

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN TARIK BAJA KARBON RENDAH DENGAN METODE ELEMEN HINGGA MENGGUNAKAN SOFTWARE (SOLIDWORK)

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

Disusun Oleh:

M.IKHSAN HIMAWAN
1607230074



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

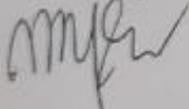
Nama : M. Ikhwan Himawan
NPM : 1607230074
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Baja karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2021

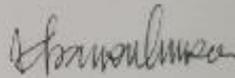
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



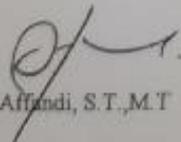
M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Khairul umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua



Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : M. Ikhsan Himawan
Tempat /Tanggal Lahir : Batu Melenggang, 04 Juni 1999
NPM : 1607230074
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisis Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)”

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 orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat 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 Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2021

Saya yang menyatakan,



M. Ikhsan Himawan

ABSTRAK

Permasalahan yang sering terjadi pada saat melakukan pengujian tarik ialah sering kali terjadi kegagalan pada spesimen dimana kegagalan tersebut terjadi patahan spesimen diposisi yang tidak diinginkan atau berada di pangkal/ujung spesimen. Untuk mengetahui bagaimana menganalisis pengujian tarik dengan metode elemen Hingga menggunakan software (solidwork). Adapun tujuan dari penelitian ini untuk membuat geometri spesimen kekuatan uji tarik menggunakan software solidwork setelah itu mengetahui kekuatan uji tarik pada baja karbon rendah berstandart ASTM E-8 dan menganalisis kekuatan uji tarik baja dengan metode elemen hingga. Ketika sudah selesai dilakukan pembuatan geometri spesimen uji tarik, maka spesimen langsung disimulasikan menggunakan software solidwork dengan panjang mesh yang berbeda untuk mendapatkan hasil kekuatan tarik baja karbon rendah. Setelah selesai melakukan proses simulasi maka selanjutnya akan melakukan pengamatan hasil simulasi solidwork. Dari hasil kesimpulan setelah melakukan pengujian eksperimen pengujian tarik baja karbon rendah mendapatkan hasil tegangan $2,451 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, dan hasil simulasi menggunakan software solidwork dapat disimpulkan hasil yang menggunakan total elemen 68268 mendapatkan nilai tegangan : $2,450 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, total elemen 46242 mendapatkan nilai tegangan : $2,451 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, total elemen 27224 mendapatkan nilai tegangan : $2,452 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, total elemen 20693 mendapatkan nilai tegangan : $2,453 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, total elemen 18746 mendapatkan nilai tegangan : $2,455 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, total elemen 17663 mendapatkan nilai tegangan : $2,458 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, total elemen 16403 mendapatkan nilai tegangan : $2,460 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, dan total elemen 16266 mendapatkan nilai tegangan : $2,461 \times 10^9 \text{ N/m}^2$. Dari hasil nilai pengujian eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai depresiasi rata-rata 0,145 %.

Kata Kunci: Pengujian Tarik, Metode Elemen Hingga, ASTM E-8, Solidwork.

ABSTRACT

The problem that often occurs when carrying out tensile testing is that there is often a failure in the specimen where the failure occurs when the specimen breaks in an undesirable position or is at the base / end of the specimen. To find out how to analyze tensile testing with the Finite element method using software (solidwork). The purpose of this research is to make a specimen geometry of tensile strength using solidwork software. After that, determine the tensile strength of low carbon steel with ASTM E-8 standard and analyze the tensile strength of steel with the finite element method. When the geometry of the tensile test specimen has been completed, the specimen is immediately simulated using solidwork software with different mesh lengths to obtain the results of the tensile strength of low carbon steel. After completing the simulation process, we will then observe the solidwork simulation results. From the results of the conclusion after conducting the experimental testing of low carbon steel tensile testing, the stress results are $2.451 \times 10^9 \text{ N / m}^2$, and the simulation results using solidwork software can be concluded that the results using a total of 68268 elements get a stress value: $2.450e + 09 \text{ N / m}^2$, the total elements 46242 get a voltage value: $2.451e + 09 \text{ N / m}^2$, a total of 27224 elements get a voltage value: $2.452e + 09 \text{ N / m}^2$, a total of 20693 elements get a voltage rating: $2.453e + 09 \text{ N / m}^2$, a total of 18746 elements get a voltage rating: $2.455 e + 09 \text{ N / m}^2$, a total of 17663 elements get a voltage value: $2.458e + 09 \text{ N / m}^2$, a total of 16403 elements get a voltage value: $2.460e + 09 \text{ N / m}^2$, and a total of 16266 elements get a voltage rating: $2.461e + 09 \text{ N / m}^2$. From the results of the experimental and simulation test values get an average depreciation value of 0.145%.

Keywords: Tensile Testing, Finite Element Method, ASTM E-8, Solidwork.

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 “Analisis Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork) ”sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

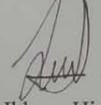
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Affandi S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing sekaligus ketua program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M.Yani, S.T.,M.T selaku dosen penguji I yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Zakaria dan Sri Arihta Ginting, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Ahmad Sofyan, Fikri Ardianto, Andre Irfandi, Ludfy Amru, Rais SyahbanadiHarahap, Septian Fauzi dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 29 April 2021



M. Ikhsan Himawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Kekuatan Tarik	3
2.1.1. Pengertian Kekuatan Tarik	3
2.1.2. Kekuatan Tarik	4
2.1.3. Bentuk Dan Dimensi Spesimen Uji	5
2.1.4. Kekuatan Luluh (<i>Yield Strength</i>)	6
2.1.5. Keuletan Dari Material	7
2.1.6. Modulus Elastisitas	7
2.1.7. Kelentingan (<i>resilience</i>)	8
2.1.8. Ketangguhan (<i>Toughness</i>)	9
2.1.9. Hukum Hooke (Hooke's Law)	9
2.2. Metode Elemen Hingga	10
2.2.1. Pengertian Metode Elemen Hingga.	16
2.2.2. Elemen Dua Dimensi	16
2.3. Solidwork.	17
2.3.1. Solidwork Model (Templates)	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu	19
3.1.1 Tempat	19
3.1.2 Waktu	19
3.2 Bahan dan Alat	20
3.2.1 Bahan	20
3.2.2 Alat	20
3.3 Diagram Alir Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.4.1 Studi Literatur dan Persiapan Alat, Bahan Pengumpulan	

	Data Penelitian	24
3.4.2	Pembuatan Geometri Spesimen Uji Menggunakan Software Solidwork.	24
3.4.3	Simulasi Statik Di Solidwork dan Pengamatan Hasil Simulasi	26
3.4.4	Analisis dan Penulisan Hasil Tugas Akhir	28
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1	Pembahasan	30
4.2.1	Hasil Eksperimen Uji Tarik	30
4.2.2	Hasil Simulasi	31
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga Modulus Elastisitas Pada Berbagai Suhu.	8
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.	19
Tabel 4.1 Validasi Hasil Tegangan Simulasi dan Eksperimen	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Uji Tarik.	3
Gambar 2.2 Gambaran Singkat Uji Tarik.	4
Gambar 2.3 Bentuk Spesimen Uji Tarik.	6
Gambar 2.4 Kurva Tegangan Dan Regangan.	10
Gambar 2.5 Meshing pada plate.	12
Gambar 2.6 Elemen persegi empat sederhana untuk menjelaskan analisa metode elemen hingga.	13
Gambar 2.7 Elemen yang Lazim digunakan pada Analisa FEM.	14
Gambar 2.8 Domain 2-dimensi dari daerah variable	15
Gambar 2.9 Hasil meshing dengan menggunakan metode elemen hingga.	15
Gambar 2.10 Type Grid dua dimensi.	16
Gambar 2.11 Luasan Elemen Segitiga.	16
Gambar 2.12 Fitur Dari Solidwork.	17
Gambar 2.13 Bidang Kerja Pada Solidwork.	18
Gambar 3.1 Baja Karbon Rendah.	20
Gambar 3.2 Universal Test Machine.	21
Gambar 3.3 Sigmat.	22
Gambar 3.4 Laptop.	22
Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian.	23
Gambar 3.6. Solidwork	24
Gambar 3.7 <i>Front Plane</i>	25
Gambar 3.8 Geometri Uji Tarik	25
Gambar 3.9 Pemodelan Uji Tarik ASTM-E8	26
Gambar 3.10 Solidwork 2020	26
Gambar 3.11 Geometri uji tarik	27
Gambar 3.12 Fixed geometri	27
Gambar 3.13 force	28
Gambar 3.14 <i>Meshing</i>	28
Gambar 4.1 Spesimen Sebelum Dilakukan Pengujian Tarik	29
Gambar 4.2 Spesimen Sesudah Dilakukan Pengujian Tarik	29
Gambar 4.3 Hasil simulasi tegangan pada total elemen a,b,c,d,e,f,g,h	33
Gambar 4.4 Grafik perbandingan total elemen dan tegangan simulasi	34
Gambar 4.5 Grafik depresiasi perhitungan	35
Gambar 4.6 Bentuk Variasi Total Elemen	35
Gambar 4.7 Distribusi tegangan pada penampang 1	36
Gambar 4.8 Grafik hasil tegangan pada penampang 1	36
Gambar 4.9 Distribusi tegangan pada penampang 2	37
Gambar 4.10 Grafik hasil tegangan pada penampang 2	37
Gambar 4.11 Distribusi tegangan pada penampang 3	38
Gambar 4.12 Grafik hasil tegangan pada penampang 3	38

DAFTAR NOTASI

S_u	= Kuat Tarik
P_{maks}	= Beban Maksimum
Y_s	= Besarnya Tegangan Luluh
P_y	= Besarnya Beban Di Titik <i>yield</i>
A	= Luas Penampang Awal Benda Uji
σ	= Tegangan
ε	= Regangan
E	= Modulus Elastisitas
L_0	= Panjang Awal Benda Uji
L_1	= Panjang Akhir Benda Uji
U_T	= Jumlah Unit Volume

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon oleh karena itu baja karbon di kelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3% disebut baja karbon rendah, baja dengan kadar karbon 0,3%-0,6% disebut dengan baja karbon sedang dan baja dengan kadar karbon 0,6%-1,5% disebut dengan baja karbon tinggi. (Maulana, 2016).

Metode elemen hingga (*finite element method*) banyak memberikan andil dalam melahirkan penemuan-penemuan bidang riset dan industri, Hal ini dikarenakan dapat berperan sebagai *research tool* pada eksperimen numerik. Metode elemen hingga adalah metode numeric yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan matematis dari suatu gejala phisis yang diantaranya adalah tegangan, regangan, kekuatan, dan analisa getaran. Metode elemen hingga inilah yang dapat membandingkan antara perhitungan dengan menggunakan software catia dan dengan menggunakan perhitungan secara manual. (Mulyadi, 2011).

Permasalahan yang sering terjadi pada saat melakukan pengujian tarik ialah sering kali terjadi kegagalan pada spesimen dimana kegagalan tersebut terjadi patahan spesimen diposisi yang tidak diinginkan atau berada di pangkal/ujung spesimen, oleh karena itu maka saya ingin melakukan penelitian uji tarik dengan metode elemen hingga yang pengaplikasian dilakukan di software (solidwork), sehingga pengujian lebih mudah dilakukan tanpa harus mengalami kegagalan yang berulang kali terjadi.

Menurut Ellysa Kusuma Laksanawati & Alvin Adhita Gunawan (2018) mereka melakukan Pengujian Kekuatan Rig Untuk Uji Tarik Baja A36 Diameter 30 Mm Bentuk Standart Dengan Analisa Software Solidwork. Maka dengan ini kami sebagai penulis ingin melakukan pengujian tarik baja karbon rendah dengan pemodelan geometri ASTM E8 dengan metode elemen hingga menggunakan software solidwork agar kami bisa lebih mudah dan lebih detail untuk mendapatkan hasil analisa penelitian kami.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana menganalisis pengujian tarik dengan metode elemen Hingga menggunakan software (solidwork).

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Spesimen yang akan dilakukan pada saat pengujian tarik berstandart ASTM E8.
2. Pengujian tarik dengan metode elemen hingga disimulasikan dengan aplikasi software solidwork.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui kekuatan uji tarik pada baja karbon rendah berstandart ASTM E-8.
2. Untuk menganalisis kekuatan uji tarik baja dengan metode elemen hingga menggunakan software solidwork.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai bekal mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri, dan sebagai modal persiapan untuk dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi para peneliti lain yang ingin mendalami tentang pengujian spesimen tarik baja karbon rendah ASTM-E8.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kekuatan Tarik.

2.1.1. Pengertian kekuatan Tarik.

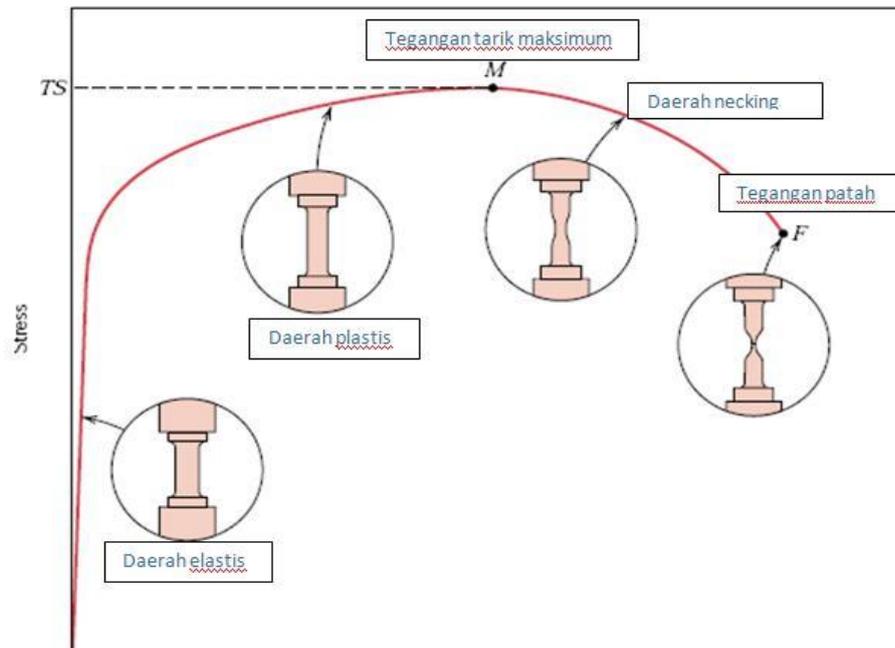
Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang bersumbu (Budiono, 2015). Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lamabat. Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Mesin Uji Tarik (Rimpung & Pujihadi, 2017)

Pengujian tarik merupakan dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Dimana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan *uniaxial* sehingga spesimen uji mengalami perenggangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana, murah dan sangat terstandarisasi dibanding pengujian lain. Hal-hal yang perlu diperhatikan agar pengujian menghasilkan nilai yang valid adalah bentuk dan dimensi spesimen uji, pemilihan grips dan lain-lain.

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 2.2. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut. (Laksanawati & Gunawan, 2018).



Gambar 2.2. Gambaran Singkat Uji Tarik (Laksanawati & Gunawan, 2018)

2.1.2. Kekuatan Tarik

Kekuatan yang biasanya ditentukan dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*Yield Strength*) dan kuat tarik (*Ultimate Tensile Strength*). Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength / UTS*), adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji.

$$Su = \frac{Pmaks}{A0} \quad (2.1)$$

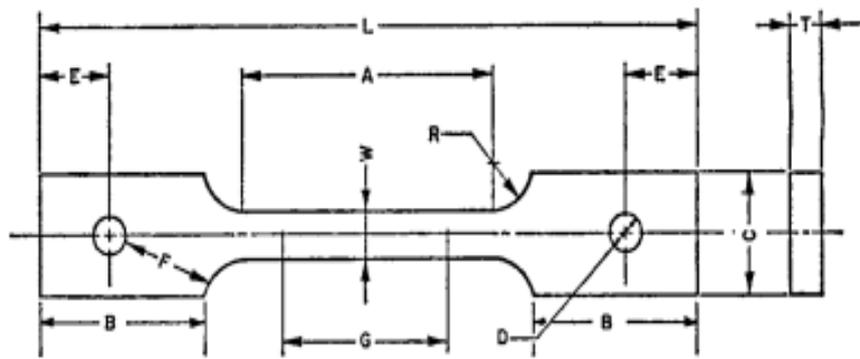
Untuk logam-logam yang liat kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum dimana logam dapat menahan sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Tegangan tarik adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil suatu uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut

kurang bersifat mendasar dalam kaitannya dengan kekuatan bahan. Untuk logam-logam yang liat kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum, di mana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Akan ditunjukkan bahwa nilai tersebut kaitannya dengan kekuatan logam kecil sekali kegunaannya untuk tegangan yang lebih kompleks, yakni yang biasanya ditemui. Untuk berapa lama, telah menjadi kebiasaan mendasarkan kekuatan struktur pada kekuatan tarik, dikurangi dengan faktor keamanan yang sesuai.

