kegiatan | Paraf |
|----|----------------|----------|-------|
|----|----------------|----------|-------|
