

TUGAS AKHIR

PENGARUH *MESH* TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN PUNTIR DAN KEKUATAN LAS PADA BAJA KARBON RENDAH

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

Disusun Oleh:

ANDRE IRFANDI
1607230086



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Andre Irfandi
NPM : 1607230086
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh *Mesh* Terhadap Distribusi Tegangan Puntir Dan
Kekuatan Las Pada Baja Karbon Rendah
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Study Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 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 : Andre Irfandi
Tempat /Tanggal Lahir : Sukasari/20 Februari 1999
NPM : 1607230086
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pengaruh Mesh Terhadap Distribusi Tegangan Puntir Dan Kekuatan Las Pada Baja Karbon Rendah”,

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 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, 15 April 2021

Saya yang menyatakan,


Andre Irfandi

ABSTRAK

Adapun rumusan masalah pada penelitian adalah bagaimana menganalisis pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las dengan menggunakan metode elemen hingga (*software solidworks*) untuk mengetahui pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las. Kerapatan *Mesh* dan jumlah *Mesh* sangat berpengaruh dan juga mempengaruhi sebuah hasil simulasi. Penelitian diawali dengan melakukan studi literature dan mencari referensi di buku dan jurnal yang berkaitan dengan penelitian. Adapun perangkat yang di gunakan yaitu perangkat keras (pc). pembuatan geometri uji puntir berdasarkan ASTM-E143 dan pembuatan geometri uji las berdasarkan ASTM-E8. Adapun jenis material yang digunakan adalah baja karbon rendah. Hasil simulasi uji geometri puntir dapat dilihat pada gambar 4.1. Hasil simulasi pada total elemen 13928 geometri uji puntir memiliki nilai tegangan $2.887E+09$ N/m², Hasil simulasi geometri uji tarik las dapat dilihat pada gambar 4.2. Hasil simulasi pada total elemen 20672 geometri uji tarik las memiliki nilai tegangan $2.456E+09$ N/m², Pada penelitian ini, simulasi geometri uji puntir dan geometri uji Tarik menggunakan *software solidwork* telah berhasil memvariasi dengan *Mesh*. yang digunakan untuk mengetahui hasil nilai tegangan pada geometri uji puntir dan geometri uji tarik kekuatan las. maka *Mesh* sangat berpengaruh untuk mendapatkan hasil nilai tegangan puntir dan kekuatan las.

Kata Kunci : Pengaruh *Mesh*, Uji Puntir, Las.

ABSTRACT

The formulation of the problem in this research is how to analyze the effect of the Mesh on the distribution of torsional stress and weld strength by using the finite element method (software solidworks) to determine the effect of the Mesh on the distribution of torsional stress and weld strength. The Mesh Density and the number of Meshes are very influential and also affect the simulation results. The research begins with conducting literature studies and looking for references in books and journals related to research. The device used is hardware (pc). manufacture of twist test geometry based on ASTM-E143 and manufacture of weld test geometry based on ASTM-E8. The type of material used is low carbon steel. The simulation results of the torsion test geometry that are varied with the Mesh can be seen in Figure 4.1. The simulation results on Mesh 1 torsion test geometry have a value of $8,902 \text{ e}+009 \text{ N} / \text{m}^2$. The results of the tensile test geometry that are varied with the Mesh can be seen in Figure 4.2. The simulation results on Mesh 1 tensile test geometry have a stress value of $2.828 \text{ e}+009 \text{ N} / \text{m}^2$. , (2), (2,5), (3). which is used to determine the results of the stress value on the torsion test geometry and the tensile strength of the weld geometry. then the Mesh is very influential in obtaining the value of torsional stress and weld strength.

Keywords: Mesh Effect, Twist Test, Welding.

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 “Pengaruh *Mesh* Terhadap Distribusi Tegangan Puntir Dan Kekuatan Las Pada Baja Karbon Rendah” 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 ST.,MT selaku Ketua Program Study Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sekaligus Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M. Yani S.T.,M.T selaku Dosen Penguji I Saya yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani S.T.,M.T selaku Wakil Dekan III sekaligus Dosen Penguji II Saya yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury, ST.,MT 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 keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Sunardi dan Rosna, 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, Rais Syahbanadi Harahap , Ludfy Amru, Gara Perastia, Septian Fauzi dan lainnya 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 dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 15 April 2021



Andre irfandi

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1	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	3
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Uji Puntir	4
2.1.1. Proses Pengujian Puntir	4
2.1.2. Prinsip Uji Puntir	5
2.1.3. Jenis-jenis kegagalan puntiran	5
2.2. Las	6
2.2.1. Perubahan Material Disebabkan Oleh Panas	6
2.2.2. Sambungan Las	6
2.2.3. Las listrik dengan elektroda karbon (arc welding)	8
2.2.3. Las Listrik Tig	9
2.3. Software Solidwork	10
2.3.1. Pengertian Solidwork	10
2.3.2. Fungsi Solidwork	11
2.4. <i>Finite Element Method</i> (FEM)	11
2.4.1. Pengertian <i>Finite Element Method</i> (FEM)	12
2.4.2. Metode Analisis Elemen Hingga	12
2.4.3. Diskertasi	15
2.5. <i>Mesh</i>	16
2.5.1. <i>Mesh</i> Klasifikasi	17
BAB 3	19
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
3.3. Bagan Alir Penelitian	22
3.4. Prosedur Penelitian	23
3.4.1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data Penelitian	23
3.4.2. Proses Pembuatan Geometri dan <i>Meshing</i> .	23
3.4.3. Proses Simulasi Statik <i>Solidwork</i> dan Visualisasi Hasil	34
BAB 4	43
HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Hasil simulasi	43
4.1.1. Hasil simulasi geometri uji puntir	43
4.1.2. Hasil simulasi geometri uji tarik Las	46
4.2. Pembahasan	50
4.2.1 Validasi Geometri Uji Puntir	50
4.2.2 Konsentrasi Tegangan geometri uji puntir	52
4.2.3 Validasi geometri uji tarik las	54
4.2.4 Konsentrasi Tegangan geometri uji tarik las	56
BAB 5	56
KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	13
Tabel 4.1 Hasil simulasi geometri Puntir dan Experimen Puntir	50
Tabel 4.2 Hasil simulasi geometri uji tarik Las dan Experimen uji tarik Las	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema uji puntir, Sarjito,dkk 2009	4
Gambar 2.2 Spesimen Uji Puntir Standar ASTM E-143 (<i>Tyagita et al., 2014</i>).	4
Gambar 2.3 Spesimen Uji Puntir	5
Gambar 2.4 Pengelasan (Sam & Nugraha, 2015)	6
Gambar 2.5 Nama-nama bagian sambungan las (Hery sunaryo, 2008)	6
Gambar 2.6 Jenis-jenis sambungan Las (Hery sunaryo, 2008)	7
Gambar 2.7 Macam-macam las (Hery sunaryo, 2008)	7
Gambar 2.8 Arc Welding (Gunawan, 2017)	8
Gambar 2.9 Sirkuit Las Listrik (Gunawan, 2017)	8
Gambar 2.10 Pemindahan cairan logamdari elektroda ke base metal	8
Gambar 2.11 Las SMAW (Gunawan, 2017)	9
Gambar 2.12 Daerah hasil pengelasan (Akbar & Santosa, 2012)	9
Gambar 2.13 Software Soliidwork (Solidwork, 2020) (Prasetiyo, 2019)	10
Gambar 2.14 Suatu area yang disambung secara kasar dengan segitiga linier dan kuadrat (Akin, 2010)	13
Gambar 2.15 Elemen persegi empat sederhana untuk menjelaskan analisa metode elemen hingga (Anggraini, 2016)	14
Gambar 2.16 Elemen (Anggraini, 2016)	15
Gambar 2.17 Kisi (grid) dan Jala (Mesh).(Caniago & Bengkului, 2015)	16
Gambar 2.18 Tipe-Tipe Grid (Abidin et al., 2012)	17
Gambar 2.19 Structure Mesh (Abidin et al., 2012)	18
Gambar 2.20 Unstructure Mesh (Abidin et al., 2012)	18
Gambar 3.1 Komputer	20
Gambar 3.2 Permodelan uji puntir	21
Gambar 3.3 Permodelan uji tarik las	21
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.5 Tampilan laptop	23
Gambar 3.6 Membuat part 3D geometri puntir	24
Gambar 3.5 Pembuatan part 3D geometri puntir	24
<i>Gambar 3.8 Extruded boss/base</i>	25
<i>Gambar 3.9 Right Plane</i>	25
<i>Gambar 3.10 Sketch</i>	26
<i>Gambar 3.11 Revolved cut</i>	26
Gambar 3.12 Part 3D geometri puntir dengan ASTM-E 143	27
Gambar 3.13 Tampilan laptop	27
Gambar 3.14 Membuat part 3D geometri las	28
<i>Gambar 3.15 Front plane</i>	28
Gambar 3.16 Pembuatan part 3D geometri las	29
<i>Gambar 3.17 Smart Dimension</i>	29
<i>Gambar 3.18 Extruded boss/base</i>	30
<i>Gambar 3.19 Assembly</i>	30
<i>Gambar 3.20 Insert components</i>	31
<i>Gambar 3.21 Mate</i>	31
Gambar 3.22 Geometri dan Permodelan spesimen uji puntir ASTM-E 143	32
Gambar 3.23 Geometri dan Permodelan spesimen pengujian kekuatan las ASTM-E8	33

Gambar 3.24 Tampilan laptop	34
Gambar 3.25 Memilih geometri uji puntir yang ingin di simulasi	34
Gambar 3.26 Memilih simulasi	35
Gambar 3.27 Menentukan analisis puntir	35
Gambar 3.28 Menentukan material	36
Gambar 3.29 Menahan geometri puntir	36
Gambar 3.30 <i>Torque</i>	37
Gambar 3.31 <i>Mesh</i>	37
Gambar 3.32 Tampilan laptop	38
Gambar 3.33 Memilih geometri tarik yang ingin di simulasi	38
Gambar 3.34 Memilih simulasi	39
Gambar 3.35 Menentukan analisis Tarik	39
Gambar 3.36 Menentukan material	40
Gambar 3.37 Menahan geometri tarik	40
Gambar 3.38 <i>Component contact</i>	41
Gambar 3.39 Force geometri simulasi tarik	41
Gambar 3.40 <i>Mesh</i>	42
Gambar 4.1 Hasil simulasi tegangan geometri uji puntir pada total elemen a,b,c,d,e,f,g.	45
Gambar 4.2 Hasil simulasi tegangan geometri uji tarik Las pada total elemen a,b,c,d,e,f,g,h.	48
Gambar 4.3 Grafik perbandingan tegangan simulasi dan eksperimen Puntir	50
Gambar 4.4 Grafik depresiasi perhitungan Puntir	51
Gambar 4.5 Konsentrasi tegangan geometri uji puntir	51
Gambar 4.6 Grafik tegangan geometri uji puntir	52
Gambar 4.7 Grafik perbandingan tegangan simulasi dan eksperimen Las	53
Gambar 4.8 Grafik depresiasi perhitungan Las	54
Gambar 4.9 Konsentrasi tegangan geometri uji tarik las	54
Gambar 4.10 Grafik konsentrasi tegangan geometri uji tarik las	55

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1.Latar belakang

Pengujian Merusak (*Destructive Test*) merupakan salah satu pengujian pada logam untuk mengetahui nilai kekuatan/karakteristik material logam dimana logam yang akan diuji (bahan uji) mengalami kerusakan baik dari bentuk, permukaan maupun struktur mikro logam. Uji Puntir merupakan salah satu jenis pengujian material dengan sifat merusak. Tujuannya adalah untuk mengetahui sifat material berupa kekuatan puntir setelah menerima tegangan puntir.(Jatmiko & Jokosisworo, n.d.). Pada umumnya pengujian merusak dapat digunakan dalam material sambungan las untuk mengetahui kekuatan dari sambungan las.

Permasalahan yang sering terjadi pada pengelasan baja ialah kemampuan suatu logam menyebabkan terjadinya perbedaaan pada daerah sambungan dua sisi logam. Kualitas las tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kualitas permukaan logam dan perubahan dimensi (deformasi) dari elektroda yang digunakan seperti mengalami keausan pada logam yang di las, kekuatan logam yang di las berpengaruh pada logam yang di las, oleh karena itu kita harus mengetahui kekuatan suatu logam yang telah di lakukan penyambungan dengan cara pengelasan sehingga kita dapat mengetahui berapa besar beban yang akan di berikan pada logam tersebut

Penggunaan metode elemen hingga (*finite element method*) untuk analisis bidang teknik mesin telah berkembang dengan pesat dan dapat diterima oleh dunia industri. Penerapan metode elemen hingga terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap diskritisasi domain persoalan, pembentukan persamaan elemen - elemen, penyusunan dan penyelesaian persamaan sistem yang mencakup nilai batas serta penyajian atau interpretasi hasil komputasi elemen hingga. Elemen ini lebih kecil dibandingkan dengan domain persoalan sebenarnya dan umumnya berbentuk segitiga atau segiempat untuk persoalan dua dimensi. Tujuan dari pembuatan *Mesh* ini adalah memberikan kerangka kerja penyelesaian persoalan pada pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las.(Budiana, 2009)

Pada tahapan ini, ketika kita melakukan *Meshing* sangat diperlukan pemahaman terhadap bagian-bagian yang sensitif terhadap hasil simulasi dan juga bagian yang dapat ditoleransi apabila elemen *Mesh*-nya masih besar. Kerapatan *Mesh* dan jumlah *Mesh* sangat berpengaruh dari juga mempengaruhi sebuah hasil simulasi, hal tersebut dibenarkan pada penelitian tentang perbedaan jumlah *Mesh* pada simulasi solidification PCM. (Prasetyo, 2019)

Berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Abdi Afwandia dkk, 2016 dalam jurnal yang berjudul “Analisa pengaruh arus pengelasan smaw pada material baja karbon rendah terhadap kekuatan material hasil sambungan” mereka telah melakukan penelitian kekuatan pengelasan dengan menggunakan pengujian tarik pada Baja tahan karat AISI 304 dan Elektroda ER308L. Namun mereka belum melakukan simulasi pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las. Berdasarkan hal tersebut ingin dilakukan simulasi pada pengujian puntir dan kekuatan las menggunakan *Software Solidworks* .