Kecenderungan yang banyak ditemui adalah menggunakan pendekatan yang lebih rasional yakni mendasarkan rancangan statis logam yang liat pada kekuatan luluhnya. Akan tetapi, karena jauh lebih praktis menggunakan kekuatan tarik untuk menentukan kekuatan bahan, maka metode ini lebih banyak dikenal, dan merupakan metode identifikasi bahan yang sangat berguna, mirip dengan kegunaan komposisi kimia untuk mengenali logam atau bahan. Selanjutnya, karena kekuatan tarik mudah ditentukan dan merupakan sifat yang mudah dihasilkan kembali (*reproducible*). Kekuatan tersebut berguna untuk keperluan spesifikasi dan kontrol kualitas bahan. Korelasi empiris yang diperluas antara kekuatan tarik dan sifat-sifat bahan misalnya kekerasan dan kekuatan lelah, sering dipergunakan. Untuk bahan-bahan yang getas, kekuatan tarik merupakan kriteria yang tepat untuk keperluan perancangan.(Budiman, 2016).

2.1.3. Bentuk Dan Dimensi Spesimen Uji.

Spesimen uji harus memenuhi standar dan spesifikasi dari ASTM E8. Bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah grip atau yang lainnya. Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standart pengujian. Dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3. Bentuk Spesimen Uji Tarik (“Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials 1,” 2013)

Pada gambar diatas dapat dijelaskan bahwa:

W=Lebar (12.5)

T=Ketebal spesimen (1,6 mm)

R=Radius (22 mm)

L=panjang keseluruhan spesimen (200 mm)

A=panjang dari bagian yang telah dikurangi (57 mm)

B=Panjang bagian pegangan spesimen (50 mm)

C=Lebar bagian pegangan spesimen (50 mm)

D=Diameter pada lubang spesimen (13 mm)

2.1.4. Kekuatan Luluh (*Yield Strength*)

Salah satu kekuatan yang biasanya diketahui dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*Yield Strength*). Kekuatan luluh (*Yield Strength*) merupakan titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke pada persamaan sebagai berikut.

$$Y_s = \frac{P_y}{A_o} \quad (2.2)$$

Tegangan di mana deformasi plastis atau batas luluh mulai teramati tergantung pada kepekaan pengukuran regangan. Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastik menjadi plastis yang berlangsung sedikit demi sedikit, dan titik di mana deformasi plastis mulai terjadi dan sukar ditentukan secara teliti.

Kekuatan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Definisi yang sering

digunakan untuk sifat ini adalah kekuatan luluh ditentukan oleh tegangan yang berkaitan dengan perpotongan antara kurva tegangan-regangan dengan garis yang sejajar dengan elastis offset kurva oleh regangan tertentu. Di Amerika Serikat *offset* biasanya ditentukan sebagai regangan 0,2 atau 0,1 persen ($e = 0,002$ atau $0,001$).

Cara yang baik untuk mengamati kekuatan luluh *offset* adalah setelah benda uji diberi pembebanan hingga 0,2% kekuatan luluh *offset* dan kemudian pada saat beban diadukan maka benda ujinya akan bertambah panjang 0,1 sampai dengan 0,2%, lebih panjang daripada saat dalam keadaan diam. Tegangan *offset* di Britania Raya sering dinyatakan sebagai tegangan uji (*proof stress*), di mana harga offsetnya 0,1% atau 0,5%. Kekuatan luluh yang diperoleh dengan metode *offset* biasanya dipergunakan untuk perancangan dan keperluan spesifikasi, karena metode tersebut terhindar dari kesukaran dalam pengukuran batas elastik atau batas proporsional.

2.1.5. Keuletan Dari Material

Keuletan adalah kemampuan suatu bahan sewaktu menahan beban pada saat diberikan penetrasi dan akan kembali ke bentuk semula. Secara umum pengukuran keuletan dilakukan untuk memenuhi kepentingan tiga buah hal (Budiono, 2015):

1. Untuk menunjukkan elongasi di mana suatu logam dapat berdeformasi tanpa terjadi patah dalam suatu proses suatu pembentukan logam, misalnya pengerolan dan ekstrusi.
2. Untuk memberi petunjuk secara umum kepada perancang mengenai kemampuan logam untuk mengalir secara elastis sebelum patah.
3. Sebagai petunjuk adanya perubahan permukaan kemurnian atau kondisi Pengolahan.

2.1.6. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah ukuran kekuatan suatu bahan akan keelastisitasannya. Makin besar modulus, makin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Modulus elastisitas ditentukan oleh gaya ikat antar atom, karena gaya-gaya ini tidak dapat dirubah tanpa terjadi

perubahan mendasar pada sifat bahannya. Maka modulus elastisitas salah satu sifat-sifat mekanik yang tidak dapat diubah. Sifat ini hanya sedikit berubah oleh adanya penambahan paduan, perlakuan panas, atau pengerjaan dingin. Secara matematis persamaan *modulus elastic* dapat ditulis sebagai berikut.

$$Mo = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.3)$$

Tabel 2.1 Harga modulus elastisitas pada berbagai suhu (Kusuma et al., 2017)

Bahan	Modulud Elastisitas, psi x 10 ⁶				
	Suhu Kamar	400 ⁰ F	800 ⁰	1000 ⁰ F	1200 ⁰ F
Baja Karbon	30,0	27,0	22,5	19,5	18,0
Baja Tahan Karat Austenit	28,0	25,5	23,0	22,5	21,0
Paduan Titanium	16,5	14,0	10,7	10,1	
Paduan Aluminium	10,5	9,5	7,8		

2.1.7. Kelentingan (*resilience*)

Kelentingan adalah kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi pada waktu berdeformasi secara elastis dan kembali ke bentuk awal apabila bebannya dihilangkan (Budiman, 2016). Kelentingan biasanya dinyatakan sebagai modulus kelentingan, yakni energi regangan tiap satuan volume yang dibutuhkan untuk menekan bahan dari tegangan nol hingga tegangan luluh σ_o . Energi regangan tiap satuan volume untuk beban tarik satu sumbu adalah :

$$U_o = 1/2 \sigma_x e_x \quad (2.4)$$

Dari definisi diatas, modulus kelentingan adalah :

$$U_E = 1/2 S_o \frac{S_o}{E} = \frac{S_o^2}{2E} \quad (2.5)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa bahan ideal untuk menahan beban energi pada pemakaian di mana bahan tidak mengalami deformasi permanen, misal pegas mekanik, adalah data bahan yang memiliki tegangan luluh tinggi dan modulus elastisitas rendah.

2.1.8. Ketangguhan (*Toughness*).

Ketangguhan (*Toughness*) adalah kemampuan menyerap energi pada daerah plastik. Pada umumnya ketangguhan menggunakan konsep yang sukar dibuktikan atau didefinisikan. Salah satu menyatakan ketangguhan adalah meninjau luas keseluruhan daerah di bawah kurva tegangan-regangan. Luas ini menunjukkan jumlah energi tiap satuan volume yang dapat dikenakan kepada bahan tanpa mengakibatkan pecah. Ketangguhan (S_0) adalah perbandingan antara kekuatan dan kuletan. Persamaan sebagai berikut.

$$U_T \approx S_U e_f \quad (2.6)$$

Atau

$$U_T = \frac{S_o + S_U}{2} e_f \quad (2.7)$$

Untuk material yang getas

$$U_T = \frac{2}{3} S_U e_f \quad (2.8)$$

Keterangan; U_T : Jumlah unit volume

Tegangan patah sejati adalah beban pada waktu patah, dibagi luas penampang lintang. Tegangan ini harus dikoreksi untuk keadaan tegangan tiga sumbu yang terjadi pada benda uji tarik saat terjadi patah. Karena data yang diperlukan untuk koreksi seringkali tidak diperoleh, maka tegangan patah sejati sering tidak tepat nilai.

2.1.9. Hukum Hooke (Hooke's Law).

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linear zone. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke yakni rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan. Stress adalah beban dibagi luas penampang bahan dan strain adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

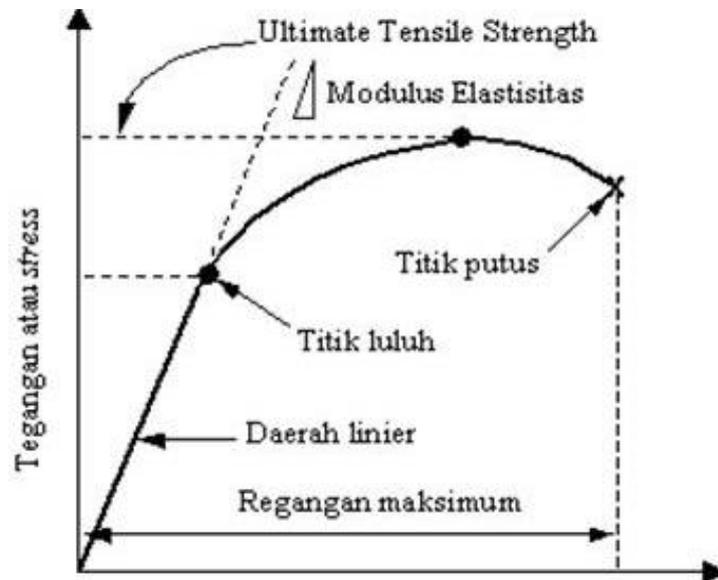
$$\text{Tegangan: } \sigma = \frac{F}{A} (\text{kg/mm}^2)$$

(2.9)

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \frac{L_1}{L_0} \times 100\% \quad (2.10)$$

$$\text{Modulus elastis: } E = \frac{\sigma}{\varepsilon} (\text{kgf/mm}^2) \quad (2.11)$$

Untuk memudahkan pembahasan, Gambar 2.4. kita modifikasi sedikit dari hubungan antara gaya tarikan dan pertambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan dan regangan (*stress vs strain*). Selanjutnya kita dapatkan Gambar yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. E adalah gradien kurva dalam daerah linier, dimana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ε) selalu tetap. E diberi nama "Modulus Elastisitas" atau "Young Modulus". Kurva yang menyatakan hubungan antara strain dan stress seperti ini kerap disingkat kurva SS (*SS curve*).



Gambar 2.4. Kurva Tegangan Dan Regangan (Laksanawati & Gunawan, 2018)

2.2. Metode Elemen Hingga.

2.2.1. Pengertian Metode Elemen Hingga.

Metode elemen hingga adalah metode numeric yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan matematis dari suatu gejala fisis yang diantaranya adalah tegangan, regangan, kekuatan, dan analisa getaran.

Metode elemen hingga inilah yang dapat membandingkan antara perhitungan dengan menggunakan software catia dan dengan menggunakan perhitungan secara manual. (Mulyadi, 2011).

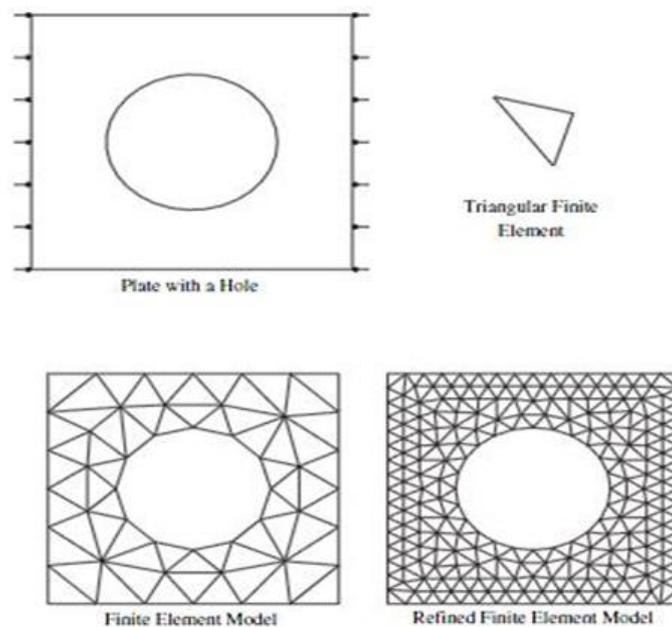
Metode elemen hingga (*finite element method*) banyak memberikan andil dalam melahirkan penemuan-penemuan bidang riset dan industri, Hal ini dikarenakan dapat berperan sebagai *research tool* pada eksperimen numerik. Aplikasi banyak dilakukan pada problem kompleks diselesaikan dengan metode elemen hingga seperti rekayasa struktur, steady state dan time dependent heat transfer, fluid flow, dan electrical potential problem, aplikasi bidang medikal.

Metode Elemen Hingga (FEM) dimulai dari kebutuhan akan penyelesaian masalah elastisitas yang kompleks, masalah analisis struktural pada teknik sipil dan teknik ilmu penerbangan. Pengembangannya dilakukan dari suatu pekerjaan yang pertama kali dilakukan oleh Alexander Hrennikoff (1941) dibidang analisis struktur dan Richard Courant (1942). Sementara pendekatan yang digunakan oleh kedua pelopor ini berbeda, mereka membagi suatu karakteristik penting yaitu diskretisasi (*discretization*) dari daerah (*domain*) yang berlanjut kedalam satu set sub-domain yang terpisah. Hrennikoff mengerjakan pemisahan domain dengan menggunakan analogi kisi-kisi (*grid*), sementara pendekatan Courant dengan membagi domain kedalam sub-domain segitiga yang terhingga untuk solusi persamaan parsial diferensial (PDE). Solusi masalah teknik elektro menggunakan metode elemen hingga diperkenalkan pada tahun 1960. Sedangkan aplikasinya dimulai pada tahun 1965.

Finite Element Method (FEM) atau biasanya disebut *Finite Element Analysis* (FEA), adalah prosedur numeris yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*), seperti analisa tegangan pada struktur, frekuensi pribadi dan mode shape-nya, perpindahan panas, elektromagnetis, dan aliran fluida.

Metode ini digunakan pada masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat menyelesaikannya. Inti dari FEM adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian

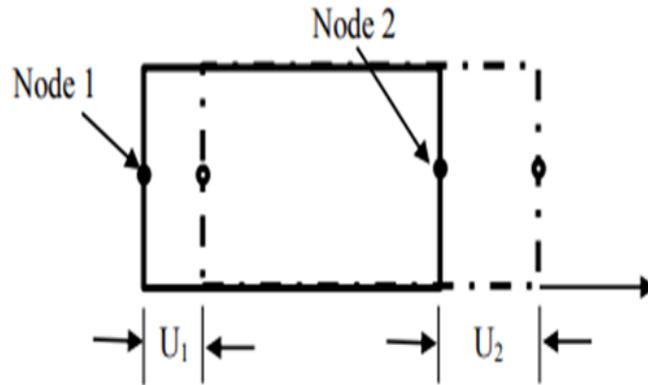
dengan jumlah hingga (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan nodal (*node*). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut *meshing*. Untuk menggambarkan dasar pendekatan FEM perhatikan gambar. Gambar 2.5 adalah gambar sebuah *plate* yang akan dicari distribusi temperturnya. Bentuk geometri *plate* di "*meshing*" menjadi bagian-bagian kecil bentuk segitiga untuk mencari solusi yang berupa distribusi temperatur *plate*. Sebenarnya kasus ini dapat diselesaikan dengan cara langsung yaitu dengan persamaan kesetimbangan panas (*heat balance equation*).



Gambar 2.5 Meshing pada plate. (Dolu, 2000)

Umurani telah melakukan analisa numerik suspensi dan simulasi dari pegas koilnya dengan beberapa variasi Pitch and revolution, untuk memperoleh hasil berupa stress, displacement, dan strain (Umurani & Amri, 2018). Metode elemen hingga merupakan cara yang sangat baik dalam menentukan tegangan dan defleksi dalam konstruksi yang sulit diselesaikan dengan secara analitik. Pada metode ini konstruksi dibagi menjadi jaringan yang terdiri dari elemen kecil yang dihubungkan satu sama lain pada titik node. Analisa elemen hingga dikembangkan dari metode matriks untuk

analisa struktur dan ditunjang oleh computer digital yang memungkinkan diselesaikannya sistem dengan ratusan persamaan simultan. Konsep yang



disederhanakan dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.

Gambar 2.6 Elemen persegi empat sederhana untuk menjelaskan analisa metode elemen hingga (Anggraini, 2016)

Setiap node memiliki satu derajat kebebasan bila bergeser sejauh U_1 dan U_2 . Persamaan yang menyatakan hubungan antara gaya yang bekerja pada node dan pergeseran yang diakibatkannya adalah sebagai berikut:

$$P_1 = K_{11}U_1 + K_{12}U_2 \quad (2.12)$$

$$K_{21}U_1 + K_{22}U_2 \quad (2.13)$$

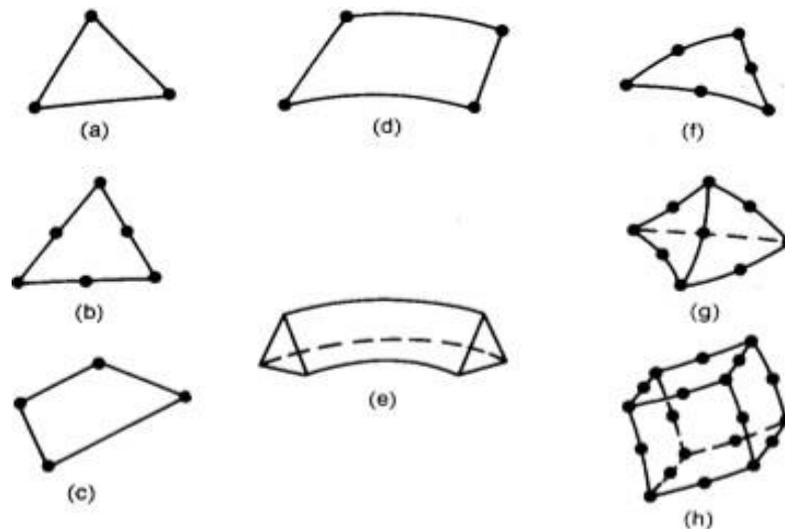
Koefisien kekakuan K_{ij} dihitung dengan program komputer berdasarkan sifat elastik bahan dan geometri elemen hingga dengan bentuk matriksnya adalah

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{Bmatrix} \quad (2.14)$$

Bila kedua elemen tadi digabungkan menjadi suatu konstruksi, dapat digunakan prinsip superposisi untuk menentukan kekakuan struktur dua elemen tadi.

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & 0 \\ K_{21} & K_{22} + K_{22} & K_{23} \\ 0 & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{Bmatrix} \quad (2.15)$$

Suatu konstruksi tiga dimensi akan mengakibatkan bertambahnya jumlah persamaan simultan; tetapi dengan memanfaatkan elem tingkat tinggi dan komputer yang lebih cepat, soal-soal tersebut dapat diselesaikan dengan FEM (*Finite Element Methode*). Pada gambar 2.7 tampak beberapa elemen yang digunakan dalam analisa FEM.



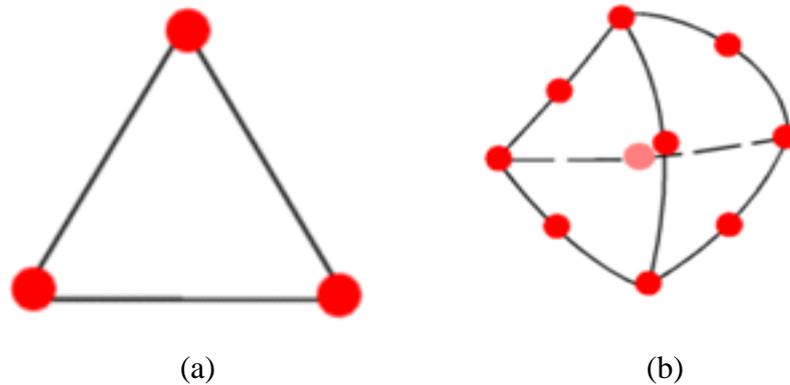
Gambar 2.7 Elemen yang Lazim digunakan pada Analisa FEM(Anggraini, 2016)

- (a) Elemen dua dimensi paling sederhana.
- (b) Segitiga dengan enam node.
- (c) Elemen kuadrilateral.
- (d) Elemen cincin berdimensi satu.
- (e) Elemen segitiga berdimensi dua.
- (f) Segitiga isoparametrik.
- (g) Tetrahedron
- (h) Heksahedron (Anggraini, 2016).

Penyelesaian Elemen hingga mencakup perhitungan matriks kekakuan untuk setiap elemen dalam struktur. Elemen tersebut kemudian dirakit membentuk matriks kekakuan $[K]$ untuk seluruh konstruksi.

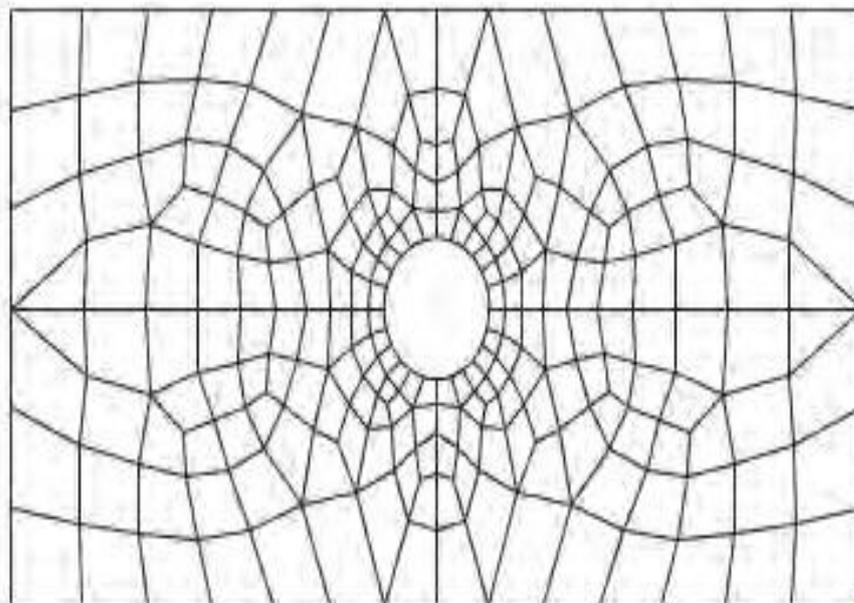
$$\{P\} = [K]\{U\} \quad (2.16)$$

Secara umum teknis dan terminology finite element analysis digambarkan pada gambar 2.8. Gambar mewakili volume suatu material yang sudah diketahui properties fisiknya. Volume mewakili domain boundary yang akan dihasilkan. Untuk singkatnya diasumsikan dengan kasus 2-dimensi untuk menentukan setiap titik P (x,y).



Gambar 2.8 (a) 3 node finite elemen didefinisikan dalam satu daerah (b) elemen tambahan yang menunjukkan finite elemen mesh (Akin, 2009)

Sebagai contoh penyelesaian permasalahan menggunakan metode *finite elemen methode* ditunjukkan pada gambar 2.9 yang menggambarkan persegi panjang dengan lubang dibagian tengah. Diasumsikan persegi panjang memiliki tebal yang konstan pada arah z. Hasil meshing menunjukkan bentuk yang bermacam-macam



(*triangles* dan *quadrilaterals*) dan ukuran yang berbeda-beda.

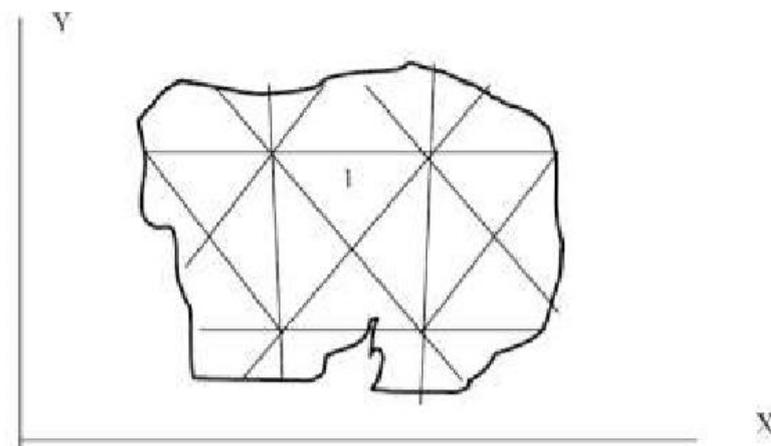
Gambar 2.9 Hasil meshing dengan menggunakan metode elemen hingga (Anggraini, 2016).

2.2.2. Elemen Dua Dimensi.

Bentuk yang sering dipergunakan elemen segitiga dan elemen segiempat. Linier elemen mempunyai sisi yang lurus. Elemen dengan order lebih tinggi (quadratic, cubic) dapat sisi lurus atau lengkung. Modeling untuk domain dengan batas sisi lengkung dimungkinkan dengan penambahan node tengah (midside node). Ketebalan elemen bisa sama (konstan) atau bisa sebagai fungsi dari koordinat.



Gambar 2.10 Type Grid dua dimensi (Mulyadi, 2011).



Gambar 2.11 Luasan elemen segitiga (Mulyadi, 2011).

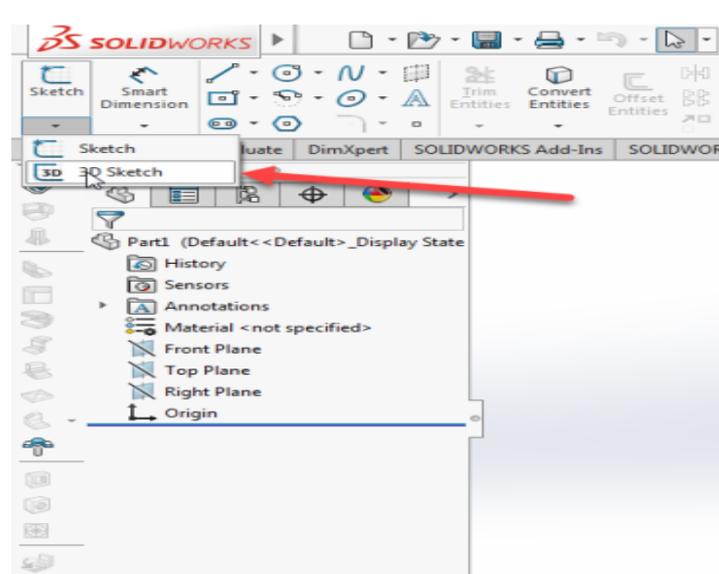
Berdasarkan penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Ellysa Kusuma Laksanawati & Alvin Adhita Gunawan (2018), yang berjudul “Pengujian Kekuatan Rig Untuk Uji Tarik Baja A36 Diameter 30 Mm Bentuk Standard Dengan Analisa Software Solidwork”. Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan dengan software solidworks, mereka mendapatkan hasil, Benda uji telah mengalami kerusakan karena yang terjadi pada daerah uji sebesar 321.695 N/mm^2 lebih besar dibandingkan dengan kekuatan yield dari bahan benda uji (250 N/mm^2), dan Rig dinyatakan kuat dimana Palang (Glagar), tiang dan baut kuat untuk melakukan pengujian dengan beban 200 kN dan untuk menopang actuator.

2.3. Solidwork.

Solidworks adalah salah satu software yang digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3d untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses permesinan.

2.3.1. Solidwork Model (Templates).

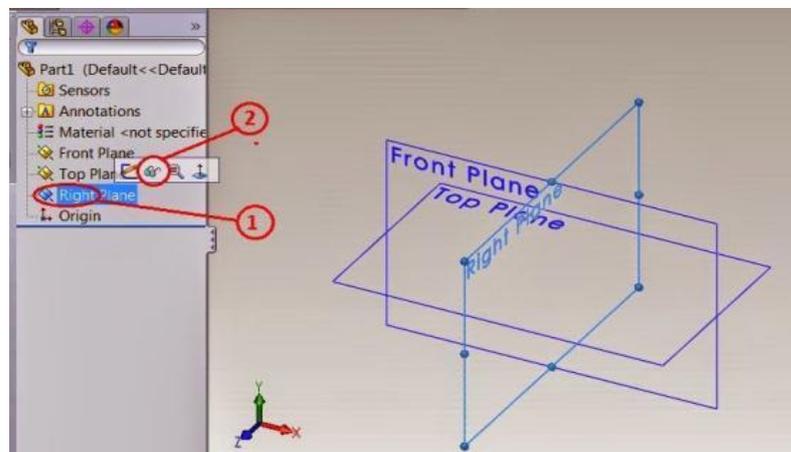
Didalam membuat suatu pemodelan 3D menggunakan Solidwork 2020, maka tahapan awal yang kita buat adalah membuat sketsa gambar dari object desain atau model yang akan kita buat. Proses pembuatan sketsa secara umum dilakukan pada bidang (Plane) front plane, dan right plane, atau bisa juga pada bidang tertentu lainnya tergantung kepada bagian fitur-fitur dari obyek desain yang akan kita buat proses sketsa dengan sketch entilities atau sketch toolbar, untuk melakukan proses peng-sketsaan menggunakan sketch entilities atau sketch tool dapat dilakukan dengan tahapan proses sebagai berikut. Klik sketch pada command manager untuk memunculkan sketch



toolbar.

Gambar 2.12. Fitur Dari Solidwork (Laksanawati & Gunawan, 2018).

Didalam proses pembuatan sketsa, kita diminta untuk menentukan bidang (*Plane*) dimana kita akan memulai proses pengsketsaan. Pada Solidwork 2013 secara umum ada 3 bidang yang menjadi acuan bagi kita dalam membuat sketsa atau proses pemodelan yaitu *Front*, *Top*, *Right*. Ketika kita meng-klik salah satu perintah pada sketch toolbar maka secara otomatis kita akan diminta untuk menentukan bidang (*plane*) yang menjadi acuan didalam teori mekanikal engineering design bidang acuan ini bisa diartikan sebagai bentuk pandangan dari suatu obyek desain. tampilan perintah yang diminta oleh program solidwork untuk menentukan bidang gambar sketsa dapat dilihat pada gambar 2.13 sebagai berikut.



Gambar 2.13. Bidang Kerja Pada Solidwork (Laksanawati & Gunawan, 2018)

Setelah kita menentukan bidang gambar yang akan kita jadikan acuan maka kita sudah dapat memulai proses peng-sketsaan. Proses sketsa dibagi menjadi:

1. Sketsa dalam format 2D
2. Sketsa dalam format 3D

Pada proses pengsketsaan didalam format 2D kita menggunakan acuan sumbu x dan sumbu y, sedangkan pada format 3D kita menggunakan acuan sumbu x, sumbu y dan sumbu z.

Proses pengsketsaan selalu diikuti oleh tahapan pemberian dimensi dimana prose pemberian dimensi tersebut dapat kita lakukan dengan mengisi nilai dimensi pada kotak dialog *Feature Nabager Design Tree* atau bisa juga dengan meng-klik smart dimension pada *sketch toolbar* dan kemudian klik garis sketsa yang ingin diberikan nilai dimensi.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan proses penelitian tugas akhir analisa kekuatan tarik baja dengan metode elemen hingga menggunakan Software (Solidworks) dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material dan Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri, Glugur Darat II.

3.1.2. Waktu

Waktu Pelaksanaan penelitian analisis kekuatan tarik dengan metode elemen hingga menggunakan software (solidwork), dilaksanakan setelah dimulai tanggal disahkannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan selama 6 bulan sampai dinyatakan selesai, jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul						
2	Studi Litelatur						
3	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3						

4	Pembuatan Desain Simulasi			
5	Seminar Proposal			
6	Pembuatan spesimen			
7	Pengujian spesimen			
8	Pengolahan data simulasi			
9	Sidang			

3.2 Bahan Dan Alat

3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang di gunakan untuk analisis kekuatan tarik baja dengan metode elemen hingga menggunakan software solidwork adalah sebagai berikut :

1. Baja Karbon Rendah.

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon. Dalam penelitian ini kami menggunakan baja dengan klasifikasi rendah (0,1%-0,3 %).



Gambar 3.1 Baja Karbon Rendah.

3.2.2 Alat

Adapun alat yang di gunakan untuk analisis kekuatan tarik baja dengan metode elemen hingga menggunakan software solidwork adalah sebagai berikut :

1. Mesin Uji Tarik.

Mesin uji tarik ini merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan tarik suatu bahan/material. Mesin ini nantinya akan digunakan untuk pengujian tarik spesimen plat baja karbon rendah. Pada mesin uji tarik ini saya menggunakan TYPE UTM-LC05T dengan Capacitas : 5000 kgf.



Gambar 3.2. Universal Test Machine.

2. Sigmat.

Sigmat merupakan alat ukur yang mampu mengukur jarak, kedalaman, maupun diameter ketebalan. Alat ini dipakai secara luas berbagai bidang industri engineering, mulai dari proses desain/perancangan dan manufaktur/pembuatan, kami menggunakan jangka sorong ini untuk mengukur ketebelan spesimen.



Gambar 3.3. Sigmat.

3. PC (Personal Computer).

Spesifikasi PC yang digunakan dalam analisa kekuatan tarik baja dengan metode elemen hingga menggunakan software solidwork ini adalah sebagai berikut.

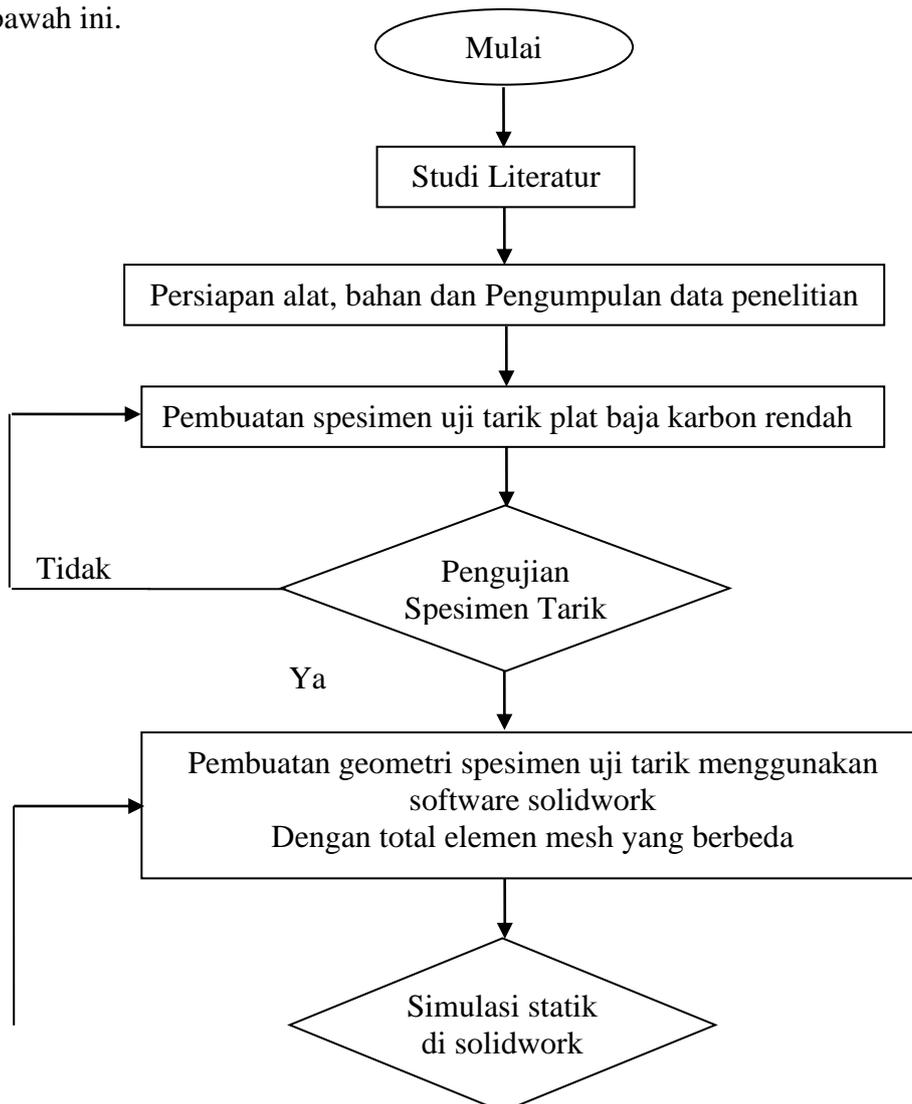
- Processor : Intel Xeon CPU E3-1246 v3 @3.50GHz.
- Ram : 8,00 GB.
- System type : 64-bit Operating System x64-based.
- Operasi System : Windows 10 Pro.
- Serial Number : 9710015706707616D3XGZ2BC.