1.2.Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian adalah bagaimana menganalisis pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las dengan menggunakan metode elemen hingga (*software solidworks*).

1.3.Ruang Lingkup

- Bahan uji las yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan bentuk berdasarkan standart ASTM-E8.
- Bahan uji puntir yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan bentuk berdasarkan standart ASTM-E143.
- Analisis metode elemen hingga yang dilakukan menggunakan *Software solidwork*.

1.4.Tujuan

- untuk mengevaluasi pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las.

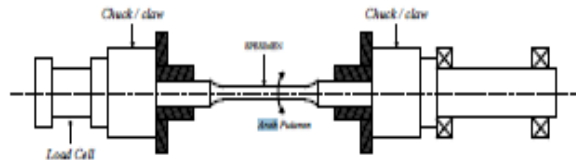
1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las. Selain itu juga memberikan dukungan penuh kepada penelitian eksperimen berupa data - data simulasi numerik bernilai tinggi yang digunakan untuk memprediksi hasil eksperimen.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uji Puntir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan puntir dari material yang bersangkutan. Beberapa data yang didapatkan dari pengujian ini adalah tegangan geser, modulus elastis, momen puntir dll. (Jatmiko & Jokosisworo, n.d.)

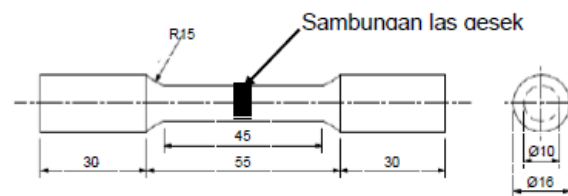


Gambar 2.1 Skema uji puntir. (Jatmiko & Jokosisworo, n.d.)

Uji Puntir merupakan salah satu jenis pengujian material dengan sifat merusak (*destructive test*). Tujuannya adalah untuk mengetahui sifat material berupa kekuatan puntir setelah menerima tegangan puntir.

2.1.1. Proses Pengujian Puntir

Untuk proses pengujian puntir, spesimen dibentuk berdasarkan standart ASTM seperti pada Gambar 4. Agar spesimen tidak mengalami panas berlebih yang menimbulkan efek negatif seperti struktur material yang berubah akibat panas, selama proses pemesinan digunakan air coolant. Gambar 2.4 pula menunjukkan dimensi benda kerja yang akan digunakan dalam penelitian. Untuk mengetahui kekuatan puntir maksimum, terlebih dahulu dilakukan pengujian porositas menggunakan metode piknometri yaitu dengan menghitung prosentase porositas yang terdapat pada spesimen uji dengan membandingkan densitas sampel atau *apparent Density* dengan densitas teoritis atau *true Density* (Tyagita et al., 2014)



satuan: mm

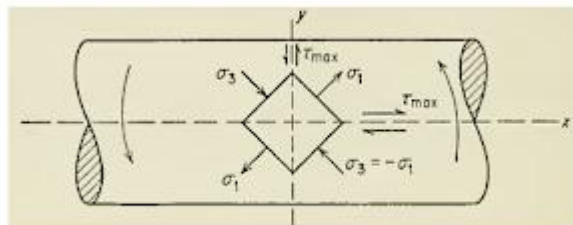
Gambar 2.2 Spesimen Uji Puntir Standar ASTM E-143 (Tyagita et al., 2014).

2.1.2. Prinsip Uji Puntir

Prinsip uji puntir sebenarnya berasal dari prinsip kerja uji tarik, walaupun sebenarnya perbedaan yang mendasar dari kedua prinsip kerja pengujian tersebut adalah timbulnya pengecilan setempat yang menyebabkan uji tarik tidak baik digunakan dalam mengukur keplastan suatu material.

2.1.3. Jenis-jenis kegagalan puntiran

Gambar dibawah ini, memperlihatkan keadaan pada titik dipermukaan benda yang diberi beban puntir. Tegangan geser maksimum terjadi pada dua buah layar yang saling tegak lurus terhadap sumbu memanjang y dan sejajar dengan sumbu x.



Gambar 2.3 Spesimen Uji Puntir

Perbedaan antara kegagalan puntiran dengan kegagalan tarikan adalah kecilnya pengurangan luas yang terlokalisir atau perpanjangan yang terjadi. Suatu logam liat menjadi rusak oleh suatu geseran pada salah satu bidang dimana tegangan geser tersebut maksimum. Pada umumnya bidang dimana patah terjadi mempunyai arah tegak lurus terhadap arah sumbu memanjang. Sedangkan logam getas menjadi rusak karena puntiran pada bidang yang tegak lurus dengan arah tegangan tarik maksimum. Karena bidang ini membagi dua sudut antara dua buah bidang tegangan geser maksimum dan membentuk sudut 45^o terhadap arah-arah memanjang dan melintang, maka puntiran pada logam getas menghasilkan suatu patahan berbentuk helical. Kadang-kadang

patah yang terjadi pada suatu bagian benda uji, dan terjadi banyak sekali patahan-patahan halus.

2.2. Las

Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Sam & Nugraha, 2015).



Gambar 2.4 Pengelasan (Sam & Nugraha, 2015).

2.2.1 Perubahan Material Disebabkan Oleh Panas

Gambar berikut menunjukkan bagian mikroskopik dari daerah lasan dari baja karbon atau baja campuran rendah yang mana membedakan logam las ke dalam bagian logam induk dan logam deposit yang mencair dan membeku, daerah terkena pengaruh panas dari logam induk yang telah dipanaskan ke suhu yang lebih rendah dari temperatur lebur dan strukturnya telah berubah, dan bagian logam induk yang tidak terpengaruh oleh panas .

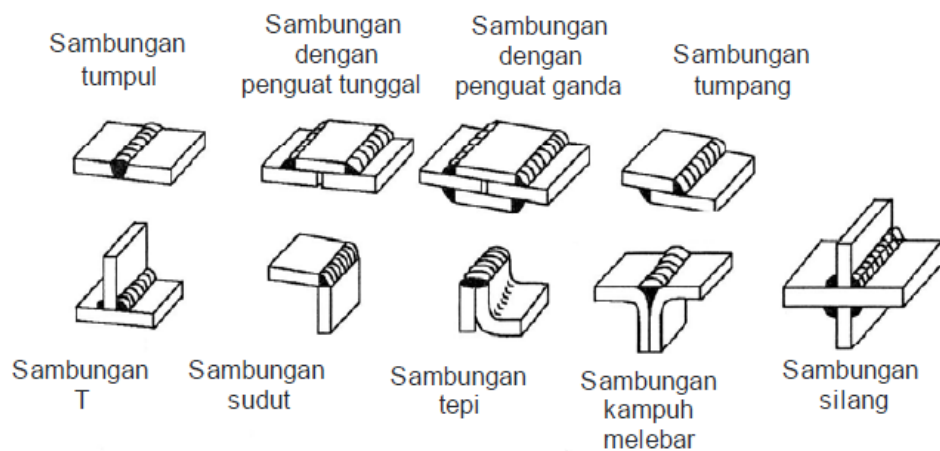


Gambar 2.5 Nama-nama bagian sambungan las (Hery sunaryo, 2008).

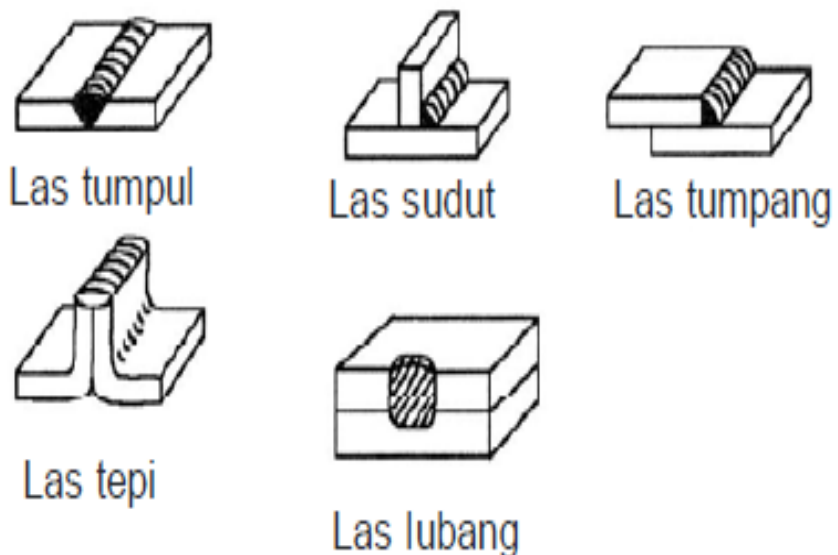
2.2.2 Sambungan Las

Pembuatan struktur las meliputi proses pemotongan material sesuai ukuran, melengkungkannya, dan menyambunginya satu sama lain. Tiaptiap daerah yang disambung disebut "**sambungan**". Terdapat beberapa variasi sambungan las sebagai pilihan berdasarkan ketebalan dan kualitas material, metode pengelasan, bentuk struktur dsb. Berdasarkan bentuknya,

sambungan las diklasifikasikan antara lain sambungan tumpul, sambungan dengan penguat tunggal, sambungan dengan penguat ganda, sambungan tumpang, sambungan T, sambungan sudut, sambungan tepi, sambungan kampuh melebar dan sambungan bentuk silang, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Sambungan-sambungan kampuh las dapat juga diklasifikasikan berdasarkan metode pengelasan, antara lain las tumpul, las sudut, las tepi, las lubang, dan las buildup, seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini (Hery sunaryo, 2008).



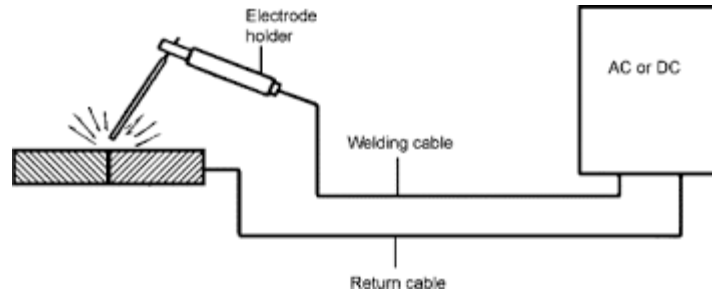
Gambar 2.6 Jenis-jenis sambungan Las (Hery sunaryo, 2008).



Gambar 2.7 Macam-macam las (Hery sunaryo, 2008).

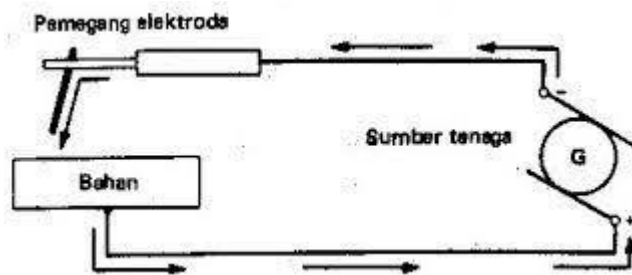
2.2.3. Las listrik dengan elektroda karbon (arc welding)

Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda karbon dan logam atau diantara dua ujung elektroda karbon akan memanaskan dan mencairkan logam yang akan dilas. Sebagai bahan tambah dapat dipakai elektroda dengan fluksi atau elektroda yang berselaput fluksi.



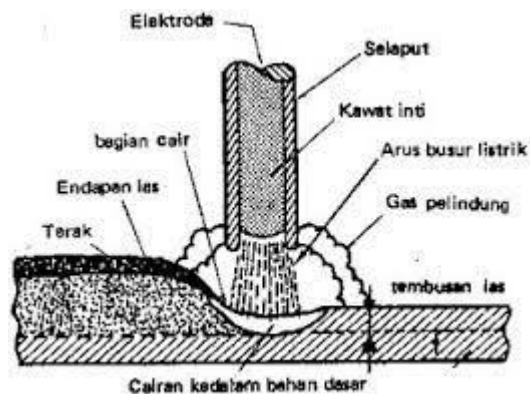
Gambar 2.8 Arc Welding (Gunawan, 2017)

Sirkuit las listrik dengan elektroda berselaput dimana G adalah sumber tenaga arus searah dan elektroda dihubungkan ke terminal negatif sedang bahan ke terminal positif seperti gambar berikut.



Gambar 2.9 Sirkuit Las Listrik (Gunawan, 2017)

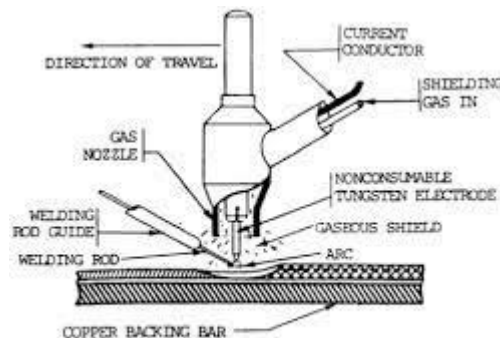
Pada gambar. dibawah ini ditunjukkan pemindahan cairan logam dari elektroda ke bahan dasar dimana gas dari pembakaran selaput elektroda melindungi daerah ini.