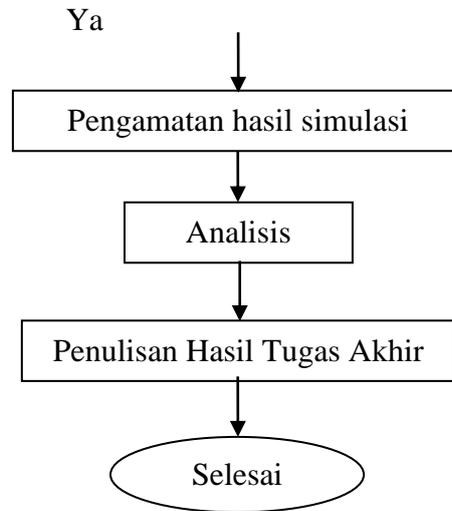
Gambar 3.4. PC (Personal Computer)

3.3 Diagram Alir Penelitian.

Untuk lebih jelas bagan alir penelitian dapat di lihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.



Tidak



Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian.

3.4 Prosedur Penelitian.

3.4.1. Studi Literatur dan Persiapan Alat, Bahan Pengumpulan Data Penelitian.

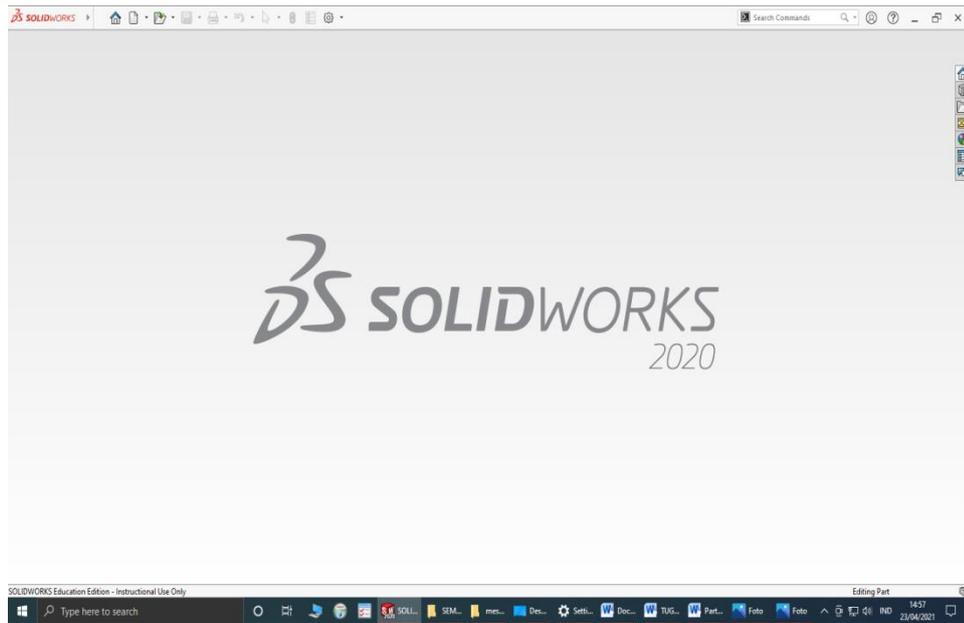
Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur dan persiapan alat, bahan pengumpulan data penelitian mengenai analisis kekuatan tarik dengan metode elemen hingga menggunakan software (solidwork). Kemudian data dikumpulkan dan menjadi studi literatur yang diambil dari jurnal, buku, dan artikel lainnya yang digunakan pada penelitian.

3.4.2. Pembuatan Geometri Spesimen Uji Tarik Menggunakan Software Solidwork.

Bentuk geometri dalam penelitian ini adalah plat baja karbon rendah yang akan diuji menggunakan kekuatan tarik (*tensile strength*). Pembuatan geometri spesimen uji tarik ini menggunakan software (solidwork).

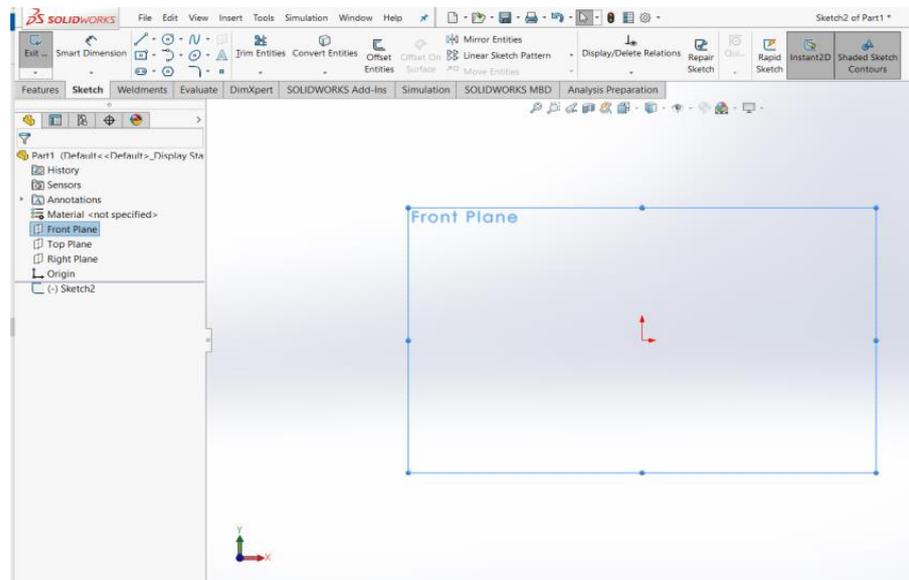
Adapun langkah-langkah pembuatan spesimen uji tarik ASTM-E8M dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.

1. Langkah awal pembuatan geometri uji tarik, membuka aplikasi solidwork 2020.



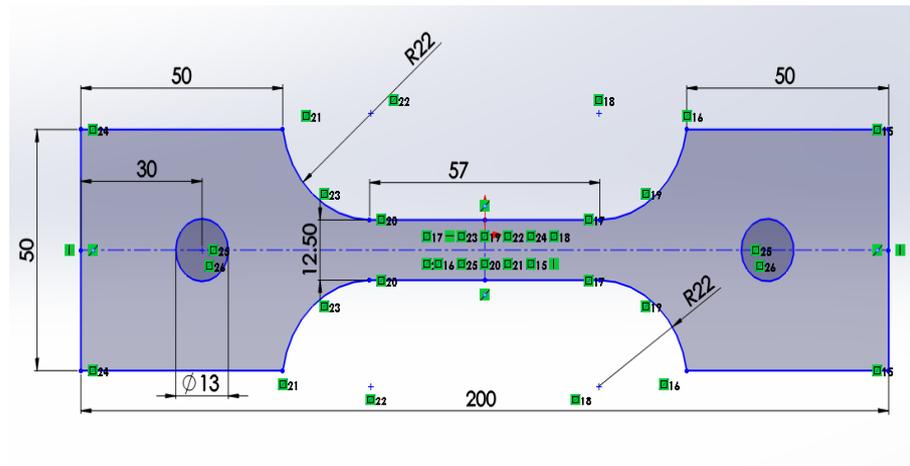
Gambar 3.6. Solidwork 2020.

2. Langkah selanjutnya setelah membuka solidwork lalu memilih *front plane* untuk menentukan bentuk bidang pandangan desain.



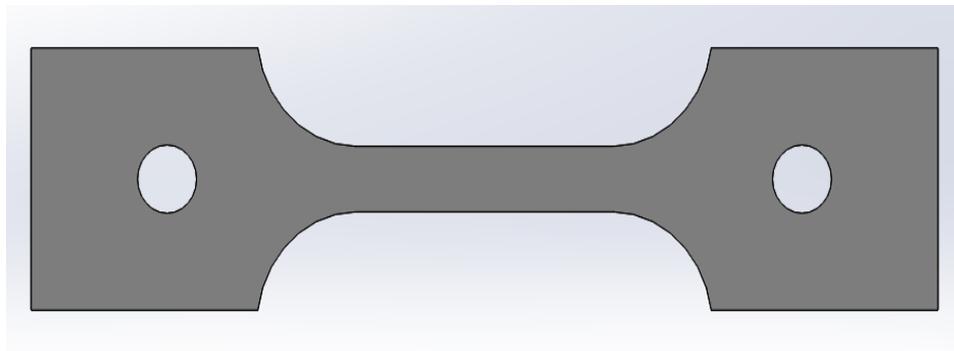
Gambar 3.7 *Front Plane*

3. Setelah menetapkan *front plane* lanjut membuat desain bentuk geometri ujik tarik yang berstandarisasi bentuk dan ukuran ASTM E-8



Gambar 3.8 Geometri Uji Tarik

4. Setelah membuat desain geometri uji tarik selanjutnya di *Extruded Boss* berfungsi sebagai perintah untuk membuat bangunan 3D dengan memasukan nilai ketebalan pada geometri.



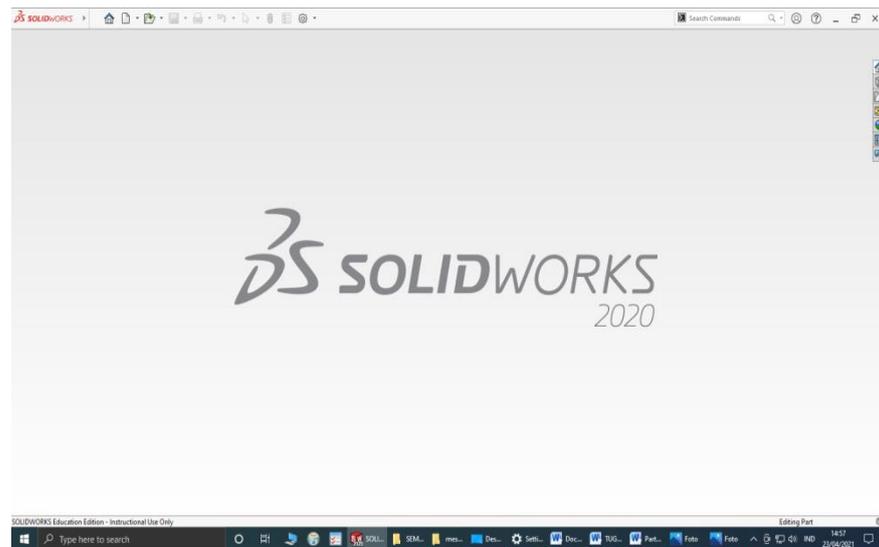
Gambar 3.9. Pemodelan Uji Tarik ASTM-E8

3.4.3. Simulasi Statik Di Solidwork dan Pengamatan Hasil Simulasi.

Ketika sudah selesai dilakukan pembuatan geometri spesimen uji tarik, maka spesimen langsung disimulasikan menggunakan software solidwork dengan panjang mesh yang berbeda untuk mendapatkan hasil kekuatan tarik baja plat karbon rendah. Setelah selesai melakukan proses simulasi maka selanjutnya akan melakukan pengamatan hasil simulasi solidwork.

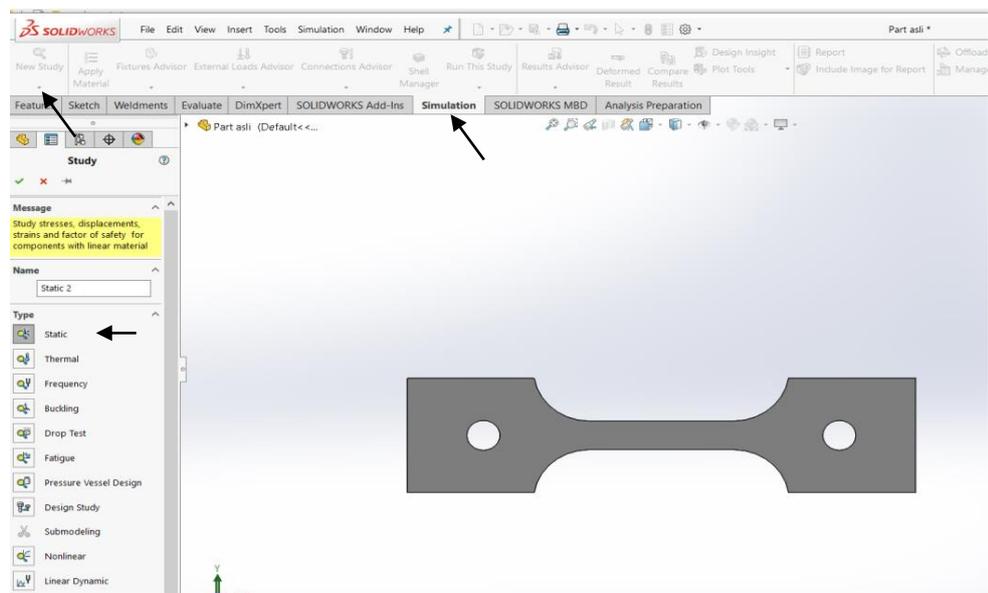
Adapun langkah-langkah melakukan simulasi statik spesimen uji tarik ASTM-E8 menggunakan software solidwork 2020-2021 dengan serial number : 9710015706707616D3XGZ2BC dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.

1. Langkah awal melakukan simulasi statik uji tarik, membuka aplikasi solidwork 2020



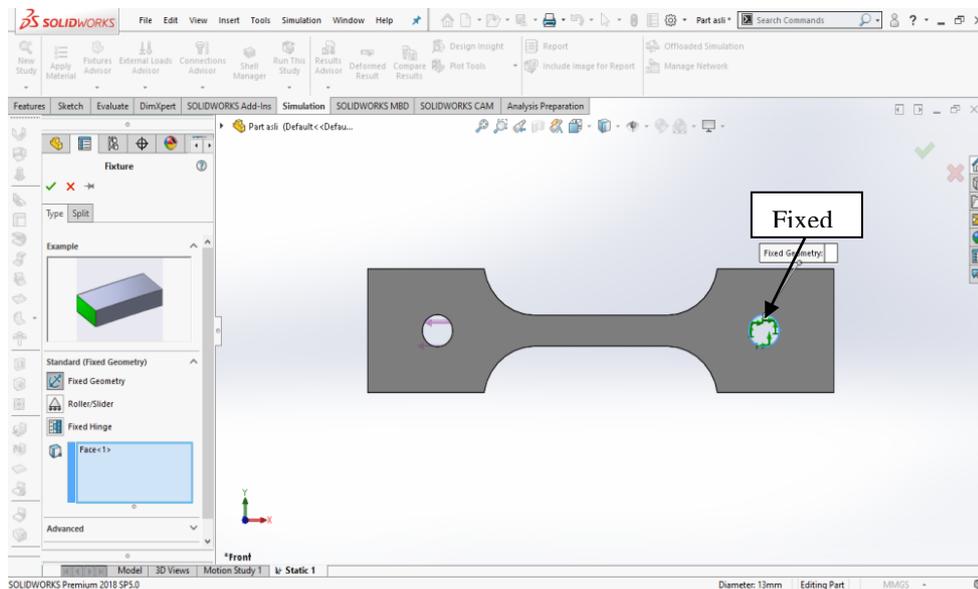
Gambar 3.10. Solidwork 2020.

2. Buka file geometri yang sudah di design diaplikasi solidworks 2020 dan pilih simulation setelah itu klik new study lalu pilih menu statik.



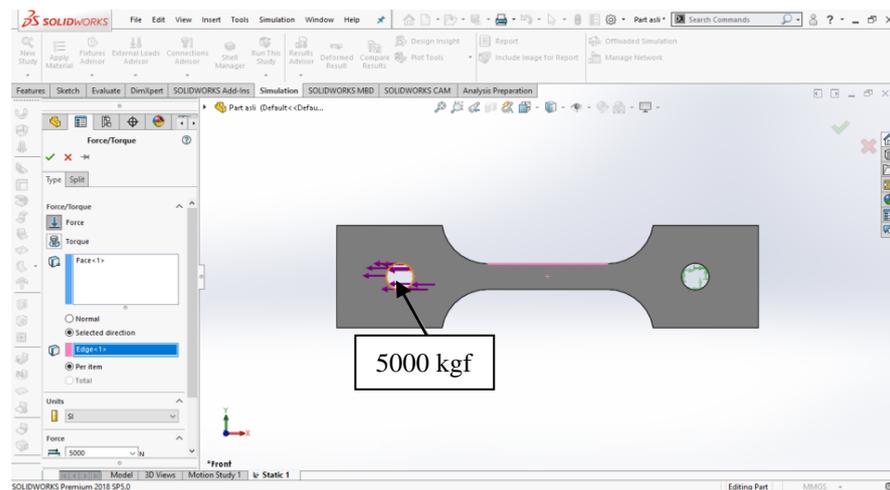
Gambar 3.11. Geometri uji Tarik.

3. Setelah itu klik fixtures lalu pilih fixed geometri yang berfungsi untuk menahan/mencekam sebelah sisi geometri pada saat *simulation*.



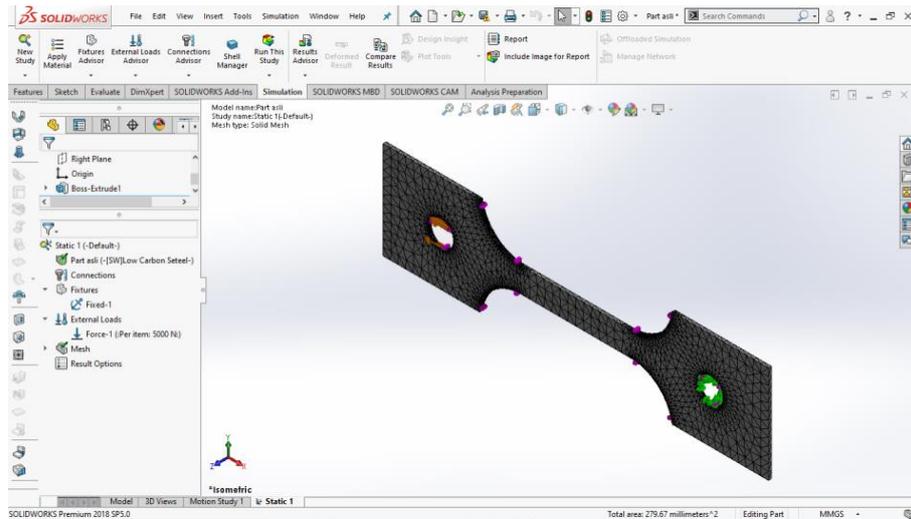
Gambar 3.12. Fixed geometri.

4. Selanjutnya setelah di fixed geometri, klik external loads lalu pilih force dengan beban tarik 5000 kgf dan klik bagian mana yang ingin di beri beban gaya, lalu pilih selected direction.



Gambar 3.13. Force

5. Setelah semua sudah selesai, lalu geometri di meshing dengan variasi *mesh* yang sudah ditetapkan dan setelah selesai di meshing geometri langsung di *Run this study*.



Gambar 3.14. *Meshing*

3.4.4. Analisis dan Penulisan Hasil Tugas Akhir.

Setelah melakukan simulasi statik di solidwork maka selanjutnya melakukan analisis hasil simulasi untuk mendapatkan kekuatan tarik plat baja karbon rendah. Hasil analisis tersebut akan langsung ditulis dipenulisan hasil tugas akhir.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tarik.

- a. Spesimen sebelum dilakukan pengujian.



Gambar 4.1 Spesimen sebelum dilakukan pengujian tarik

Pada gambar 4.1 diatas merupakan gambar spesimen uji tarik berstandarisasi dengan bentuk dan dimensi sesuai ASTM E-8.

- b. Spesimen setelah dilakukan pengujian.



Gambar 4.2 Spesimen sesudah dilakukan pengujian tarik pada gambar 4.2 diatas merupakan gambar spesimen uji tarik yang sudah dilakukan pengujian eksperimen dengan mesin uji tarik menggunakan TYPE UTM-LC05T dengan Capasitas : 5000 kgf.

4.2 Pembahasan.

4.2.1 Hasil Eksperimen Uji Tarik

(a). Spesimen

$$\text{Dik : } L_o = 200 \text{ mm}$$

$$L_i = 214,302 \text{ mm}$$

$$F = 5000 \text{ Kgf} = 49033,25 \text{ N}$$

$$A = P \cdot L = 12,5 \times 1,6 = 20 \text{ mm} = 0,00002 \text{ m}^2$$

$$\text{Dit : } \begin{aligned} \varepsilon &= \dots? \\ \sigma &= \dots? \end{aligned}$$

$$\text{Jawab } = \dots?$$

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o}$$

$$\begin{aligned} \text{Regangan} = \varepsilon &= \frac{214,302 - 200}{200} \\ &= 0,7151 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\text{Tegangan} = \sigma = \frac{49033,25}{0,00002}$$

$$= 2,451 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

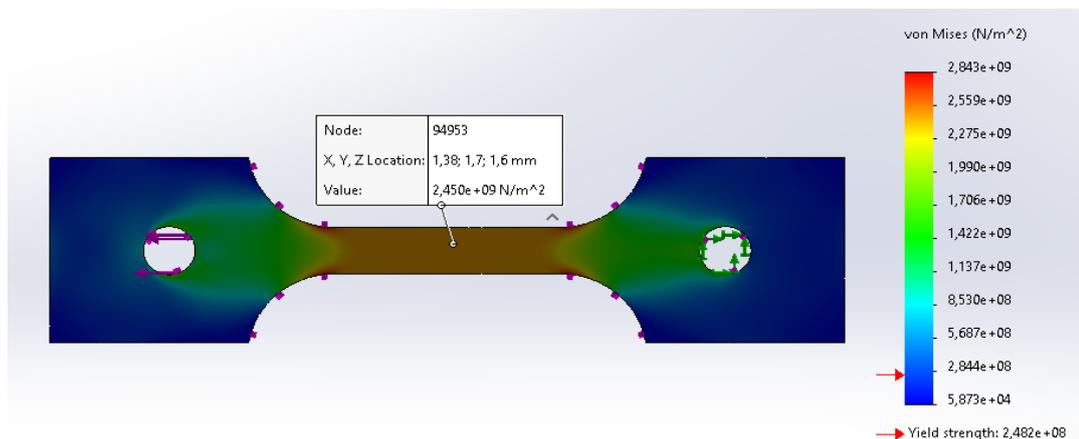
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\text{Maka modulus elastisitas} = E = \frac{2,451 \times 10^9}{0,7151}$$

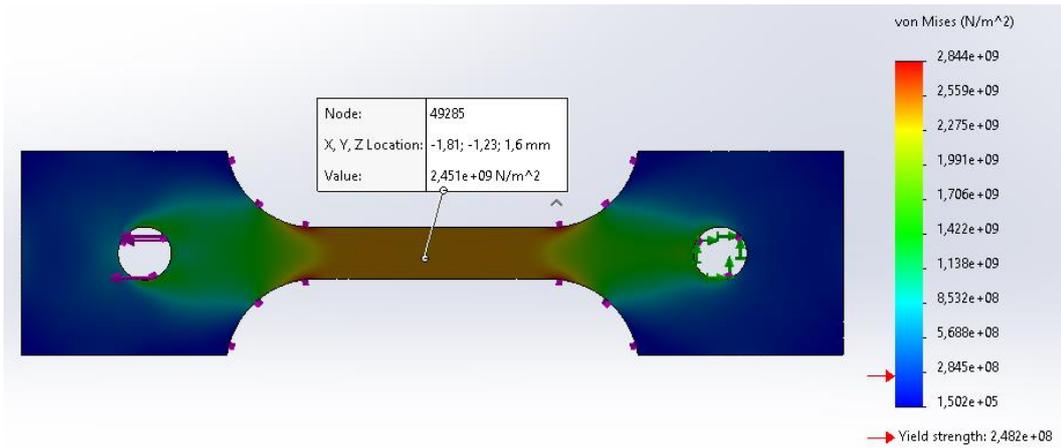
$$= 3,427 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

4.2.2 Hasil Simulasi.

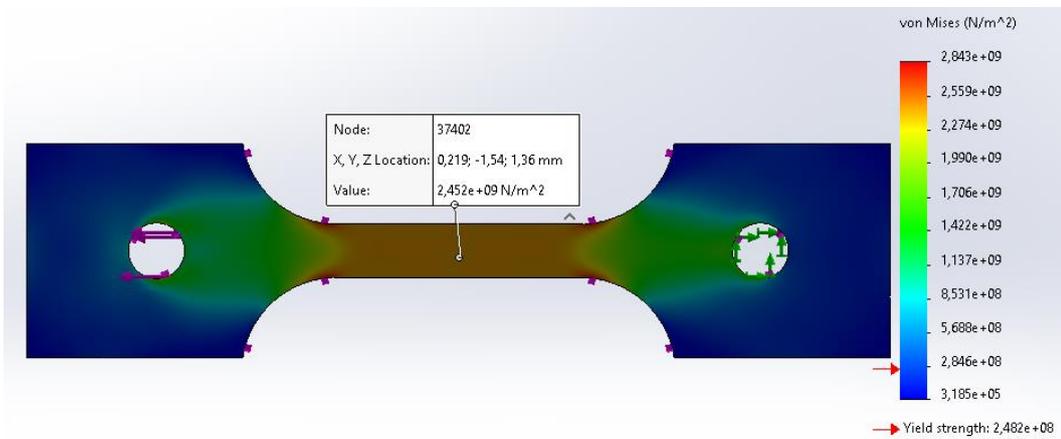
Berikut ini adalah hasil simulasi pengujian tarik dengan nilai total elemen yang berbeda.



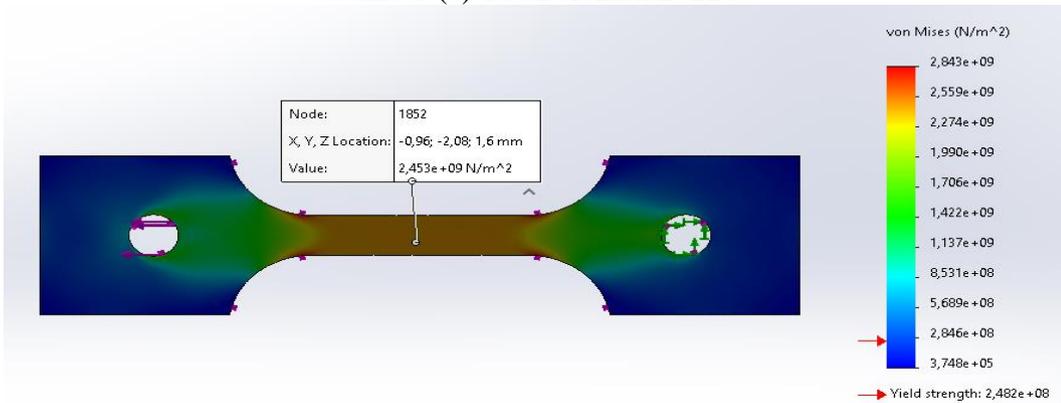
Gambar (a) Total elemen 68268.



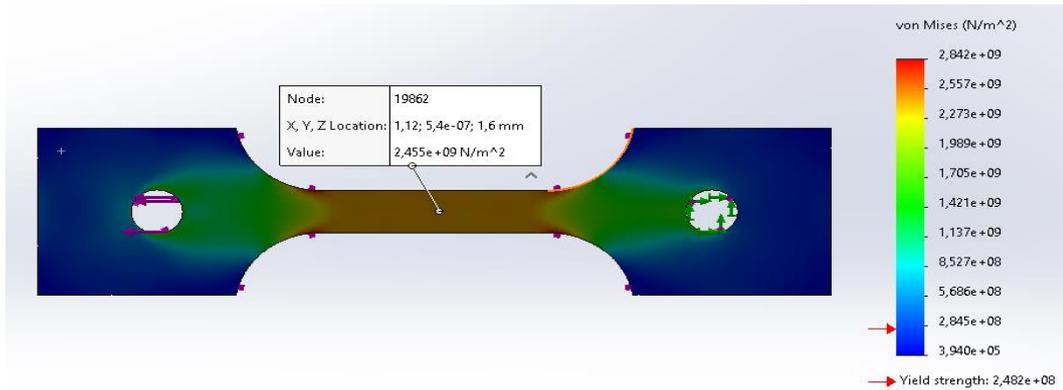
Gambar (b) Total elemen 46242.



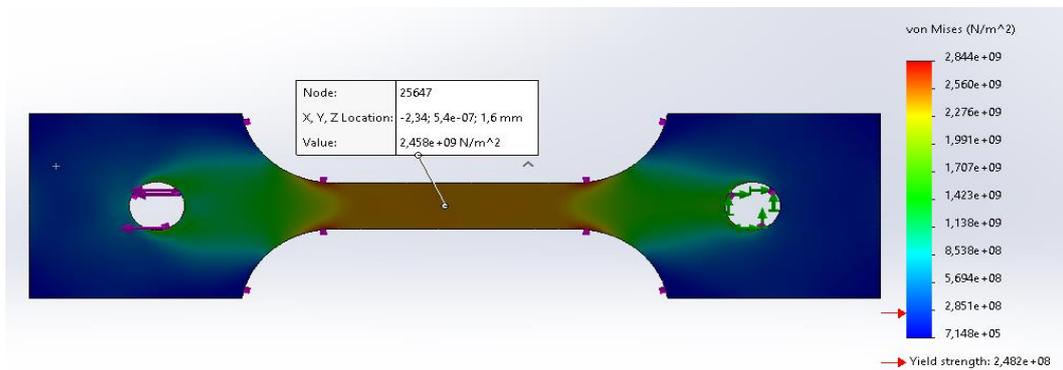
Gambar (c) Total elemen 27224.



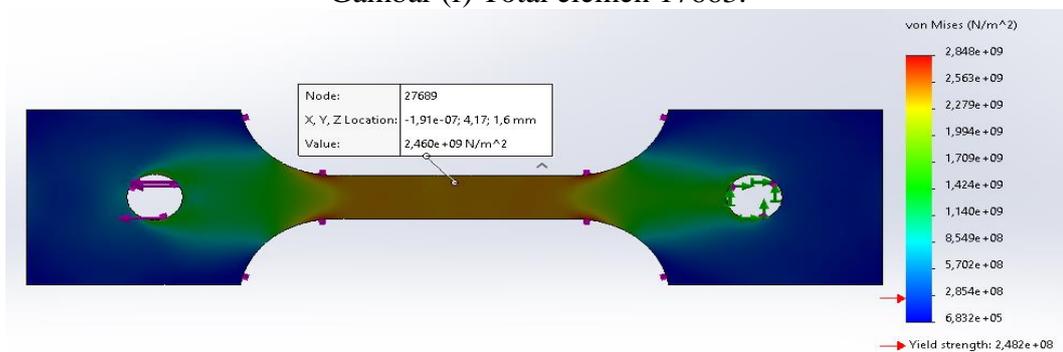
Gambar (d) Total elemen 20693.



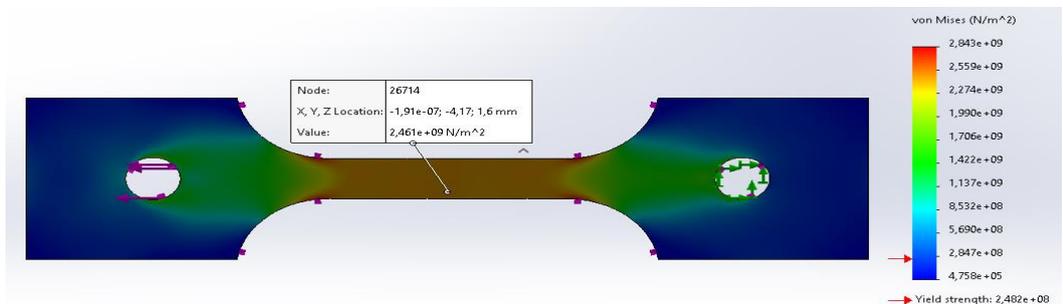
Gambar (e) Total elemen 18746.



Gambar (f) Total elemen 17663.



Gambar (g) Total elemen 16403.



Gambar (h) Total elemen 16266.

Gambar 4.3 Hasil simulasi tegangan pada total elemen a,b,c,d,e,f,g,h.