Gambar 2.10 Pemindahan cairan logam dari elektroda ke base metal(Gunawan, 2017).

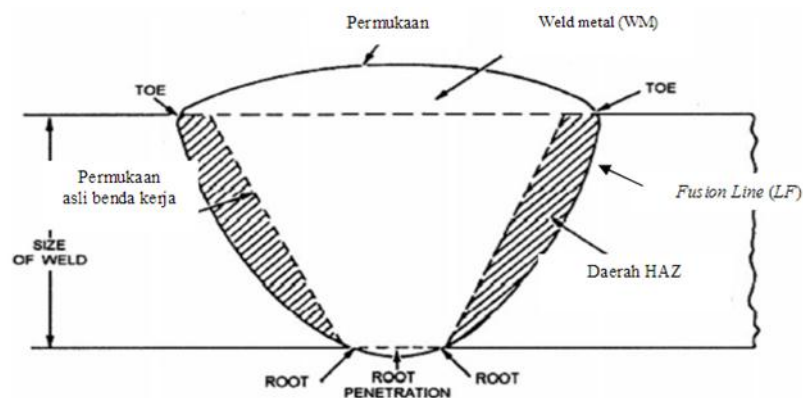
2.2.4 Las Listrik Tig

Las listrik TIG menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar adalah merupakan sumber panas untuk pengelasan. Titik cair dari elektroda wolfram sedemikian tingginya sampai 3410o sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik. Tangkai las dilengkapi dengan nosel keramik untuk menyembur gas pelindung yang melindungi daerah las dari pengaruh luar pada saat pengelasan. Sebagai bahan tambah dipakai elektroda tanpa selaput yang digerakkan dan didekatkan ke busur listrik yang terjadi antara elektroda wolfram dengan bahan dasar. Sebagai gas pelindung dipakai argon, helium atau campuran dari kedua gas tersebut yang pemakaiannya tergantung dari jenis logam yang akan dilas. Tangkai las TIG biasanya didinginkan dengan air yang bersirkulasi. Proses las listrik TIG ditunjukkan pada Gambar dibawah ini. (Gunawan, 2017).



Gas tungsten arc (TIG) welding (GTAW).

Gambar 2.11 Las SMAW (Gunawan, 2017).



Gambar 2.12 Daerah hasil pengelasan (Akbar & Santosa, 2012)

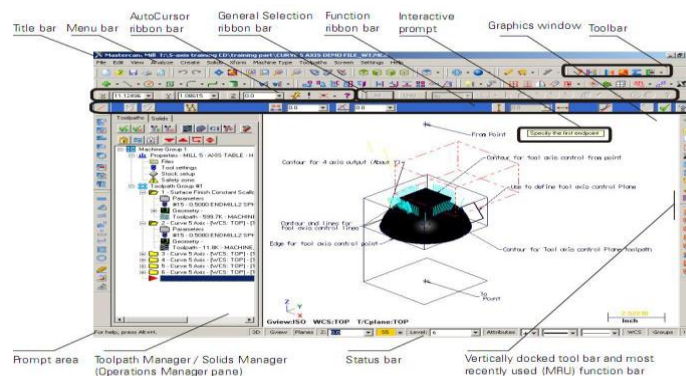
2.3 Software Solidworks

2.3.1 Pengertian Solidwork

Solidworks merupakan salah satu software yang digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part pemesinan yang berupa *assembling* dengan tampilan 3d untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses pemesinan (Ellysa Kusuma Laksanawati, 2018). Solidworks adalah apa yang kita sebut “parametrik” modelling yang solid yang diperuntukan untuk pemodelan desain 3-D. Parametrik sendiri itu berarti bahwa dimensi dapat memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya dan dapat diubah pada saat proses desain dan secara otomatis mengubah part solid dan dokumentasi terkait (blueprint) (Prasetyo, 2019).

SolidWorks sendiri adalah software program mekanikal 3D CAD (*computer aided design*) yang berjalan pada Microsoft Windows. file SolidWorks menggunakan penyimpanan file format Microsoft yang terstruktur. Ini berarti bahwa ada berbagai file tertanam dalam setiap SLDDRW (file gambar), SLDPRT (*part file*), SLDASM (*file assembly*), dengan bitmap preview dan metadata sub-file (Prasetyo, 2019).

Pada proses desain sistem suspensi monoshock ini menggunakan solidwork 2012. Dengan menggunakan solidwork 2012 sistem suspensi dibuat desain suspensi dan simulasi dari pegas koilnya dengan beberapa variasi Pitch and revolution, untuk memperoleh hasil berupa stress, displacement, dan strain .(Umurani, K., & Amri, 2018)



Gambar 2.13. Software Solidwork (Solidwork, 2020) (Prasetyo, 2019)

Parameter dapat berupa numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau geometris, seperti tangen, paralel, konsentris, horizontal atau vertikal. parameter numerik dapat dikaitkan dengan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud dari desain.

2.3.2 Fungsi Solidwork

Sebagai software CAD, Solidworks dipercaya sebagai perangkat lunak untuk membantu proses desain suatu benda atau bangunan dengan mudah. Di Indonesia sendiri terdapat banyak perusahaan manufaktur yang mengimplementasikan perangkat lunak solidworks. Keunggulan solidworks dari software CAD lain adalah mampu menyediakan sketsa 2D yang dapat diupgrade menjadi bentuk 3D. Selain itu pemakaiannya pun mudah karena memang dirancang khusus untuk mendesai benda sederhana maupun yang rumit sekali pun. Inilah yang membuat solidworks menjadi populer dan menggeser ketenaran software CAD lainnya.

Solidworks dipakai banyak orang untuk membantu desain benda atau bangunan sederhana hingga yang kompleks. Solidworks banyak digunakan untuk merancang roda gigi, mesin mobil, casing ponsel dan lain-lain. Fitur yang tersedia dalam solidworks lebih *easy-to-use* dibanding dengan aplikasi CAD lainnya. Bagi mahasiswa yang sedang menempuh pendidikan di jurusan teknik sipil, teknik industri dan teknik mesin sangat disarankan untuk mempelajari solidworks. Karena solidworks sangat sesuai dengan kebutuhan mahasiswa yang mengambil tiga jurusan tersebut dan yang paling utama proses penggunaan solidworks lebih cepat dibanding vendor-vendor software CAD lain yang lebih dulu hadir. Anda juga dapat melakukan simulasi pada desain yang Anda buat dengan solidworks. Analisa kekuatan desain juga dapat dilakukan secara sederhana dengan solidworks. Dan yang paling penting, Anda dapat membuat desain animasi menggunakan fitur yang telah disediakan solidworks.

2.4. *Finite Element Method* (FEM)

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.

2.4.1. Pengertian *Finite Element Method* (FEM)

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.

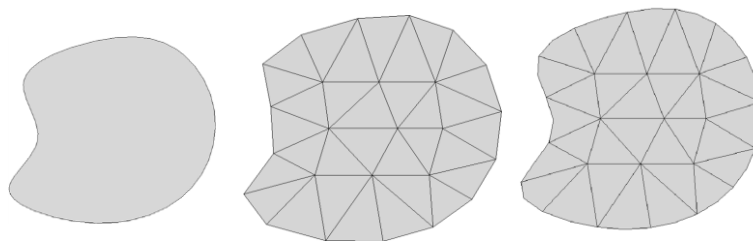
2.4.2. Metode Analisis Elemen Hingga

Metode elemen hingga (FEM) berkembang pesat sebagai alat analisis numerik yang paling berguna bagi para insinyur dan ahli matematika terapan karena manfaatnya yang alami dibandingkan pendekatan sebelumnya. Keuntungan utamanya adalah dapat diterapkan pada bentuk arbitrer dalam berbagai dimensi. Bentuknya bisa dibuat dari berbagai bahan. Sifat material bisa non-homogen (tergantung lokasi) dan / atau anisotropik (tergantung arah). Cara bentuk itu didukung (juga disebut perlengkapan atau pengekangan) bisa sangat umum, seperti halnya sumber yang diterapkan (gaya, tekanan, fluks panas, dll.). FEM menyediakan proses standar untuk mengubah prinsip-prinsip energi yang mengatur atau mengatur persamaan diferensial menjadi sistem persamaan matriks yang akan diselesaikan untuk solusi perkiraan. Untuk masalah linier, solusi semacam itu bisa sangat akurat dan cepat didapat. Setelah memperoleh solusi perkiraan, FEM memberikan prosedur standar tambahan untuk perhitungan tindak lanjut (pasca-

pemrosesan), seperti menentukan integral dari solusi, atau turunannya di berbagai titik dalam bentuk. Pasca-pemrosesan juga menghasilkan tampilan warna yang mengesankan, atau grafik, dari solusi dan informasi terkaitnya.

Ketika FEM diterapkan pada bidang analisis tertentu (seperti analisis tegangan, analisis termal, atau analisis getaran), ini sering disebut sebagai analisis elemen hingga (FEA). FEA adalah alat yang paling umum untuk analisis stres dan struktural. Berbagai bidang studi seringkali berkaitan. Misalnya, distribusi suhu yang tidak seragam menyebabkan kondisi pembebanan yang tidak jelas pada member struktur padat. Jadi, biasanya dilakukan FEA termal untuk mendapatkan hasil suhu yang pada gilirannya menjadi data masukan untuk FEA tegangan. FEA juga dapat menerima data masukan dari alat lain seperti sistem analisis gerak (kinetika) dan sistem dinamika fluida komputasi. (Akin, 2010)

Konsep dasar di balik FEM adalah untuk mengganti setiap bentuk kompleks dengan penyatuan (atau penjumlahan) dari sejumlah besar bentuk yang sangat sederhana (seperti segitiga) yang digabungkan untuk memodelkan bagian aslinya dengan benar. Bentuk yang lebih kecil dan lebih sederhana disebut elemen hingga karena masing-masing menempati sub-domain kecil tetapi terbatas dari bagian aslinya. Mereka kontras dengan elemen yang sangat kecil atau diferensial yang digunakan selama berabad-abad untuk mendapatkan persamaan diferensial. Untuk memberikan contoh yang sangat sederhana dari proses pembagian dan penjumlahan ini, pertimbangkan untuk menghitung luas sembarang bentuk yang ditunjukkan pada Gambar

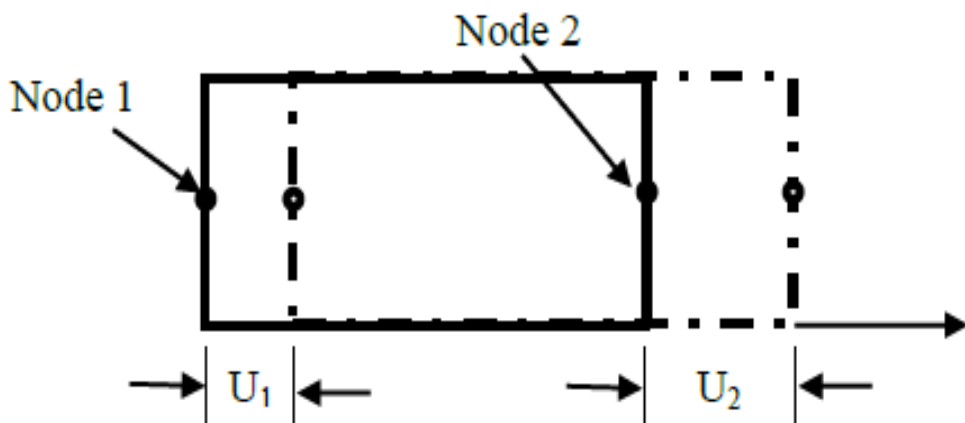


Gambar 2.14 Suatu area yang disambung secara kasar dengan segitiga linier dan kuadrat (Akin, 2010).

Jika Anda mengetahui persamaan kurva pembatas, Anda secara teori dapat mengintegrasikannya untuk mendapatkan luas tertutup. Alternatifnya, Anda bisa membagi area menjadi satu set segitiga tertutup (menutupi bentuk dengan jaring) dan menjumlahkan luas masing-masing segitiga:

$$A = \sum_{e=1}^n A^e = \sum_{e=1}^n \int_{A^e} f_{A^e} dA.$$

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 (Anggraini, 2016). Konsep yang disederhanakan dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.15 Elemen persegi empat sederhana untuk menjelaskan analisa metode elemen hingga (Anggraini, 2016)

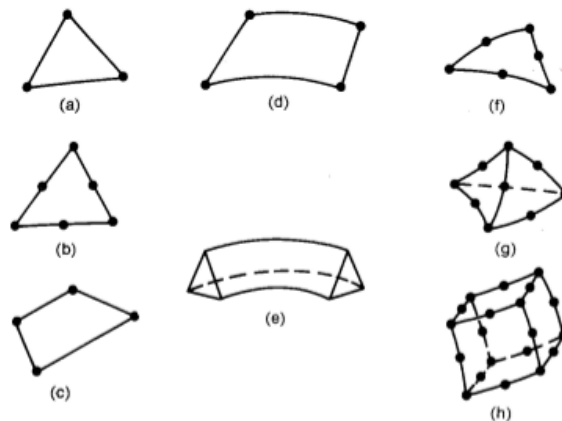
Setiap node memiliki satu derajat kebebasan bila bergeser sejauh U_1 dan U_2 . Persamaan yang menyatakan hubungan antara gaya yang bekerja pada node dan pergeseran yang diakibatkannya. Koefisien kekakuan K_{ij} dihitung dengan program komputer berdasarkan sifat elastik bahan dan geometri elemen hingga dengan bentuk matriksnya adalah

$$\begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{Bmatrix} \quad (2.1)$$

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

$$\begin{Bmatrix} p_1 \\ \{p_2\} \\ p_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & 0 \\ K_{21} & K_{22} + K_{22} & K_{23} \\ 0 & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ \{U_2\} \\ U_3 \end{Bmatrix} \quad (2.2)$$

Suatu konstruksi tiga dimensi akan mengakibatkan bertambahnya jumlah persamaan simultan; tetapi dengan memanfaatkan elem tingkat tinggi dan computer yang lebih cepat, soal-soal tersebut dapat diselesaikan dengan FEM (Finite Element Methode). Pada gambar 2.3 tampak beberapa elemen yang digunakan dalam analisa FEM.

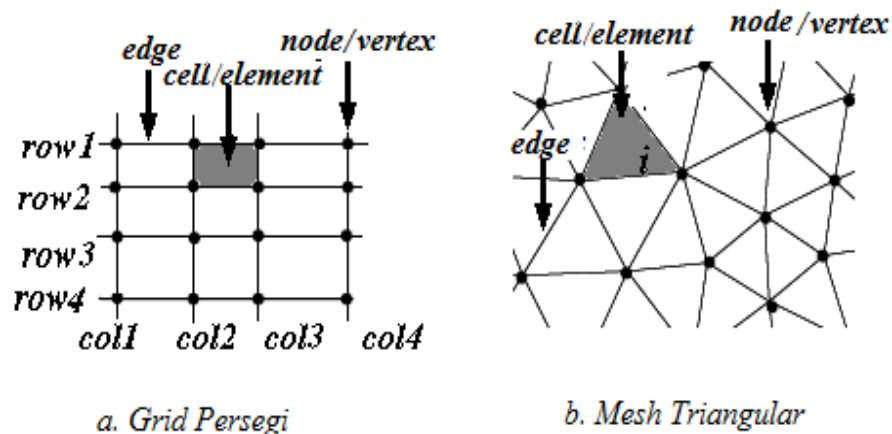


Gambar 2.16 Elemen yang Lazim Digunakan pada Analisa FEM (a) Elemen dua dimensi paling sederhana, (b) Segitiga dengan enam node, (c) Elemen *kuadrilateral*, (d) Elemen cincin berdimensi satu, (e) Elemen segitiga berdimensi dua, (f) Segitiga isoparametrik, (g) Tetrahedron, (h) Heksahedron (Anggraini, 2016).

2.4.3. Diskertisasi

Elemen adalah kumpulan titik (nodal) yang saling terhubung. Sedangkan kumpulan nodal dan elemen didefinisikan sebagai *Mesh*. Proses pembentukan *Mesh* ini disebut diskertisasi atau metode pemisahan

(*discretization*). Diskretisasi adalah proses pembentukan suatu benda/body dengan memisahkannya kedalam sebuah sistem yang ekuivalen dari bagian terkecil atau unit (elemen) yang saling berhubungan antar nodal sehingga menjadi dua atau lebih element dengan garis batas dan permukaan. Ide dasar dari FEM adalah membagi struktur, badan (body), atau daerah yang dianalisis menjadi jumlah yang sangat besar dari suatu elemen hingga (*finite element*). Dengan kata lain ide dasar dari FEM adalah proses diskretisasi. Elemen ini bisa dalam bentuk satu, dua, atau tiga dimensi. Diskretisasi bertujuan memudahkan penyelesaian persamaan diferensial atau integral pada masing-masing elemen tersebut. Bentuk elemen disesuaikan dengan bentuk geometri dari domain yang di-diskretisasi; untuk model 1D bentuk elemen berupa ruas garis; 2D bentuk sel dapat berupa grid persegi (Gambar a), atau grid triangular (Gambar b). (Caniago & Bengkului, 2015).

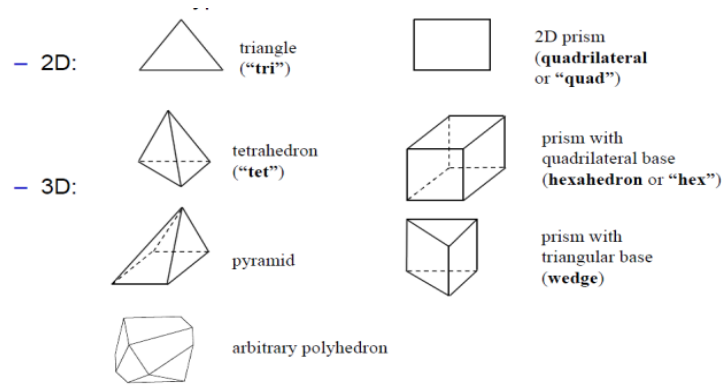


Gambar 2.17 Kisi (*grid*) dan Jala (*Mesh*). (Caniago & Bengkului, 2015)

2.5. Mesh

Pengertian ukuran *Mesh* adalah ukuran dari jumlah lubang suatu jaring atau kasa pada luasan 1 inch persegi jaring / kasa yang bisa dilalui oleh material padat. *Mesh 20* memiliki arti terdapat 20 lubang pada bidang jaring / kasa seluas 1 inch, demikian seterusnya. Oleh karena itu, untuk menganalisa aliran fluida, aliran domain dibagi menjadi subdomain yang lebih kecil (terdiri dari geometris primitif seperti hexahedra dan tetrachedra di 3D, dan segiempat dan segitiga di 2D) dan Persamaan pengatur terdiskretisasi diselesaikan dalam masing-masing bagian dari domain. Masing-masing bagian dari domain dikenal sebagai unsur atau sel, dan kumpulan semua elemen ini dikenal sebagai *Mesh* atau grid. Ada banyak sel dari

beberapa bentuk grid yang tersedia. Tergantung pada problem dan cara penyelesaian (Abidin et al., 2012). Adapun beberapa bentuk elemen atau sel antara lain:



Gambar 2.18 Tipe-Tipe *Grid* (Abidin et al., 2012).

Proses untuk mendapatkan sebuah *Mesh* yang tepat (atau grid) disebut *Mesh generation* (atau *grid generation*), dan telah lama dianggap sebagai hambatan dalam proses analisis karena kurangnya prosedur *Mesh generation* secara otomatis. Programs *software* khusus telah dikembangkan untuk tujuan *Mesh* dan generasi grid, dan penggunaan *software* yang baik dan keahlian dalam menggunakan *software* ini sangat penting untuk keberhasilan dari upaya pemodelan.

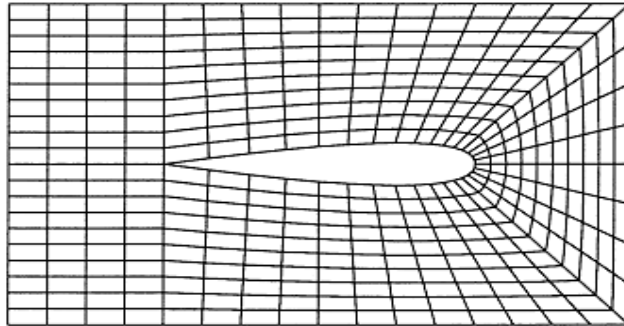
2.5.1. *Mesh* Klasifikasi

Elemen-elemen dalam *Mesh* dapat diklasifikasikan dalam berbagai cara yang paling mudah didasarkan pada dimensi dan jenis elemen. Elemen umum dalam 2D adalah segitiga atau persegi panjang, dan elemen umum dalam 3D tetrahedral atau batu bata. Bentuk paling dasar dari klasifikasi *Mesh* berdasarkan konektivitas *Mesh*: terstruktur atau tidak terstruktur. (Abidin et al., 2012).

a. *Structure Mesh*

Sebuah jala terstruktur ditandai dengan konektivitas biasa yang dapat dinyatakan sebagai susunan dua dimensi atau tiga dimensi. Ini membatasi pilihan elemen segiempat dalam 2D atau hexahedra dalam 3D. Contoh *Mesh* di bawah adalah *Mesh* terstruktur, karena kita bisa menyimpan konektivitas *Mesh* dalam 12 hingga 40 susunan. Keteraturan konektivitas memungkinkan kita untuk menghemat ruang

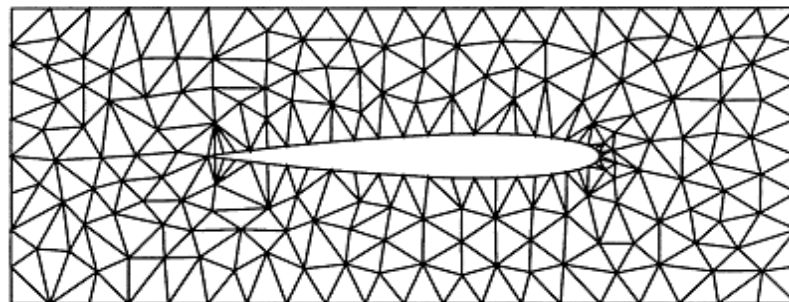
karena hubungan lingkungan ditentukan oleh pengaturan penyimpanan. Klasifikasi tambahan dapat dibuat pada apakah *Mesh* adalah konformal atau tidak. (Abidin et al., 2012)



Gambar 2.19 *Structure Mesh* (Abidin et al., 2012)

b. *Unstructure Mesh*

Sebuah *Mesh* tidak terstruktur ditandai dengan konektivitas tidak teratur tidak mudah dinyatakan sebagai susunan dua atau tiga dimensi dalam memori komputer. Hal ini memungkinkan untuk menggunakan setiap elemen. Dibandingkan dengan *structure Mesh*, persyaratan penyimpanan untuk sebuah *Mesh* tidak terstruktur dapat secara substansial lebih besar bila konektivitas lingkungan secara eksplisit disimpan. (Abidin et al., 2012).



Gambar 2.20 *Unstructure Mesh* (Abidin et al., 2012)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat pelaksanaan proses penelitian tugas akhir pengaruh *mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las pada baja karbon rendah di laboratorium Mekanika Kekuatan Material dan Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang beralamat di Jl. Kapten Muchtar Basri, Glugur Darat II, Kec Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian *mesh* pengaruh distribusi tegangan puntir dan kekuatan las pada baja karbon rendah, 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

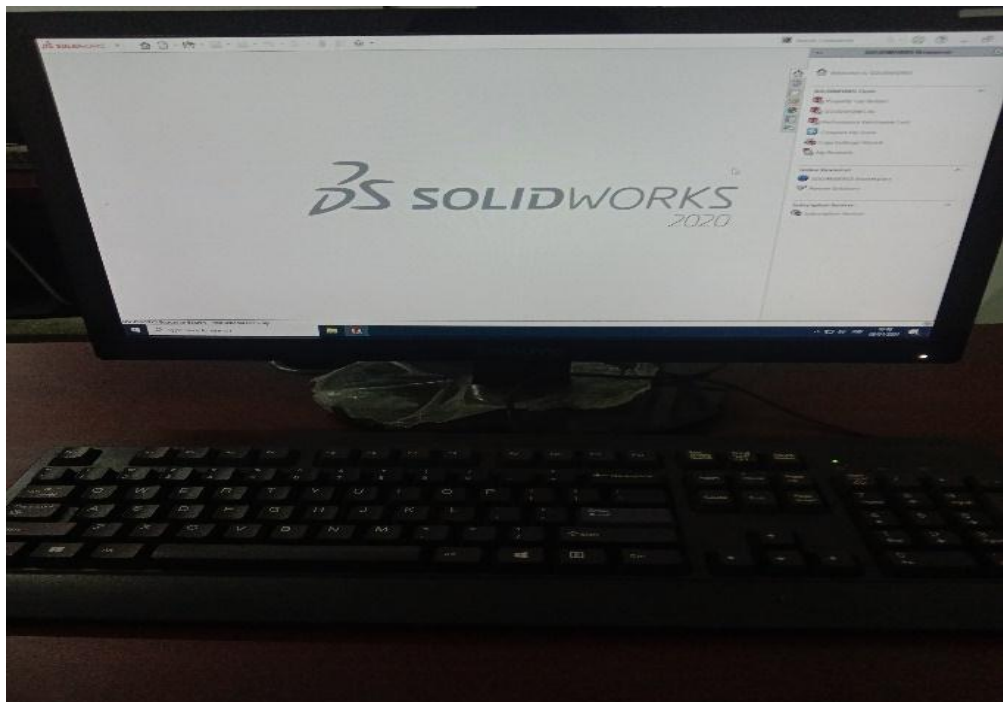
No	Uraian Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul						
2	Studi Litelatur						
3	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3						
4	Pemodelan Geomrtri						
5	Seminar Proposal						
6	Simulasi Geometri						
7	Pengolahan data simulasi						
8	Sidang						

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1 Alat

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah perangkat keras (pc) dengan Spesifikasi komputer yang digunakan dalam penelitian pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan las menggunakan *software solidwork* ini adalah sebagai berikut