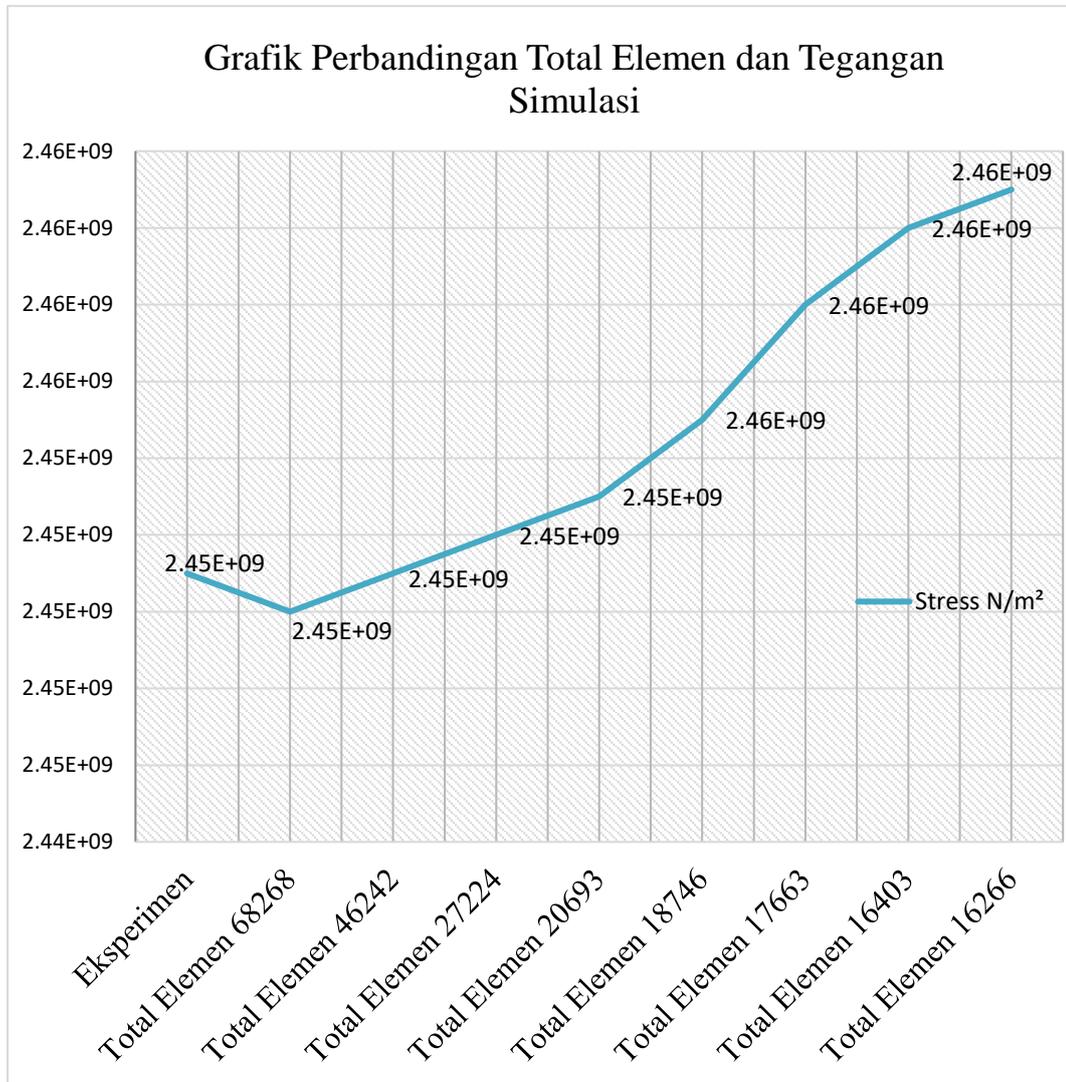
Hasil simulasi pengujian tarik yang telah dilakukan di software solidwork dengan ukuran yang berbeda pada total elemen 68268 mendapatkan nilai tegangan : 2,450e+09 N/m² seperti gambar 4.3 (a), total elemen 46242 mendapatkan nilai tegangan : 2,451e+09 N/m² seperti gambar 4.3 (b), total elemen 27224 mendapatkan nilai tegangan : 2,452e+09 N/m² seperti gambar 4.3 (c), total elemen 20693 mendapatkan nilai tegangan : 2,453e+09 N/m² seperti gambar 4.3 (d), total elemen 18746 mendapatkan nilai tegangan : 2,455e+09 N/m² seperti gambar 4.3 (e), total elemen 17663 mendapatkan nilai tegangan : 2,458e+09 N/m² seperti gambar 4.3 (f), total elemen 16403 mendapatkan nilai tegangan : 2,460e+09 N/m² seperti gambar 4.3 (g), dan total elemen 16266 mendapatkan nilai tegangan : 2,461e+09 N/m² seperti gambar 4.3 (h). Dapat dilihat pada gambar 4.3 diatas.

Berikut ini adalah tabel validasi hasil tegangan simulasi dan eksperimen pada pengujian tarik baja karbon rendah dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1. Validasi Hasil Tegangan Simulasi dan Eksperimen.

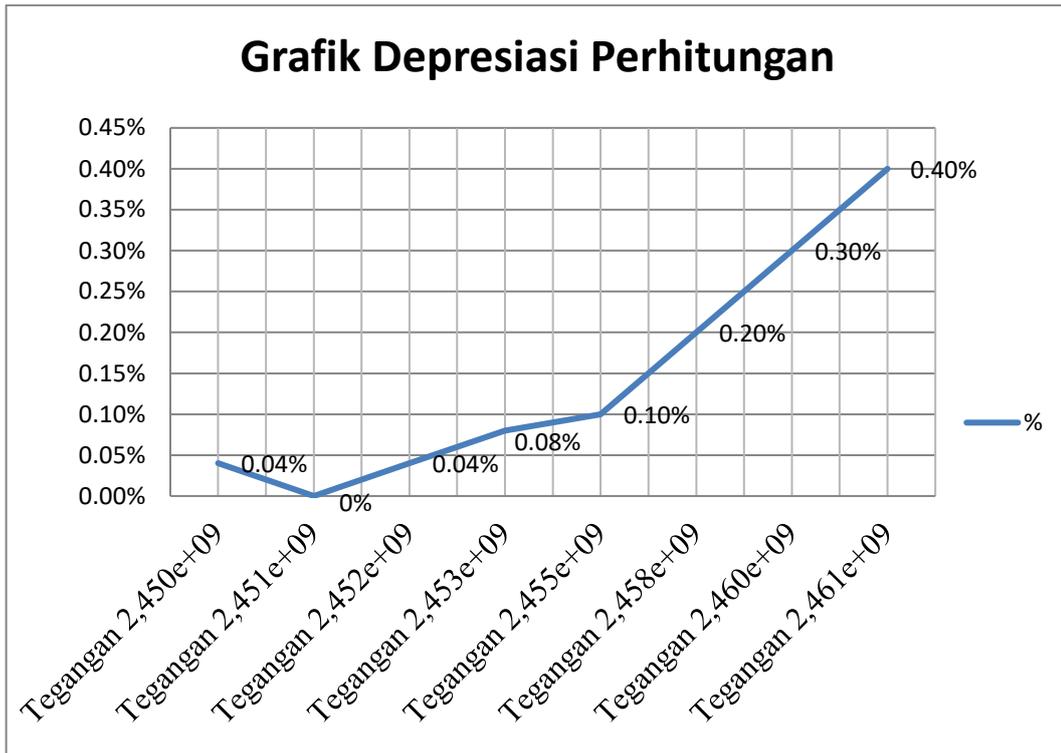
No	Total Node	Total Elemen	Simulasi	Eksperimen	Depresiasi Perhitungan
			Tegangan N/m ²	Tegangan N/m ²	
1	116893	68268	2,450e+09	2,451x10 ⁹	0,04%
2	81379	46242	2,451e+09		0%
3	50202	27224	2,452e+09		0,04%
4	39356	20693	2,453e+09		0,08%
5	34955	18746	2,455e+09		0,1%
6	32795	17663	2,458e+09		0,2%
7	30670	16403	2,460e+09		0,3%
8	30545	16266	2,461e+09		0,4%

Hasil grafik perbandingan total elemen dan tegangan simulasi pengujian tarik baja karbon rendah dengan variasi total elemen yang berbeda. Dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan total elemen dan tegangan simulasi.

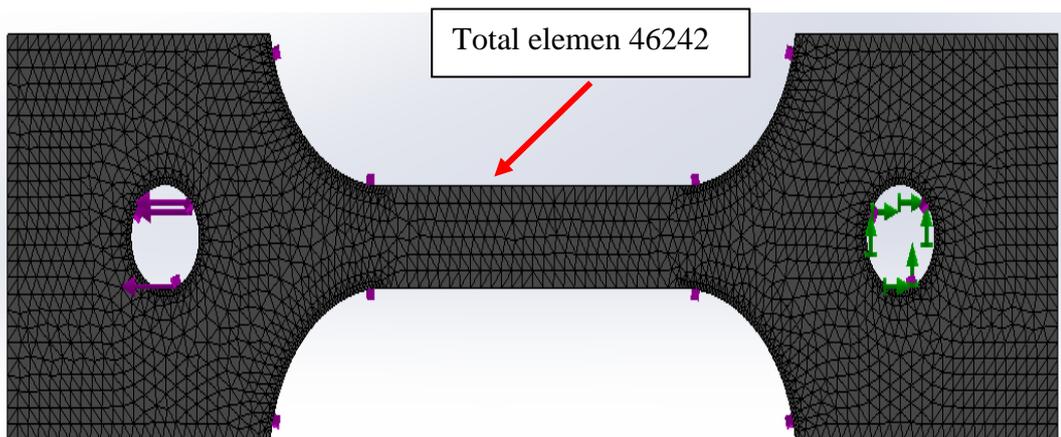
Setelah melakukan pengujian eksperimen dan simulasi pengujian tarik dengan total elemen yang berbeda, mendapatkan hasil bahwa semakin besar nilai total elemen yang didapat maka semakin kecil nilai tegangan yang diperoleh.



Gambar 4.5 Grafik depresiasi perhitungan.

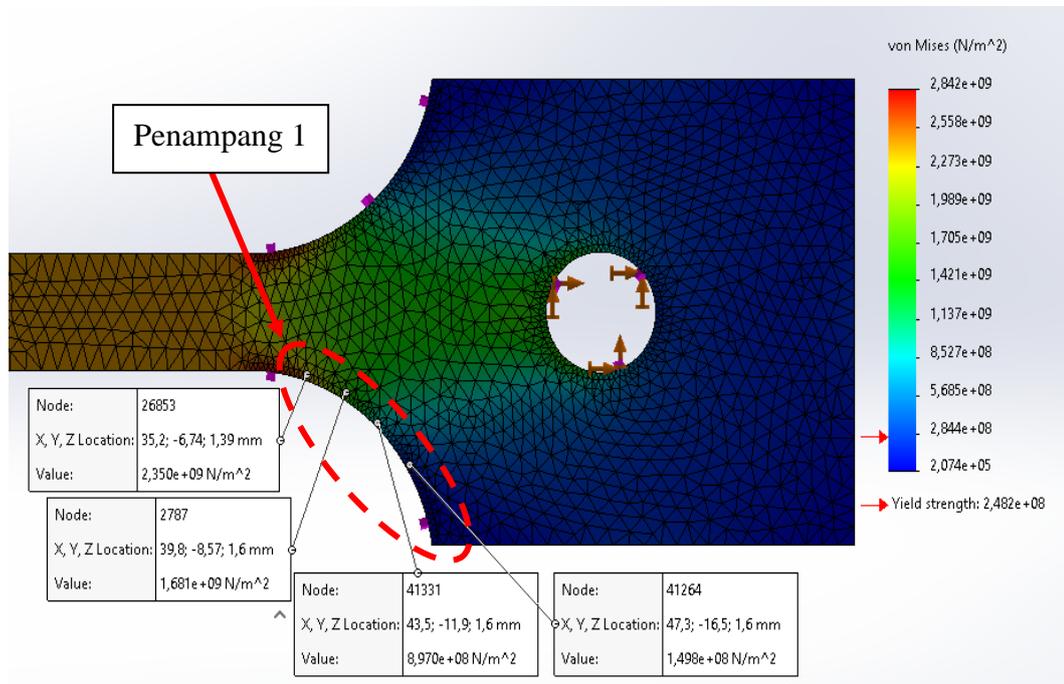
Dari grafik diatas dapat dijumlahkan nilai rata-rata depresiasi dari nilai eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai rata-rata 0,145 %.

Berikut ini adalah contoh gambar mesh dari total elemen 46242 yang sama hasilnya dengan eksperimen. Dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini.

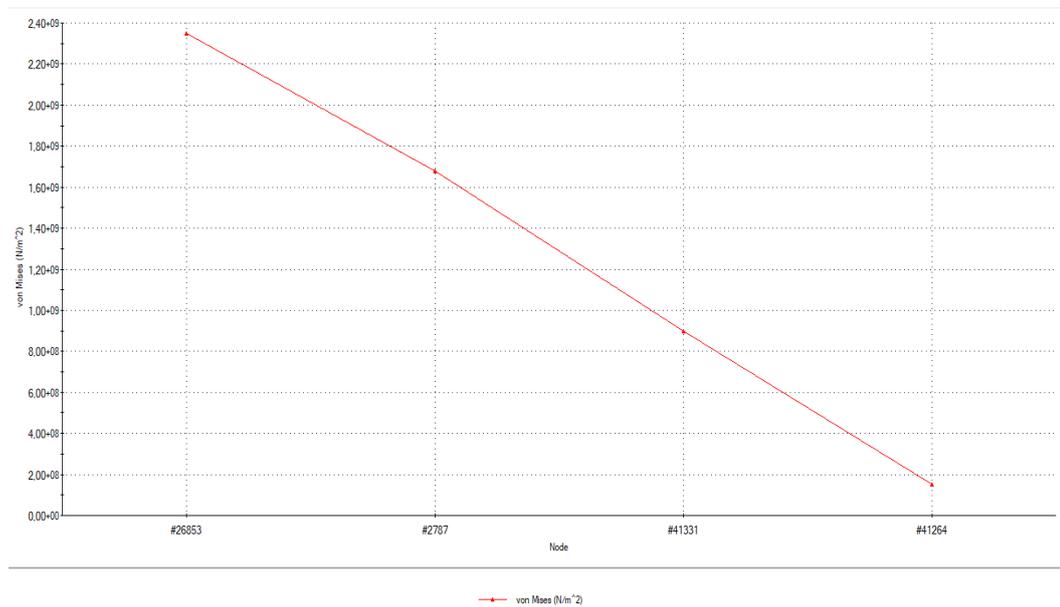


Gambar 4.6 Bentuk Variasi Total Elemen.

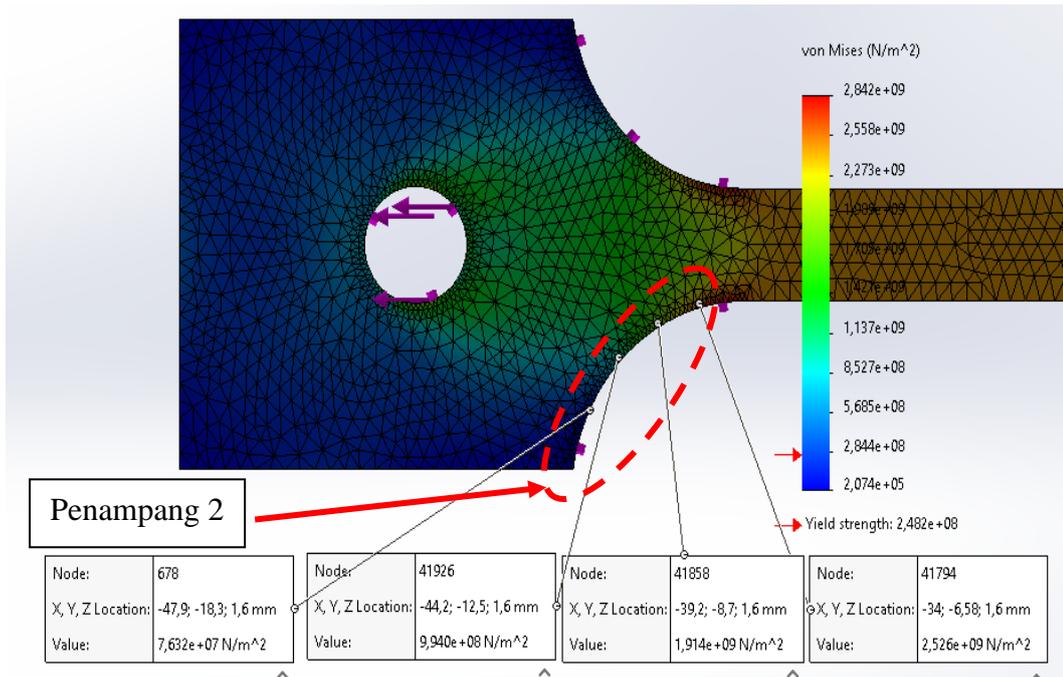
Berikut ini adalah hasil titik node tegangan pada penampang stress konsentrasi. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



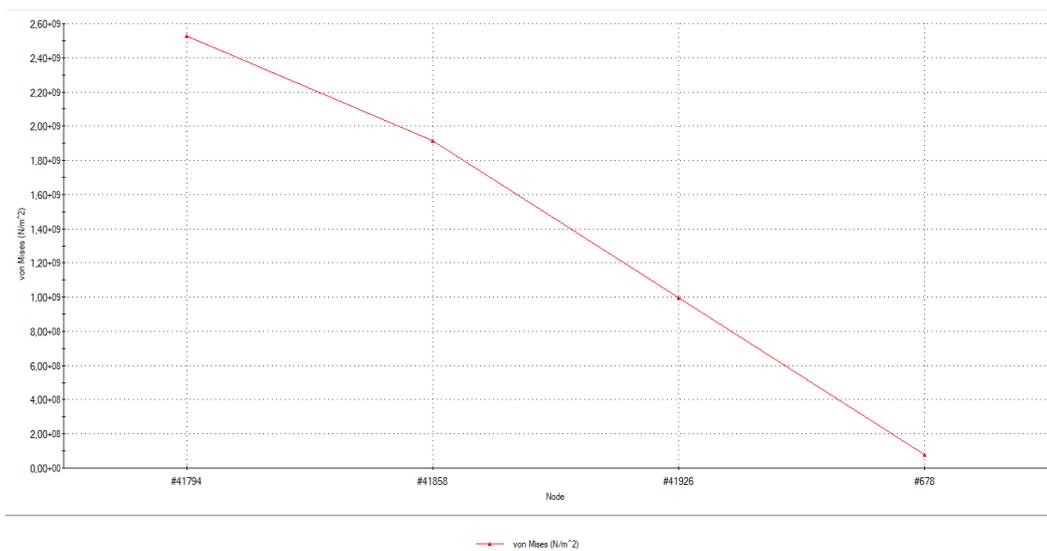
Gambar 4.7 Distribusi tegangan pada penampang 1