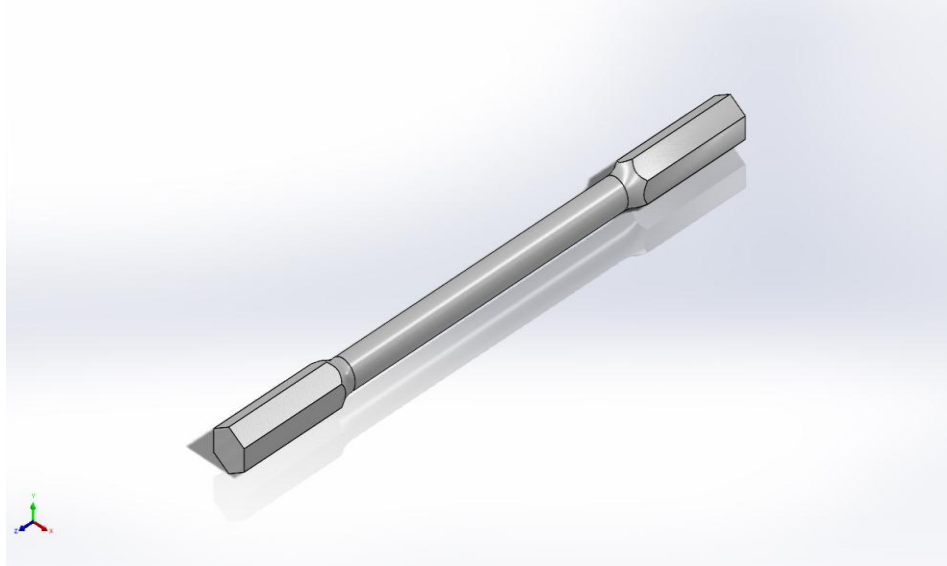
- Processor : Intel® Xeon® CPU E3-1246 v3 @ 3.50GHz 3.50GHz
- Ram : 8,00 GB.
- System type : 64-bit Operating System, x64-based processor
- Operasi System : Windows 10 Pro
- Serial Number : 9710015706707616D3XGZ2BC



Gambar 3.1 Komputer

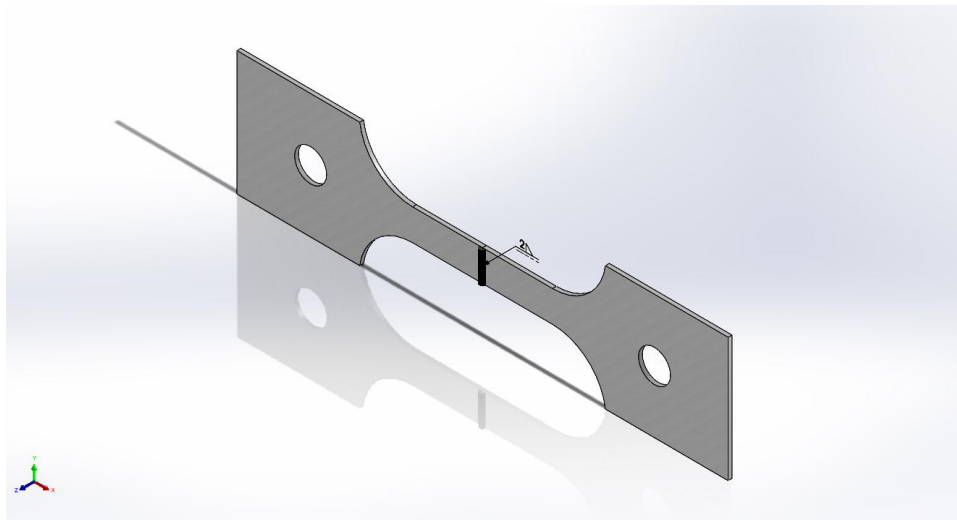
3.2.1 Bahan

1. Permodelan uji puntir



Gambar 3.2 Permodelan uji puntir

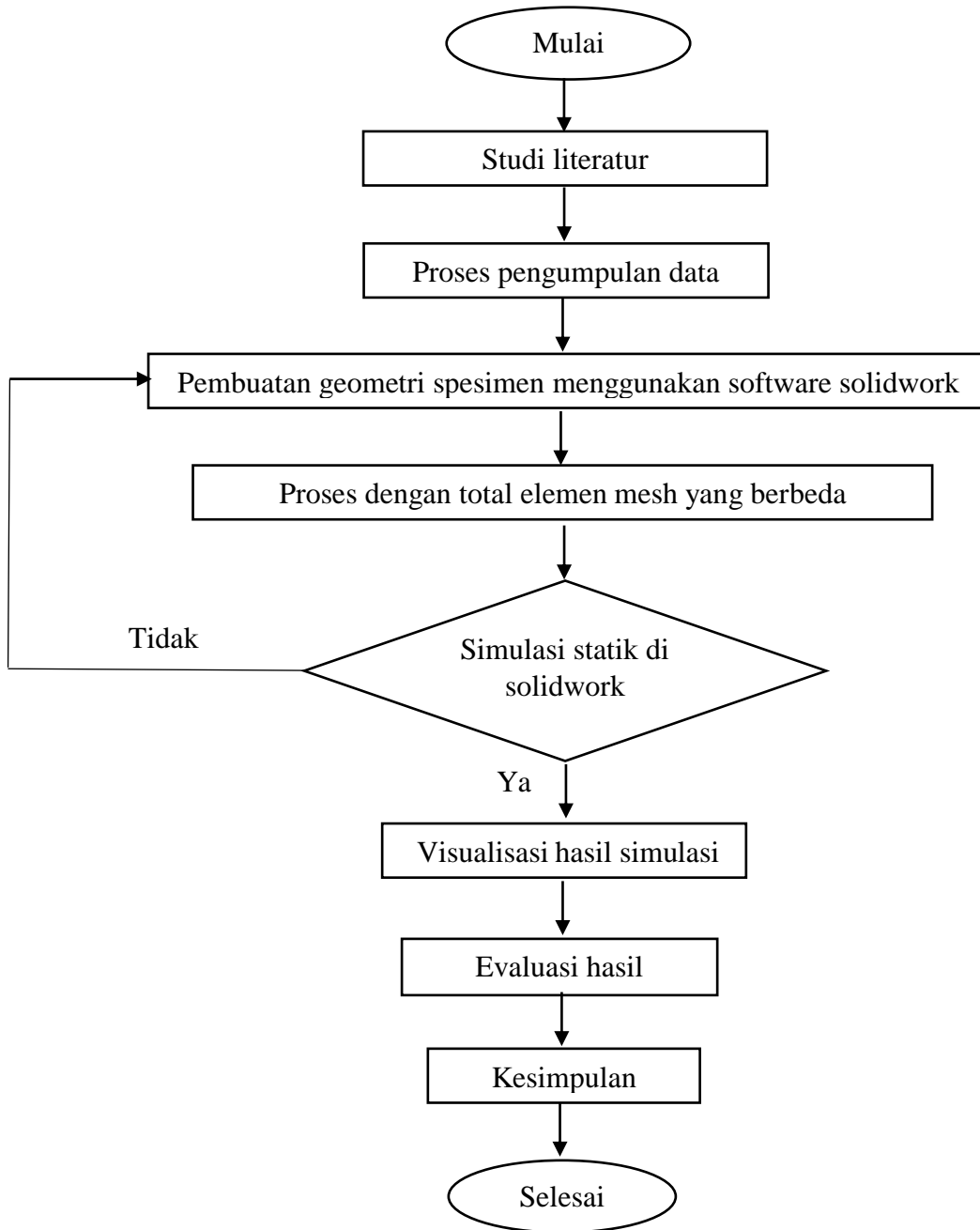
2. Permodelan uji tarik las



Gambar 3.3 Permodelan uji tarik las

3.3. Bagan Alir Penelitian

Untuk lebih jelas bagan alir penelitian dapat di lihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data Penelitian

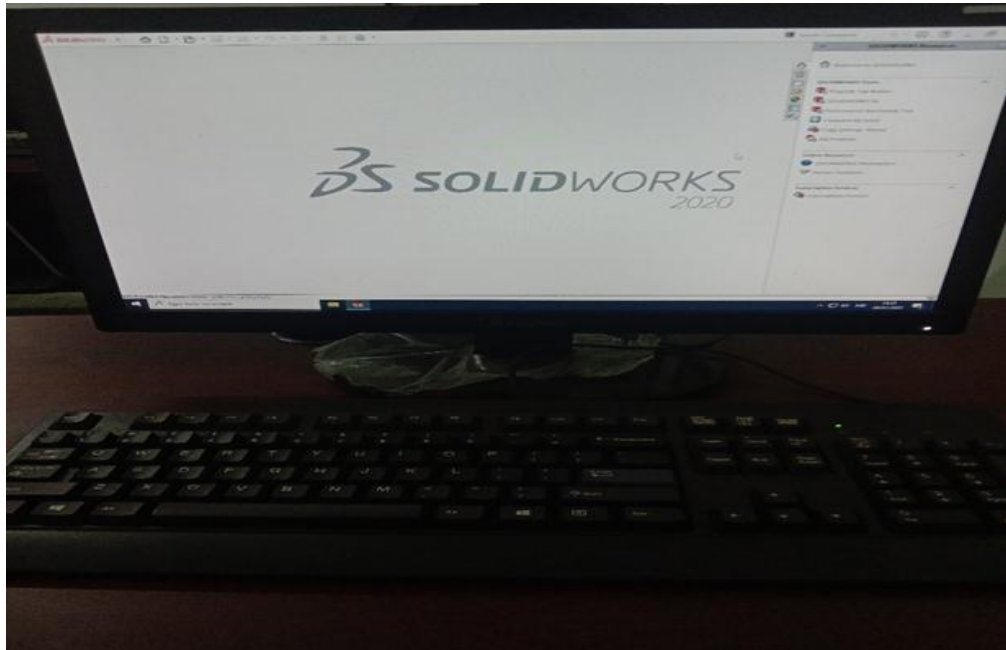
Penelitian diawali dengan melakukan studi literature dan mencari referensi di buku dan jurnal yang berkaitan dengan penelitian. Adapun perangkat yang di gunakan yaitu perangkat keras (pc). Kemudian pengumpulan data meliputi proses pembuatan bentuk geometri serta permodelan yang dirancang.

3.4.2. Proses Pembuatan Geometri dan *Meshing*.

Pembuatan geometri uji puntir berdasarkan ASTM-E143 dan pembuatan geometri uji las berdasarkan ASTM-E8. Dengan menggunakan software solidwork. Adapun jenis material yang digunakan adalah baja karbon rendah. Setelah proses pembuatan geometri proses selanjutnya adalah melakukan simulasi pada geometri yang telah dibuat.

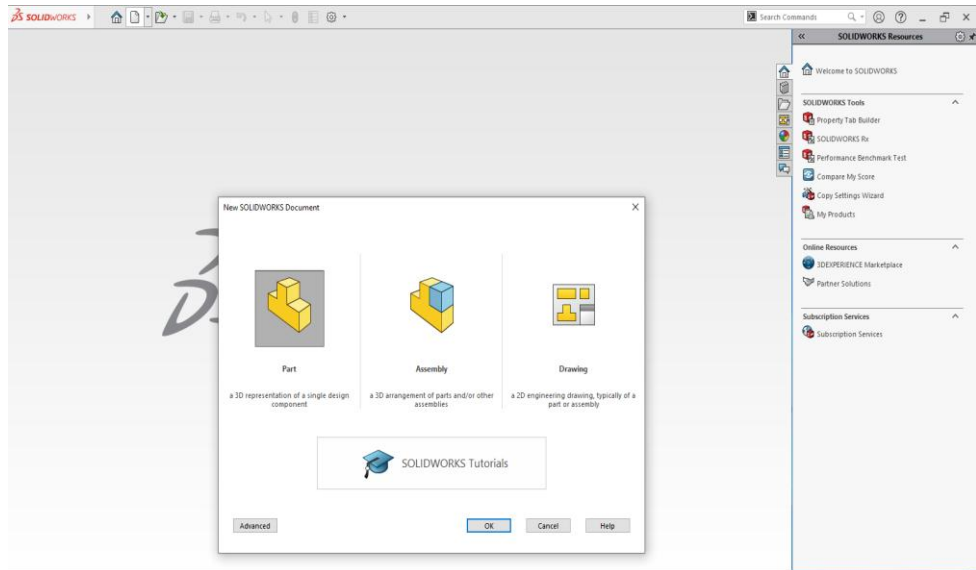
3.4.2.1 Langkah-langkah pembuatan part geometri puntir

a. Menyalahkan komputer dan memilih *software solidwork*



Gambar 3.5 Tampilan laptop

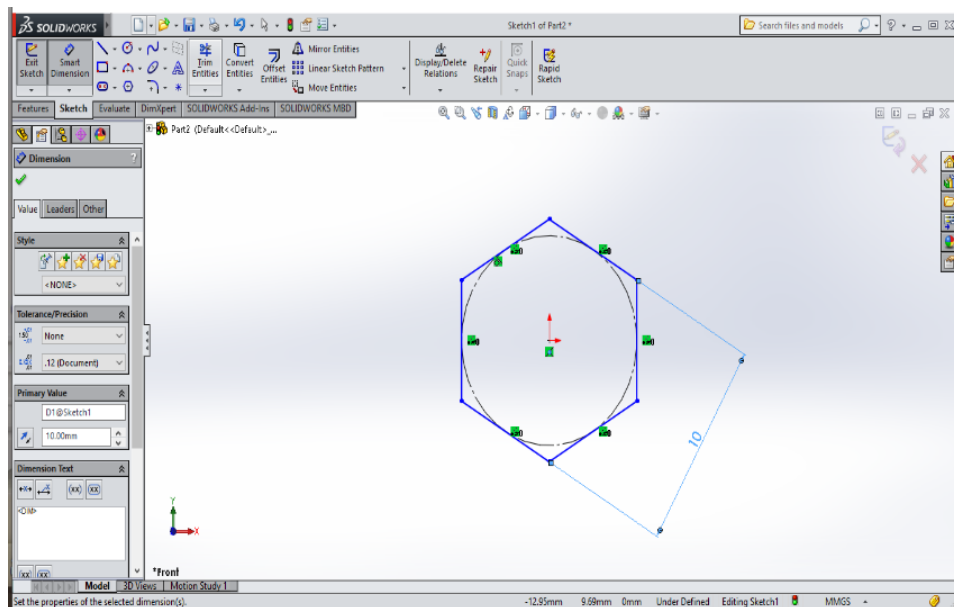
b. Membuat part 3D geometri puntir menggunakan *software solidwork*



Gambar 3.6 Membuat part 3D geometri puntir

c. Pembuatan part 3D geometri puntir

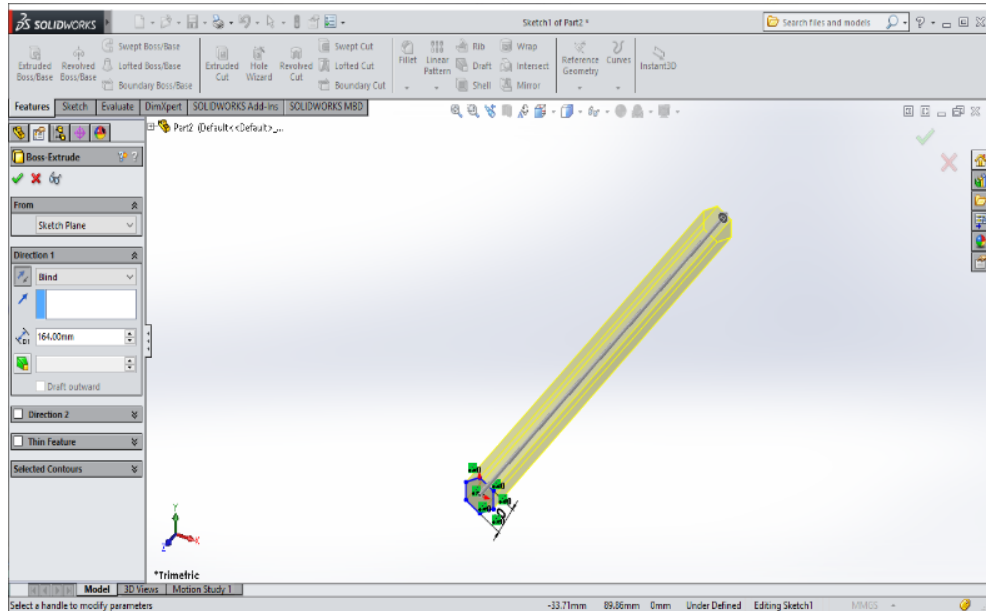
maka langkah selanjutnya adalah klik kiri menu sketch kemudian klik kiri front plane lalu edit sketch, klik segienam kemudian klik smart dimension selanjutnya edit ukuran menjadi 10 mm.



Gambar 3.7 Pembuatan part 3D geometri puntir

d. *Extruded boss/base*

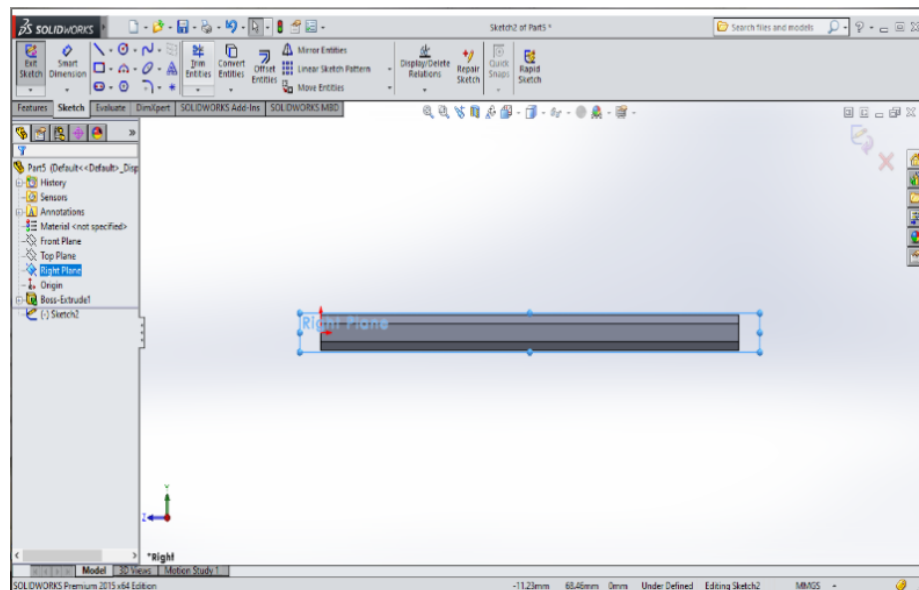
Langkahnya klik *features* yang ada pada fasilitas *software solidwork* lalu klik *extruded boss/base* kemudian masukan ukuran 164 mm panjang keseluruhan pada part geometri puntir.



Geomeri 3.8 *Extruded boss/base*

e. *Right Plane*

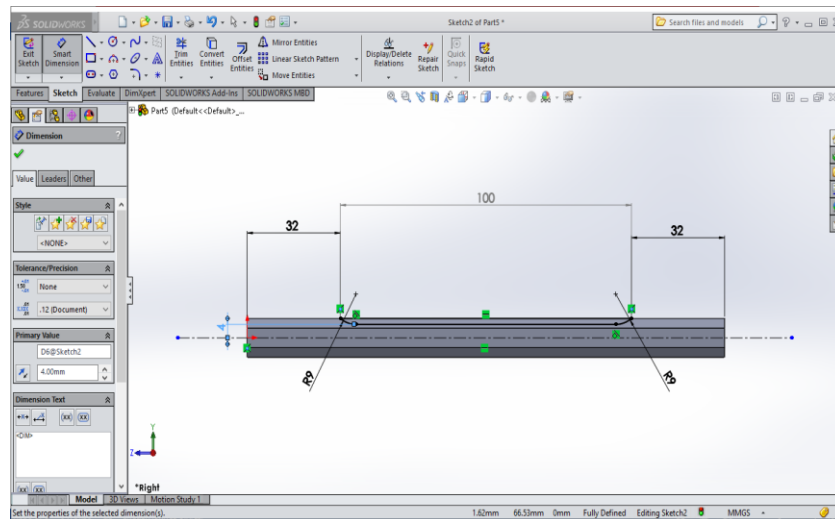
Langkahnya klik kiri menu *right plane* untuk mengubah pandangan agar bisa di sketch



Gambar 3.9 *Right Plane*

f. Sketch

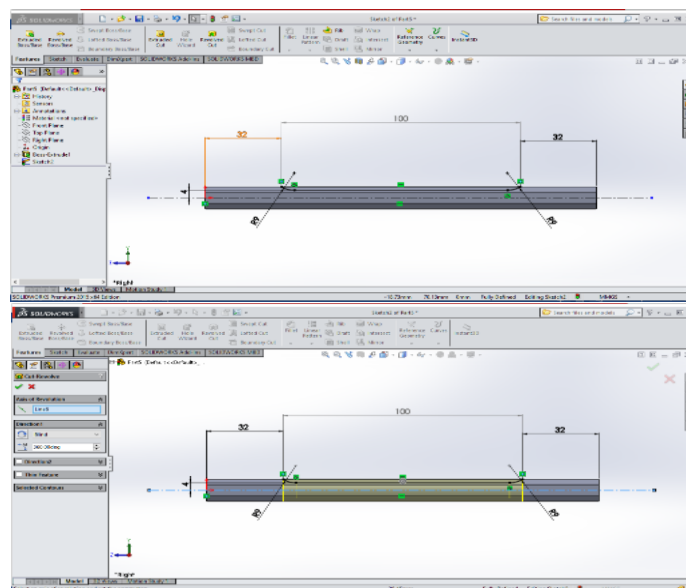
Kemudian klik menu *centerline* buat pada part geometri puntir yang telah di *right plane* dengan garis melintang di titik sumbu dari ujung kiri sampai ujung kanan part geometri puntir, selanjutnya klik *line* pada fasilitas *software solidwork* lalu buat radius dan ukuran-ukuran seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.10 Sketch

g. Revolved cut

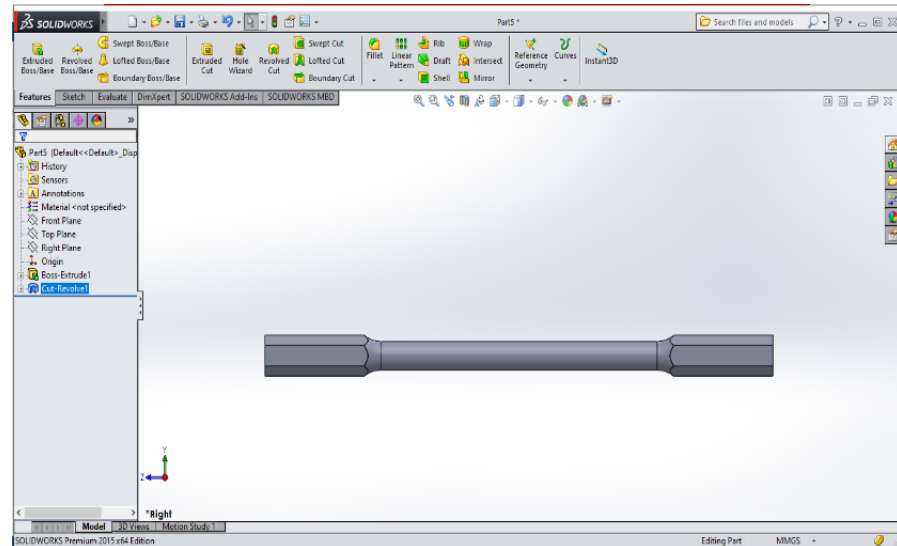
Klik kiri pada *features* lalu klik *revolved cut*, pilih blind



Gambar 3.11 Revolved cut

h. Part 3D geometri puntir dengan ASTM-E 143

Part 3D geometri puntir geometri puntir berdasarkan standart ASTM-E 143 yang telah di desain di *software solidwork*.



Gambar 3.12 Part 3D geometri puntir dengan ASTM-E 143

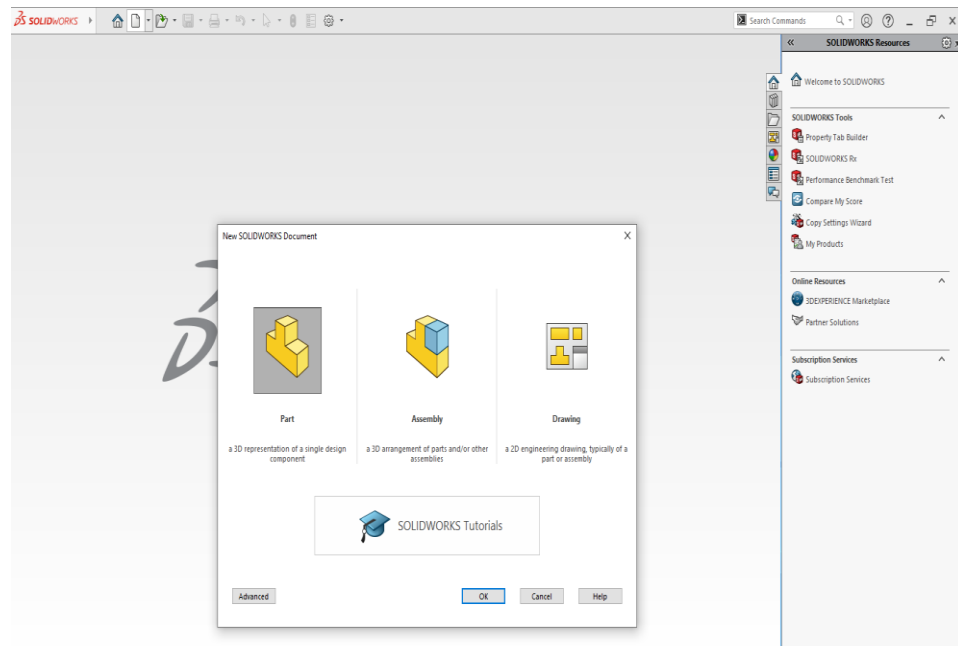
3.4.2.2 Langkah-langkah pembuatan part geometri las

a. Menyalahkan komputer dan memilih *software solidwork*



Gambar 3.13 Tampilan laptop

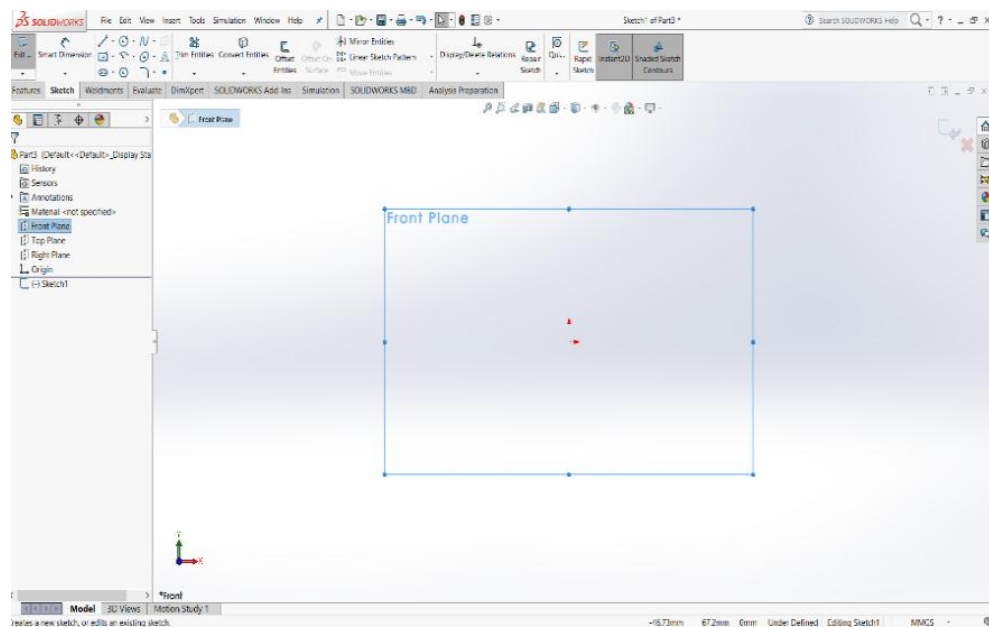
b. Membuat part 3D geometri las menggunakan *software solidwork*