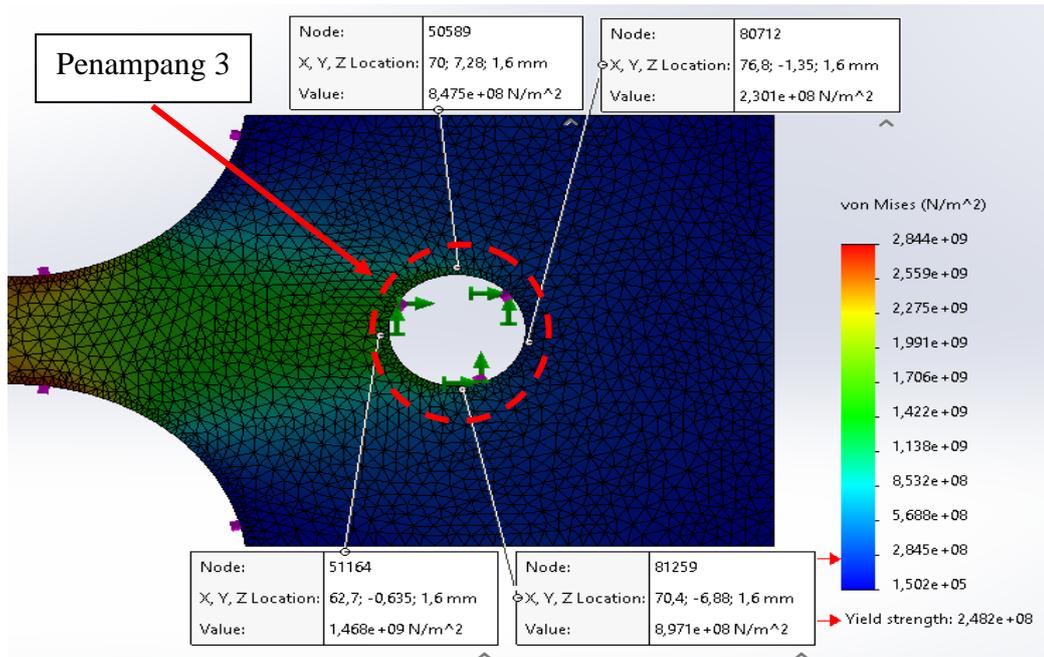
Gambar 4.8 Grafik hasil tegangan pada penampang 1



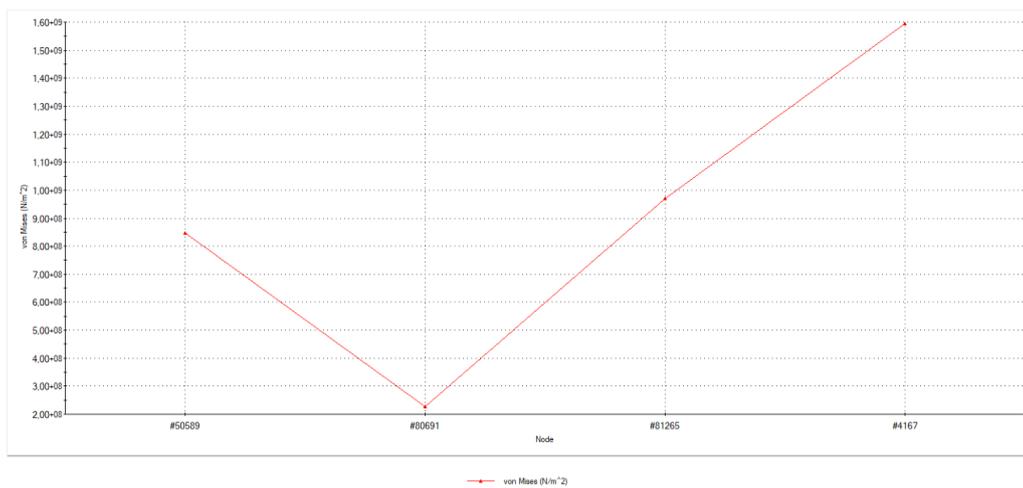
Gambar 4.9 Distribusi tegangan pada penampang 2



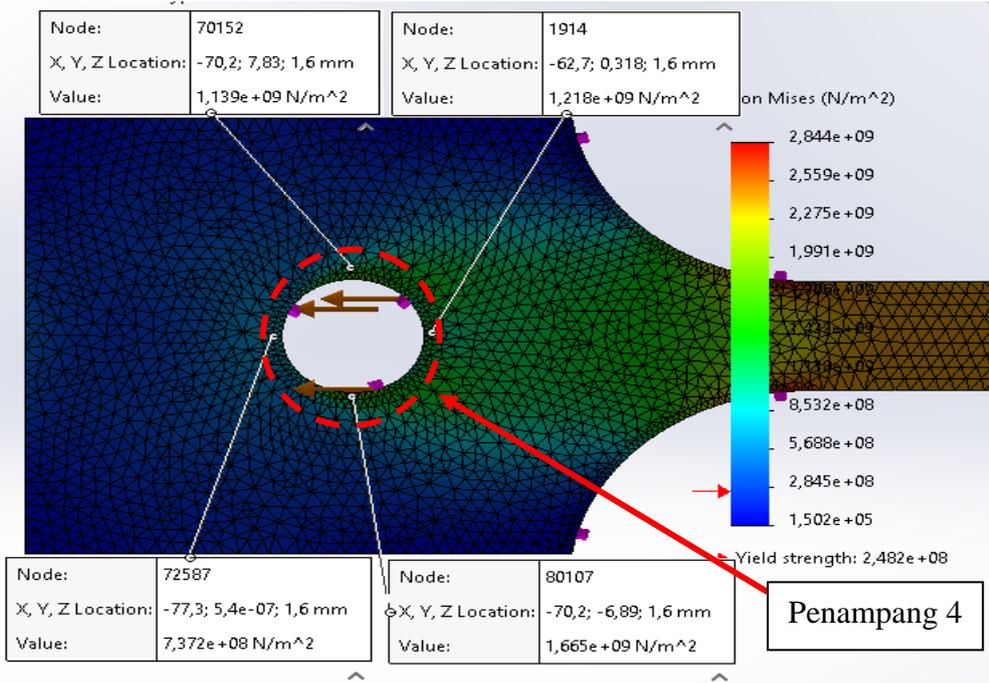
Gambar 4.10 Grafik hasil tegangan pada penampang 2



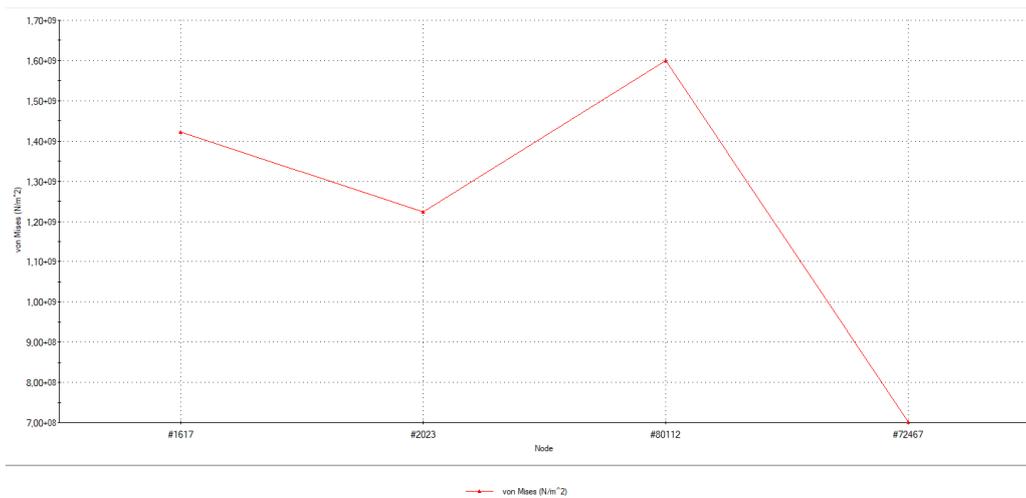
Gambar 4.11 Distribusi tegangan pada penampang 3



Gambar 4.12 Grafik hasil tegangan pada penampang 3



Gambar 4.13 Distribusi tegangan pada penampang 4



Gambar 4.14 Grafik hasil tegangan pada penampang 4

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hasil eksperimen pengujian tarik baja karbon rendah mendapatkan hasil tegangan $2,451 \times 10^9$ N/m².

Setelah dilakukan simulasi pengujian tarik dapat disimpulkan hasil yang menggunakan total elemen 68268 mendapatkan nilai tegangan : $2,450 \times 10^9$ N/m², total elemen 46242 mendapatkan nilai tegangan : $2,451 \times 10^9$ N/m², total elemen 27224 mendapatkan nilai tegangan : $2,452 \times 10^9$ N/m², total elemen 20693 mendapatkan nilai tegangan : $2,453 \times 10^9$ N/m², total elemen 18746 mendapatkan nilai tegangan : $2,455 \times 10^9$ N/m², total elemen 17663 mendapatkan nilai tegangan : $2,458 \times 10^9$ N/m², total elemen 16403 mendapatkan nilai tegangan : $2,460 \times 10^9$ N/m², dan total elemen 16266 mendapatkan nilai tegangan : $2,461 \times 10^9$ N/m².

Dari hasil nilai pengujian eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai depresiasi rata-rata 0,145 %.

5.2 Saran.

Adapun saran dan masukan dari penyusun laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk riset atau penelitian selanjutnya diperlukan penelitian-penelitian lanjutan untuk dikembangkan mengenai pembuatan spesimen uji tarik dengan standarisasi ASTM yang berbeda.
2. Lakukanlah simulasi pengujian tarik dengan mesh yang berbeda agar mendapatkan data yang akurat dan hasil yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akin, J. E. (2009). *Finite element analysis concepts via solidworks*.
- Anggraini, R. (2016). *Analisis frekuensi optimum pengujian horizontal fatigue pada berbagai rangka sepeda tipe trekking dengan metode elemen hingga*. Institut teknologi sepuluh nopember.
- Budiman, H. (2016). Analisis pengujian tarik (tensile test) pada baja st37 dengan alat bantu ukur load cell. *Jurnal J-Ensitem*, 03(01), 9–13.
- Budiono, H. santosa. (2015). *Pengujian kuat tarik terhadap produk hasil 3d printing dengan variasi ketebalan layer 0,2 mm dan 0,3 mm yang menggunakan bahan abs (acrylonitrile butadiene styrene)*.
- Kusuma, R. C., Jokosisworo, S., & S, A. W. B. (2017). Analisis perbandingan kekuatan tarik, impak, tekuk dan mikrografi aluminium 5083 pasca pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) dengan media pendingin air laut dan oli. *Teknik Perkapalan*, 5(4), 585–593.
- Laksanawati, E. kusuma, & Gunawan, A. adhita. (2018). Pengujian kekuatan rig untuk uji tarik baja a36 diameter 30 mm bentuk standard dengan analisa software solidwork. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 2(1), 30–37.
- Maulana, Y. (2016). Analisis kekuatan tarik baja st37 pasca menggunakan smaw. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 02(01), 1–8.
- Mulyadi, S. (2011). Analisa tegangan-regangan produk tongkat lansia dengan menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Rotor*, 4, 50–58.
- Rimpung, K., & Pujihadi, G. O. (2017). Analisis perubahan kekuatan tarik baja (St . 42) dengan perlakuan panas 800°C. *Jurnal Logic*, 17(2), 98–103.
- Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials 1. (2013). In *E8/E8M – 13a*. <https://doi.org/10.1520/E0008>
- Umurani, K., & Amri, T. (2018). Desain dan simulasi suspensi sepeda motor dengan solidwork 2012. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 1(1), 131–139. <https://doi.org/doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2435>

LAMPIRAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL



Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate 20221
Telp. (061) 6625971/ 081370000227

SURAT KETERANGAN

No. 012/UN.33.8/LL/2020

Tentang Pengujian Material

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ir. Batumahadi Siregar, S.T.,M.T.,IPM
Jabatan : Kepala Laboratorium Pengujian Material
Teknik Mesin Unimed

Menyatakan bahwa :

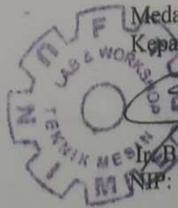
Nama : M. Ikhsan Himawan
NPM : 1607230074
Isntitusi : Fakultas Teknik Mesin UMSU

Adalah benar nama tersebut diatas telah melakukan pengujian bahan Metode Uji Komposisi (*Spectrometer*) di Laboratorium Pengujian Material Teknik Mesin UNIMED dalam pelaksanaan penelitian TUGAS AKHIR yang berjudul tentang "Analisa Kekuatan Tarik Baja Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Softwer Solidwork" di bawah bimbingan dengan dosen pembimbing, Affandi S.T.,M.T, dengan hasil telampir.

Demikian surat keterangan ini dibuat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 13 Oktober 2020

Kepala Lab.



Ir. Batumahadi Siregar, S.T.,M.T.,IPM
NIP: 196905022008121001

LABORATORIUM/WORKSHOP TEKNIK MESIN
 UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
 Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan Estate 20221
 Medan - Sumatera Utara
 Telp. (061) 6625971/085206008181

WORDLWIDE ANALYTICAL SYSTEMS AG
 WAS Sampel Testing of Different Qualities



Chemical Result

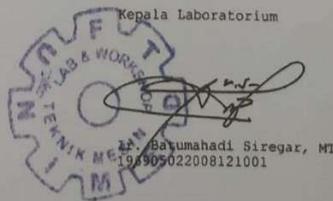
Sample ID	173						
Costumer	Andre Irfandi						
Institution	FT Mesin UMSU						
Lab No	-						
PTQ No	0						
	Material	Besi Plat ST37					
	Dimension	62 mm x 254 mm x 6 mm					
	Filler Metal	-					
	Heat Treatment	-					
	Heat No	-					

	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	96.1	0.190	0.0452	1.24	0.0133	0.0120	0.0459	0.0474
2	96.2	0.199	0.0425	1.16	0.0140	0.0154	0.0461	0.0641
3	97.1	0.178	0.0506	1.14	0.0292	0.0125	0.0426	0.0428
Ave	96.5	0.189	0.0461	1.18	0.0188	0.0133	0.0449	0.0514

	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
1	1.98	0.0508	< 0.0010	0.0272	0.0447	0.0067	0.0158	0.0489
2	1.98	0.0462	< 0.0010	0.0276	0.0432	0.0060	0.0096	0.0455
3	1.15	0.0453	< 0.0010	0.0269	0.0429	0.0062	0.0117	0.0517
Ave	1.70	0.0474	< 0.0010	0.0272	0.0436	0.0063	0.0124	0.0487

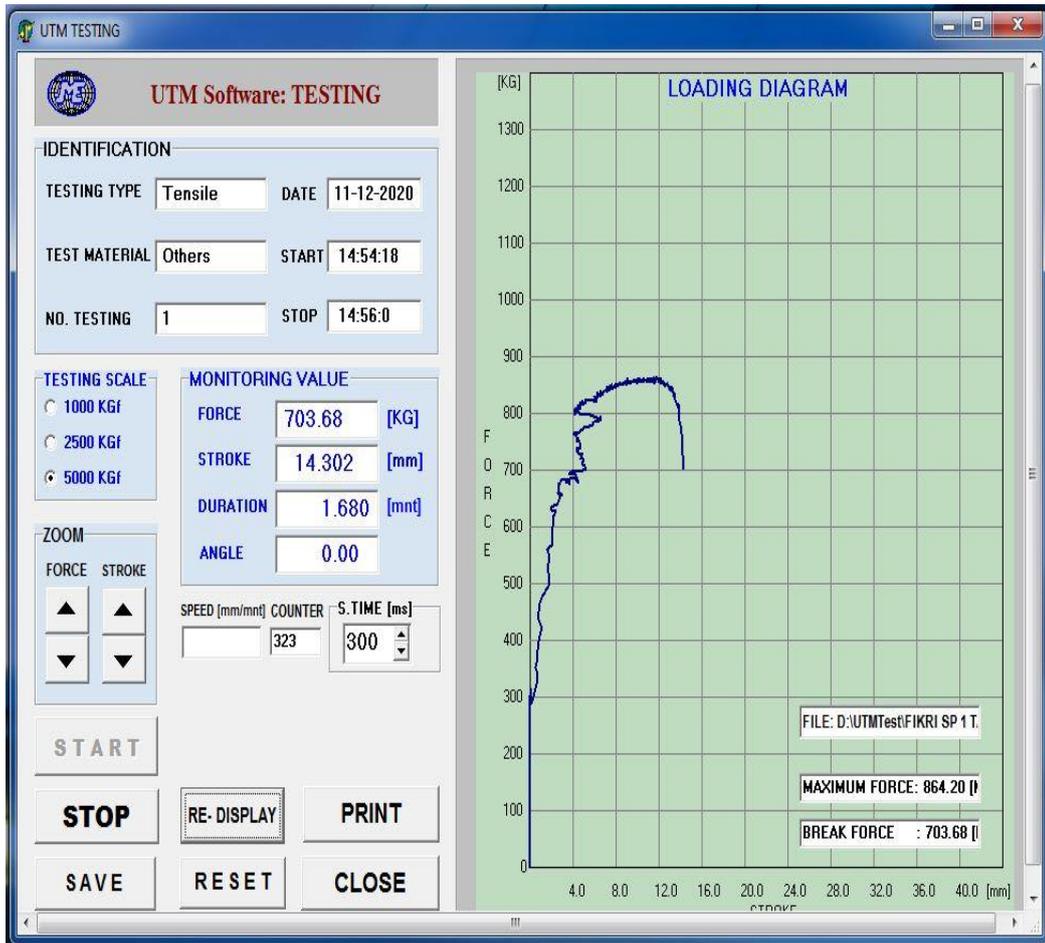
	Pb
1	0.0208
2	0.0200
3	0.0273
Ave	0.0227