Gambar 3.14 Membuat part 3D geometri las

c. *Front plane*

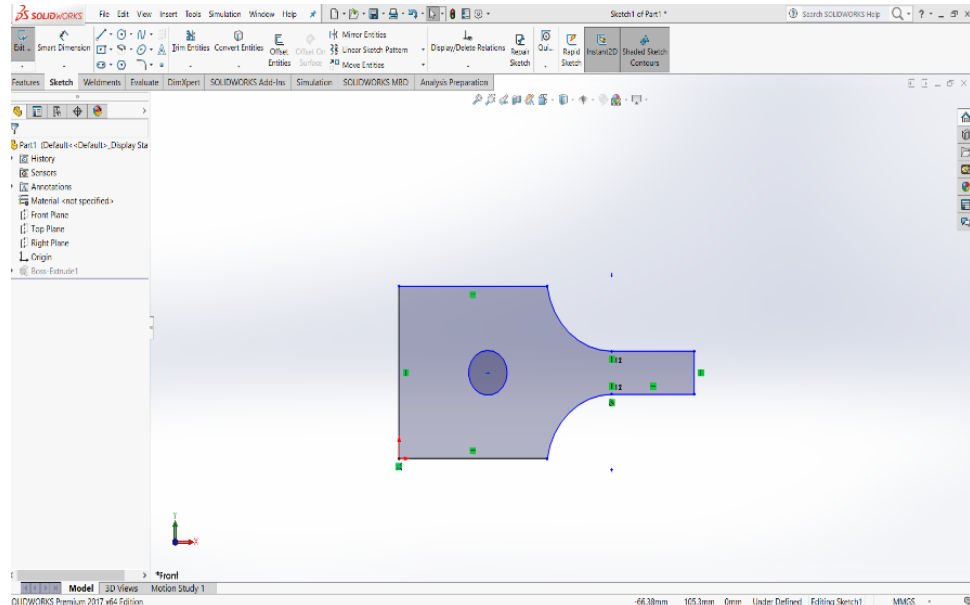
maka langkah selanjutnya adalah klik kiri menu *sketch* kemudian klik kiri front plane lalu edit *sketch*.



Gambar 3.15 *Front plane*

d. Pembuatan part 3D geometri las

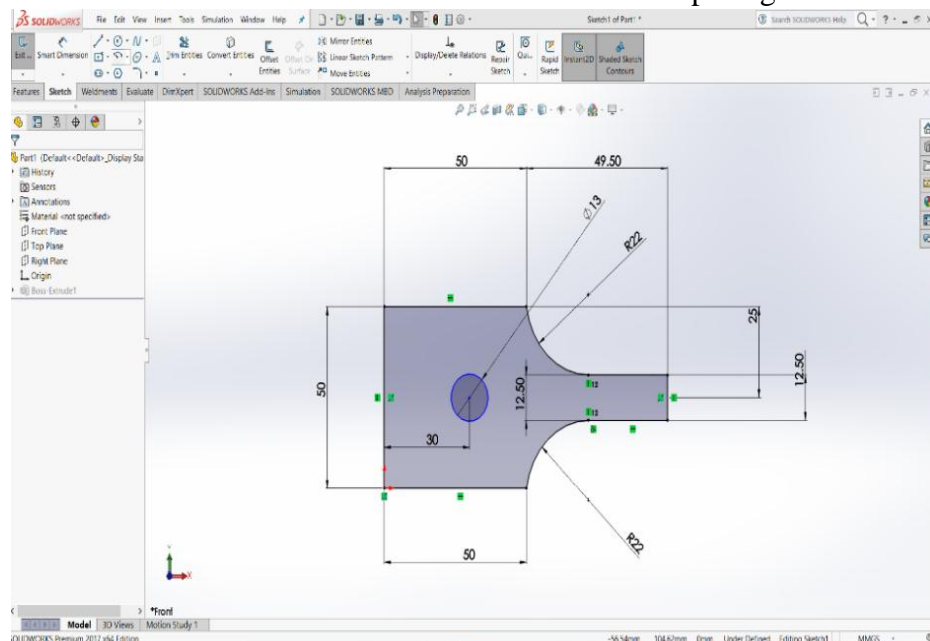
maka langkah selanjutnya adalah klik kiri menu *line* kemudian gambar setengah bagian geometri las.



Gambar 3.16 Pembuatan part 3D geometri las

e. *Smart dimension*

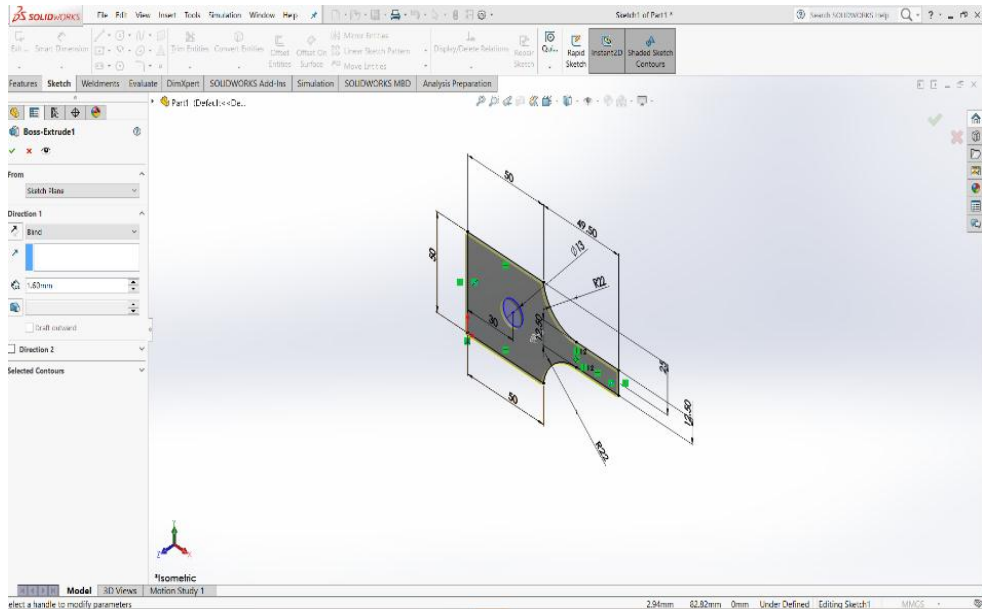
klik menu *Smart dimension* kemudian buat ukuran pada geometri las.



Gambar 3.17 *Smart dimension*

d. *Extruded boss/base*

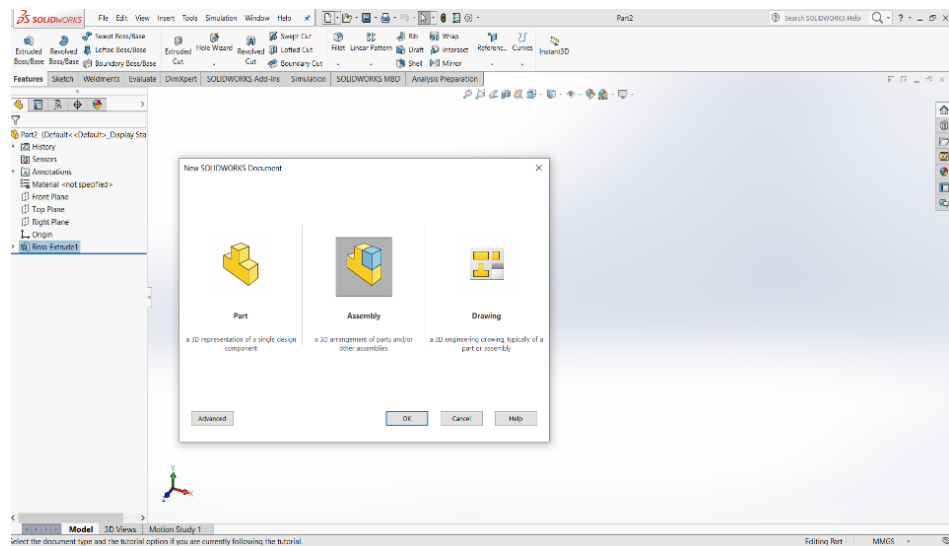
Langkahnya klik menu *features* yang ada pada fasilitas *software solidwork* lalu klik *extruded boss/base* kemudian masukan ukuran 1.60 mm tebal pada part geometri las.



Gambar 3.18 *Extruded boss/base*

i. *Assembly*

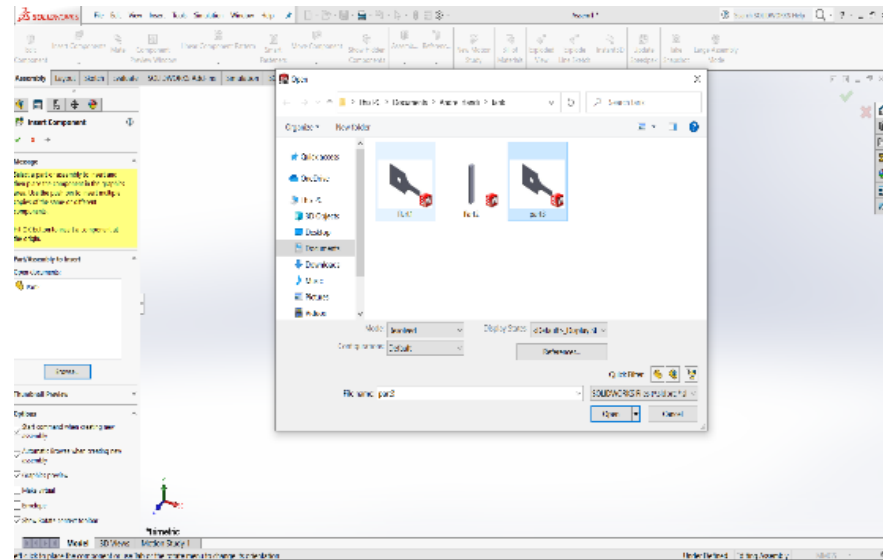
Langkahnya klik menu *new* kemudian klik *assembly* untuk menyatukan part yang telah di buat sebelumnya.



Gambar 3.19 *Assembly*

j. *Insert components*

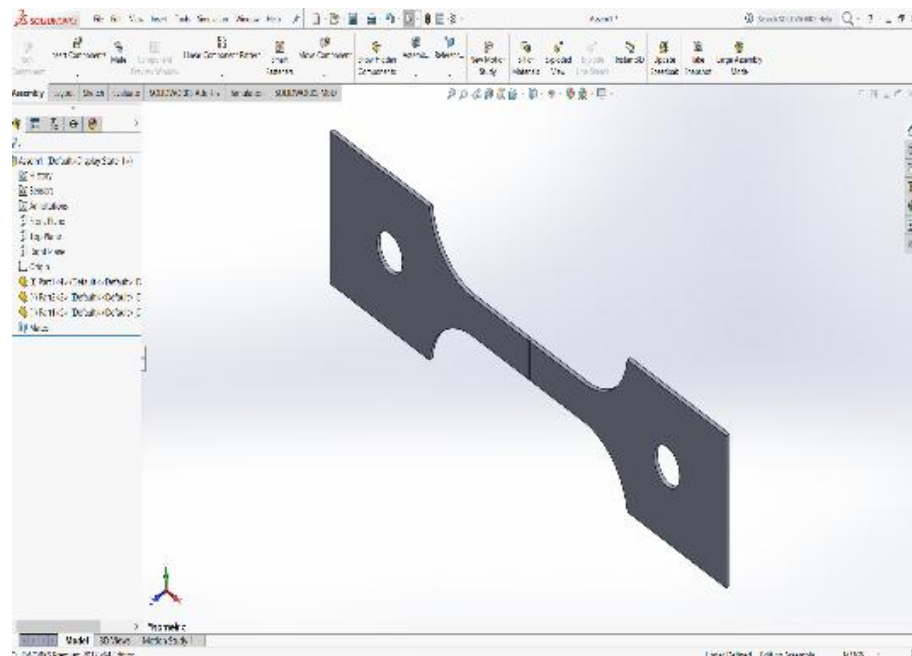
Langkahnya klik menu *insert components* lalu masukan part yang sudah di buat sebelumnya.