Date 13/10/2020
 Tester
 Enginner Mhd. Agus Salim, S.T.
 University State University of Medan
 Foundry Master Grade 1.0421 St52.0S



Kepala Laboratorium
 Dr. Bahumahadi Siregar, MT
 199905022008121001

Pengujian Eksperimen 1



NAMA FILE : D:\UTMTest\M.IKHSAN HIMAWAN SP 1.PRN
 NO. dan JENIS UJI : 1, SHEARING
 TANGGAL dan WAKTU : 11-12-2020 14:54:18
 MATERIAL : Others
 PANJANG [mm] : 57
 LEBAR [mm] : 12.5
 TEBAL [mm] : 1.6

HASIL PERHITUNGAN DATA SEBELUM DI UPDATE

	DATA PENGUJIAN	HASIL PERHITUNGAN
NO.	FORCE[kGf] STROKE[mm]	STRESS[kGf/mm ²]

1	0.00 0.000	0.0
2	8.53 0.000	0.4
3	12.51 0.000	0.6
4	19.15 0.000	1.0
5	39.05 0.000	2.0
6	57.62 0.000	2.9
7	76.19 0.000	3.8
8	89.46 0.000	4.5
9	102.72 0.000	5.1
10	112.01 0.000	5.6
11	123.95 0.000	6.2
12	138.54 0.000	6.9
13	150.48 0.000	7.5
14	161.09 0.000	8.1
15	169.05 0.000	8.5
16	183.65 0.000	9.2
17	199.57 0.000	10.0
18	211.51 0.000	10.6
19	227.42 0.000	11.4
20	238.04 0.000	11.9
21	255.28 0.000	12.8
22	261.92 0.000	13.1
23	273.86 0.000	13.7
24	288.45 0.000	14.4
25	303.04 0.000	15.2
26	314.98 0.059	15.7
27	288.45 0.118	14.4
28	322.94 0.593	16.1
29	338.86 0.652	16.9
30	352.13 0.533	17.6
31	368.05 0.652	18.4
32	382.64 0.712	19.1
33	397.23 0.830	19.9
34	406.52 0.949	20.3
35	422.44 1.068	21.1
36	437.03 0.830	21.9
37	450.30 0.830	22.5
38	466.21 0.890	23.3
39	480.81 1.246	24.0
40	494.07 1.661	24.7
41	507.34 1.839	25.4
42	519.28 1.661	26.0
43	533.87 1.720	26.7

44	547.14	1.780	27.4
45	559.08	1.602	28.0
46	571.02	2.077	28.6
47	581.63	2.136	29.1
48	598.88	2.136	29.9
49	608.16	2.195	30.4
50	620.10	2.195	31.0
51	626.73	2.373	31.3
52	629.39	2.017	31.5
53	636.02	2.017	31.8
54	640.00	2.492	32.0
55	653.27	2.789	32.7
56	655.92	2.670	32.8
57	658.57	3.026	32.9
58	657.25	2.848	32.9
59	659.90	2.611	33.0
60	673.17	2.729	33.7
61	675.82	2.670	33.8
62	674.49	2.551	33.7
63	675.82	2.729	33.8
64	685.11	3.026	34.3
65	682.45	3.085	34.1
66	685.11	3.441	34.3
67	679.80	3.679	34.0
68	675.82	3.738	33.8
69	679.80	3.560	34.0
70	678.47	3.263	33.9
71	683.78	3.560	34.2
72	685.11	3.798	34.3
73	683.78	4.213	34.2
74	678.47	4.510	33.9
75	679.80	4.450	34.0
76	689.08	4.272	34.5
77	691.74	4.213	34.6
78	697.04	3.857	34.9
79	691.74	3.620	34.6
80	691.74	3.679	34.6
81	697.04	3.798	34.9
82	691.74	3.916	34.6
83	694.39	4.035	34.7
84	701.02	3.976	35.1
85	698.37	4.747	34.9
86	703.68	5.222	35.2
87	706.33	5.103	35.3
88	712.96	4.806	35.6
89	716.94	4.985	35.8
90	719.60	4.985	36.0
91	719.60	4.806	36.0
92	720.92	4.747	36.0
93	728.88	4.866	36.4
94	727.56	4.688	36.4
95	730.21	4.510	36.5
96	735.52	4.272	36.8
97	736.84	4.450	36.8
98	736.84	4.332	36.8
99	738.17	4.688	36.9

100	748.78	4.569	37.4
101	751.44	4.450	37.6
102	752.76	4.391	37.6
103	750.11	4.391	37.5
104	750.11	4.332	37.5
105	758.07	4.510	37.9
106	755.42	4.391	37.8
107	763.38	4.213	38.2
108	767.35	4.154	38.4
109	766.03	4.272	38.3
110	763.38	4.035	38.2
111	762.05	4.272	38.1
112	767.35	4.628	38.4
113	775.31	4.985	38.8
114	777.97	5.400	38.9
115	773.99	5.400	38.7
116	773.99	5.459	38.7
117	780.62	5.637	39.0
118	776.64	5.815	38.8
119	785.93	5.934	39.3
120	785.93	5.875	39.3
121	784.60	5.934	39.2
122	784.60	6.053	39.2
123	785.93	6.290	39.3
124	792.56	6.468	39.6
125	795.21	6.587	39.8
126	793.89	6.587	39.7
127	788.58	6.646	39.4
128	789.91	6.528	39.5
129	799.19	5.341	40.0
130	797.87	4.688	39.9
131	807.15	4.332	40.4
132	797.87	4.213	39.9
133	799.19	4.154	40.0
134	797.87	4.154	39.9
135	803.17	4.213	40.2
136	808.48	4.213	40.4
137	809.81	4.272	40.5
138	803.17	4.272	40.2
139	809.81	4.391	40.5
140	804.50	4.391	40.2
141	812.46	4.450	40.6
142	815.11	4.510	40.8
143	813.79	4.569	40.7
144	808.48	4.628	40.4
145	809.81	4.688	40.5
146	820.42	4.747	41.0
147	819.09	4.806	41.0
148	819.09	4.866	41.0
149	813.79	4.925	40.7
150	815.11	4.985	40.8
151	819.09	5.044	41.0
152	817.77	5.163	40.9
153	824.40	5.163	41.2
154	823.07	5.459	41.2
155	821.75	5.875	41.1

156	820.42	6.171	41.0
157	820.42	6.053	41.0
158	829.71	5.993	41.5
159	828.38	6.053	41.4
160	831.03	6.053	41.6
161	823.07	6.112	41.2
162	824.40	6.171	41.2
163	828.38	6.171	41.4
164	827.05	6.290	41.4
165	832.36	6.290	41.6
166	837.67	6.350	41.9
167	832.36	6.409	41.6
168	829.71	6.468	41.5
169	831.03	6.528	41.6
170	833.69	6.587	41.7
171	835.01	6.646	41.8
172	838.99	6.646	41.9
173	835.01	6.706	41.8
174	833.69	6.765	41.7
175	837.67	6.824	41.9
176	837.67	6.884	41.9
177	837.67	6.943	41.9
178	838.99	6.943	41.9
179	838.99	7.002	41.9
180	838.99	7.062	41.9
181	836.34	7.180	41.8
182	845.62	7.180	42.3
183	846.95	7.240	42.3
184	844.30	7.299	42.2
185	840.32	7.358	42.0
187	845.62	7.418	42.3
188	842.97	7.477	42.1
189	849.60	7.477	42.5
190	849.60	7.596	42.5
191	845.62	7.596	42.3
192	846.95	7.714	42.3
193	841.65	7.714	42.1
194	848.28	7.774	42.4
195	848.28	7.833	42.4
196	850.93	7.893	42.5
197	844.30	7.952	42.2
198	845.62	7.952	42.3
199	853.58	8.011	42.7
200	848.28	8.130	42.4
201	850.93	8.189	42.5
202	849.60	8.249	42.5
203	853.58	8.249	42.7
204	849.60	8.308	42.5
205	849.60	8.367	42.5
206	856.24	8.427	42.8
207	850.93	8.486	42.5
208	853.58	8.486	42.7
209	849.60	8.605	42.5
210	850.93	8.664	42.5
211	854.91	8.664	42.7
212	853.58	8.723	42.7

213	852.26	8.783	42.6
214	853.58	8.783	42.7
215	857.56	8.901	42.9
216	852.26	8.901	42.6
217	850.93	9.020	42.5
218	856.24	9.020	42.8
219	861.54	9.079	43.1
220	858.89	9.139	42.9
221	853.58	9.198	42.7
222	854.91	9.258	42.7
223	856.24	9.317	42.8
224	853.58	9.317	42.7
225	854.91	9.376	42.7
226	857.56	9.436	42.9
227	856.24	9.495	42.8
228	857.56	9.554	42.9
229	856.24	9.614	42.8
230	856.24	9.673	42.8
231	858.89	9.732	42.9
232	857.56	9.732	42.9
233	854.91	9.792	42.7
234	854.91	9.851	42.7
235	858.89	9.851	42.9
236	857.56	10.029	42.9
237	858.89	10.029	42.9
238	860.22	9.970	43.0
239	857.56	9.970	42.9
240	854.91	10.029	42.7
241	853.58	10.029	42.7
242	861.54	10.088	43.1
243	860.22	10.148	43.0
244	861.54	10.207	43.1
245	858.89	10.207	42.9
246	854.91	10.266	42.7
247	858.89	10.326	42.9
248	854.91	10.385	42.7
249	858.89	10.444	42.9
250	860.22	10.563	43.0
251	860.22	10.563	43.0
252	857.56	10.563	42.9
253	854.91	10.623	42.7
254	860.22	10.682	43.0
255	857.56	10.741	42.9
256	857.56	10.801	42.9
257	857.56	10.860	42.9
258	857.56	10.860	42.9
259	856.24	10.919	42.8
260	857.56	11.038	42.9
261	862.87	11.038	43.1
262	860.22	11.097	43.0
263	858.89	11.157	42.9
264	856.24	11.216	42.8
265	854.91	11.275	42.7
266	860.22	11.275	43.0
267	856.24	11.394	42.8
268	861.54	11.394	43.1

269	862.87	11.453	43.1
270	860.22	11.572	43.0
271	853.58	11.572	42.7
272	852.26	11.631	42.6
273	861.54	11.691	43.1
274	861.54	11.691	43.1
275	864.20	11.809	43.2
277	860.22	11.928	43.0
281	860.22	12.106	43.0
282	860.22	12.166	43.0
283	853.58	12.225	42.7
284	852.26	12.284	42.6
285	857.56	12.344	42.9
286	856.24	12.403	42.8
287	852.26	12.462	42.6
288	853.58	12.462	42.7
289	850.93	12.522	42.5
290	849.60	12.581	42.5
291	846.95	12.640	42.3
292	853.58	12.700	42.7
293	852.26	12.759	42.6
294	852.26	12.818	42.6
295	848.28	12.878	42.4
296	842.97	12.996	42.1
297	844.30	12.996	42.2
298	838.99	13.056	41.9
299	848.28	13.115	42.4
300	844.30	13.174	42.2
301	848.28	13.234	42.4
302	837.67	13.293	41.9
303	831.03	13.352	41.6
304	836.34	13.412	41.8
305	831.03	13.471	41.6
306	825.73	13.531	41.3
307	825.73	13.531	41.3
308	819.09	13.649	41.0
309	815.11	13.709	40.8
310	809.81	13.768	40.5
311	816.44	13.768	40.8
312	805.83	13.887	40.3
313	799.19	13.887	40.0
314	787.25	13.946	39.4
315	779.29	14.005	39.0
316	775.31	14.065	38.8
317	764.70	14.124	38.2
318	751.44	14.183	37.6
319	727.56	14.243	36.4
320	703.68	14.302	35.2
321	666.53	14.361	33.3
322	0.00	15.192	0.0
323	0.00	16.260	0.0

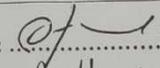
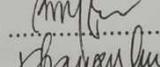
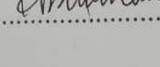
MAXIMUM FORCE : 864.20 [kGf]
MAXIMUM STRESS : 43.21 [kGf/mm²]

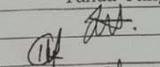
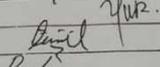
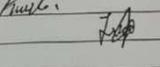
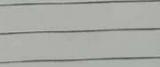
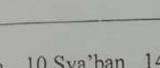
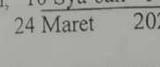
Ka. Laboratorium

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar

Nama : M.Ikhsan Hirmawan
 NPM : 1607230074
 Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Baja Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Affandi.S.T.M.T	: 
Pemanding – I : M.Yani.S.T.M.T	: 
Pemanding – II : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230074	M. IKHSAN HIRMAWAN	
2	1607230086	ANDRE IRFANDI	
3	1607230159	Rois Sghbaradi Harahap	
4	1607230087	FIKRI ARDIANTO	
5	1607230084	AHMAD SOFYAN	
6	1607230169	LUFFY AMIRU	
7			
8			
9			
10			

Medan, 10 Sya'ban 1442 H
 24 Maret 2021 M

Ketua Prodi 


DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : M.Ikhsan Hirmawan
NPM : 1607230074
Judul T.Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Baja Dengan Metode Elemen Hingga Meng-
Gunakan Software (Solidwork)

Dosen Pembimbing - I : Affandi.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain

Silient Cahata pnd
Jule F. A.

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan 10 Sya'ban 1442H
24 Maret 2021M

Diketahui :

Ketua Prodi Teknik Mesin

Affandi..



Dosen Pembimbing- II

Khairul Umurani

Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : M.Ikhsan Hirmawan
NPM : 1607230074
Judul T.Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Baja Dengan Metode Elemen Hingga Meng-
Gunakan Software (Solidwork)

Dosen Pembimbing - I : Affandi.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Khairui Umurani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*lihat pada bagian draft skripsi, bagian yg
harus direvisi*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 10 Sya'ban 1442H
24 Maret 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- I

M.Yani.S.T.M.T



UMSU

Bagi yang menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 73/111.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 13 Januari 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : M. IKHSAN HIMAWAN
Npm : 1607230074
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : IX (SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir : ANALISA KEKUATAN TARIK BAJA DENGAN METODE ELEMEN
HINGGA MENGGUNAKAN SOFTWARE (SOLIDWORK)
Pembimbing : AFFANDI, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.



Medan, 29 Jumadil Awal 1442 H
Januari 2021 M
Dekan
Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisis Kekuatan Tarik Baja Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)

Nama : M.Ikhsan Himawan
NPM : 1607230074

Dosen Pembimbing : Affandi, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Jum`at 28/11/2019	Perbaiki format kerangka penulisan dan tambahkan jurnal bahasa Inggris.	A
2.	Jum`at 13/12/2019	Perbanyak referensi jurnal dan buku yang berkaitan dengan judul tugas akhir.	A
3.	Kamis 02/01/2020	Perbaiki isi dari latar belakang dan mencari jurnal ISSN.	A
4.	Kamis 23/01/2020	Perbaiki rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan dan manfaat.	A
5.	Jum`at 07/02/2020	Perbaiki bab 2 dan penulisannya.	A
6.	Jum`at 14/02/2020	Perbaiki kembali bab 2 sesuai panduan.	A
7.	Jum`at 13/03/2020	Perbaiki gambar geometri dan pemodelan.	A
8.	Selasa 12/01/2021	Lengkapi gambar spesimen uji sebelum dan sesudah.	A
9.	Senin 22/02/2021	Perbaiki susunan gambar grafik dan tabel.	A
10.	Jum`at 12/03/2021	Perbaiki kesimpulan dan saran.	A
11.	Selasa 16/03/2021	Acu Seminar Hasil	A

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisis Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)

Nama : M.Ikhsan Himawan

NPM : 1607230074

Dosen Pembimbing : Affandi, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Jum`at 28/11/2019	Perbaiki format kerangka penulisan dan tambahkan jurnal bahasa inggris.	
2.	Jum`at 13/12/2019	Perbanyak referensi jurnal dan buju yang berkaitan dengan judul tugas akhir.	
3.	Kamis 02/01/2020	Perbaiki isi dari latar belakang dan mencari jurnal ISSN.	
4.	Kamis 23/01/2020	Perbaiki rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan dan manfaat.	
5.	Jum`at 07/02/2020	Perbaiki bab 2 dan penulisannya.	
6.	Jum`at 14/02/2020	Perbaiki kembali bab 2 sesuai panduan.	
7.	Jum`at 13/03/2020	Perbaiki gambar geometri dan pemodelan.	
8.	Selasa 12/01/2021	Lengkapi gambar spesimen uji sebelum dan sesudah.	
9.	Senin 22/02/2021	Perbaiki susunan gambar grafik dan tabel.	
10.	Jum`at 12/03/2021	Perbaiki kesimpulan dan saran.	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : M. Ikhsan Himawan
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat Dan Tanggal Lahir : Batu Melenggang, 04 Juni 1999
Alamat : Dusun 1 Batu Melenggang
Agama : Islam
E-Mail : mikhsanimawan04@gmail.com
No. Hp : 083169247325

B. RIWAYAT HIDUP

1. Sdn 050717 : 2004-2010
2. Mtsn Stabat : 2010-2013
3. Smk Sri Langkat : 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara : 2016-2021