Gambar 3.20 *Insert components*

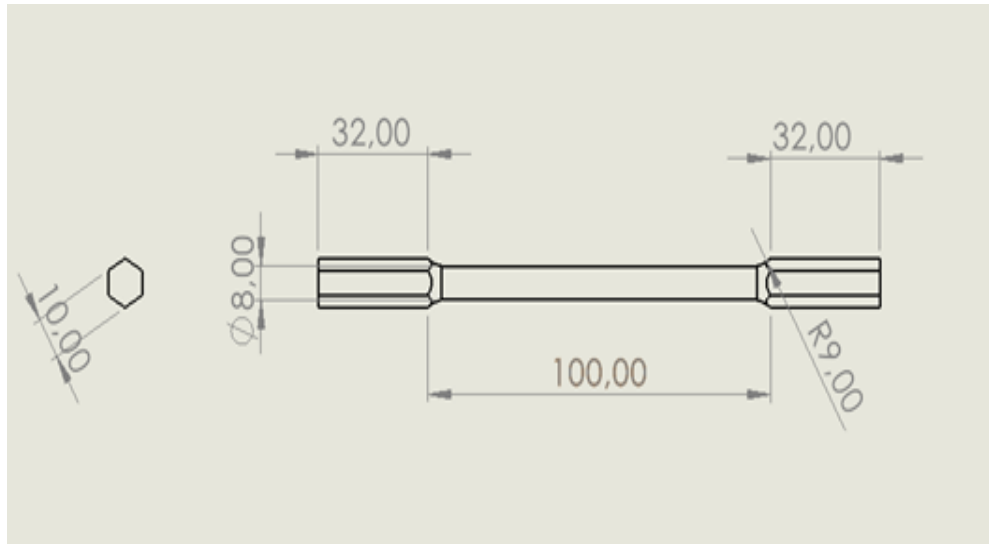
K. *Mate*

Langkahnya klik menu *mate* lalu klik part yang ingin di sambungkan menjadi satu sesuai ASTM-E 8.

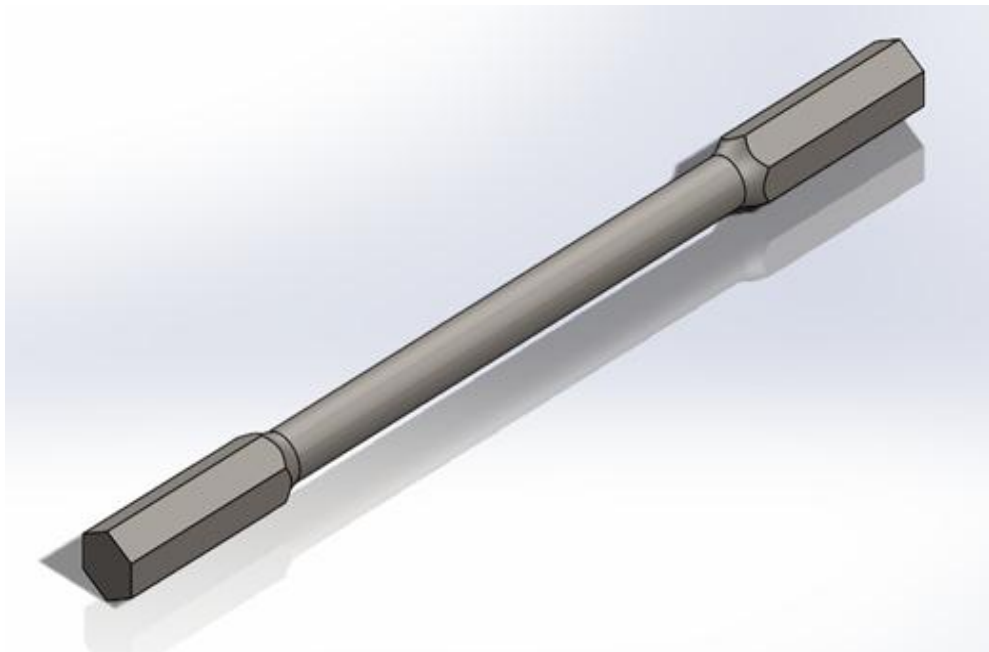


Gambar 3.21 *Mate*

Pemodelan dan geometri Uji Puntir dapat dilihat pada gambar 3.24 Serta untuk permodelan dan geometri kekuatan las dapat dilihat pada gambar 3.25.

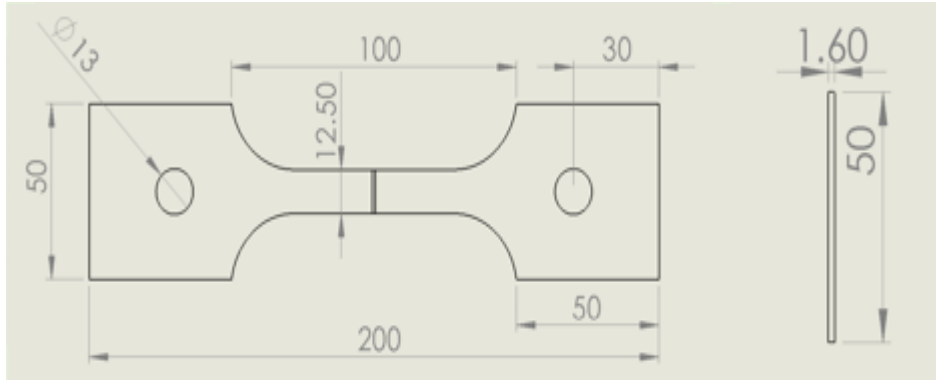


(a) Geometri baja ; spesimen uji puntir ASTM-E 143

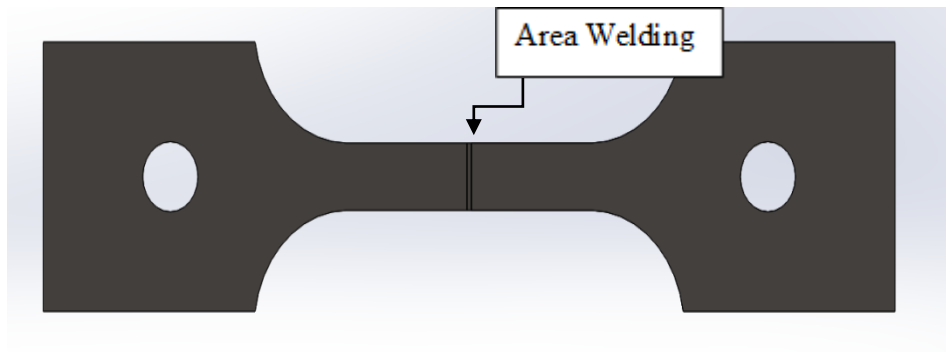


(b) Pemodelan baja ; spesimen uji puntir ASTM-E 143

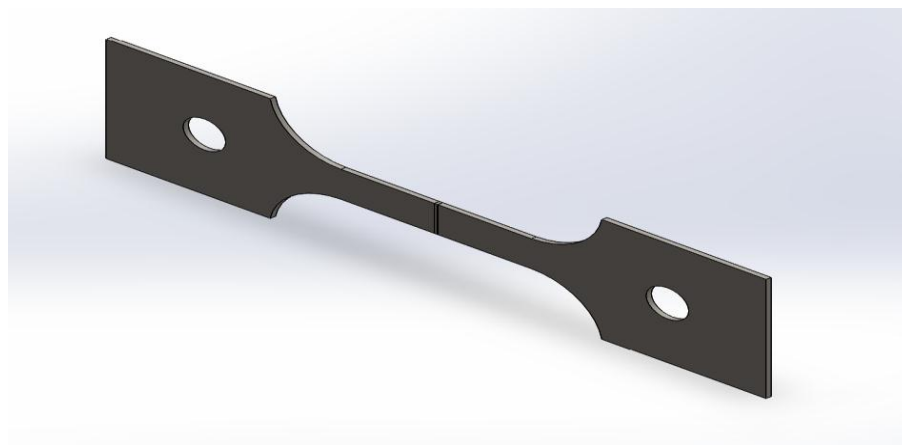
Gambar 3.22 Geometri dan Permodelan spesimen uji puntir ASTM-E 143



(a) Geometri baja ; spesimen pengujian kekuatan las ASTM-E8



(b) Permodelan baja ; spesimen yang di las



(c) Pemodelan baja ; spesimen pengujian kekuatan las

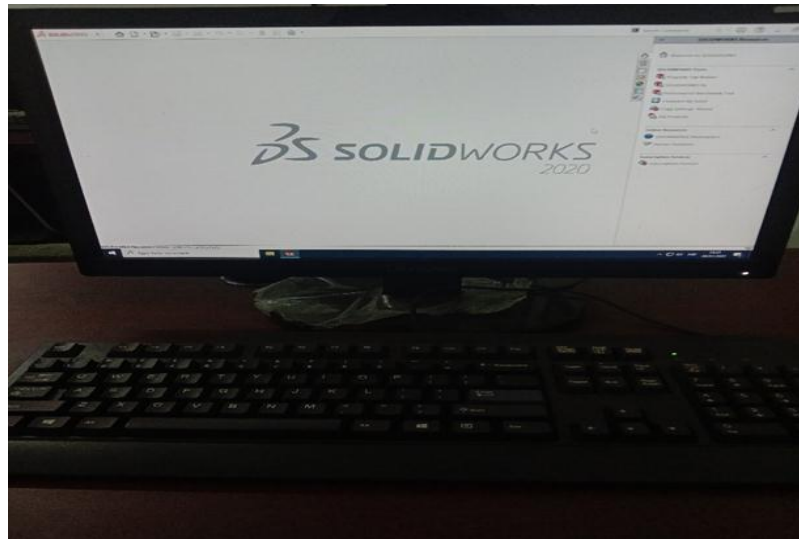
Gambar 3.23 Geometri dan Permodelan spesimen pengujian kekuatan las
ASTM-E8

3.4.3. Proses Simulasi Statik *Solidwork* dan Visualisasi Hasil

Sesudah selesai pemodelan geometri selanjutnya melakukan proses simulasi *static* menggunakan *software solidwork* yang selanjutnya akan diamati hasil proses simulasi.

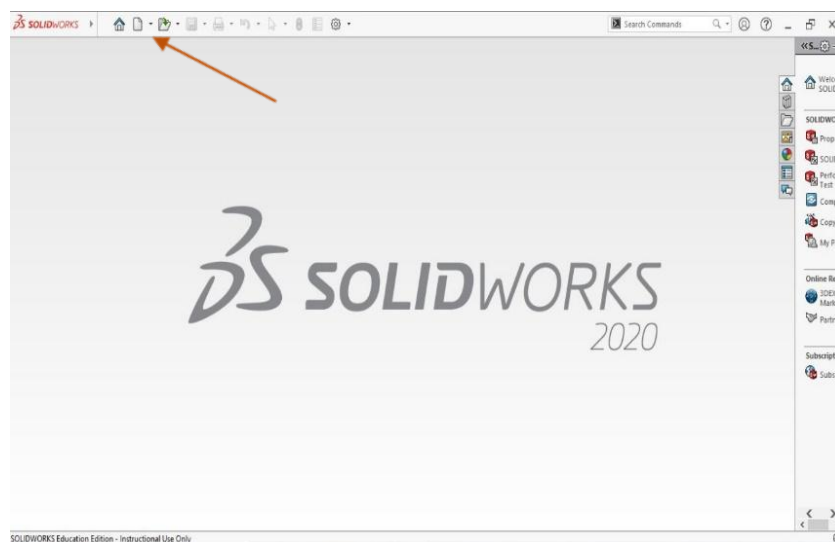
3.4.3.1. Langkah-Langkah Simulasi Geometri Puntir

a. Menyalahkan komputer dan memilih *software solidwork*



Gambar 3.24 Tampilan laptop

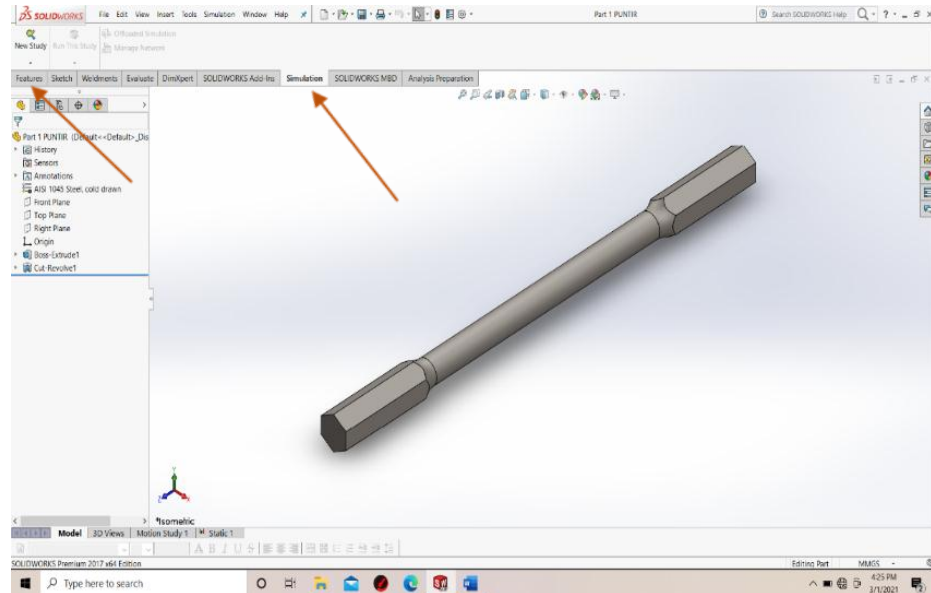
b. Memilih part geometri puntir yang sudah kita buat sebelumnya



Gambar 3.25 Memilih geometri uji puntir yang ingin di simulasi

c. memilih simulasi

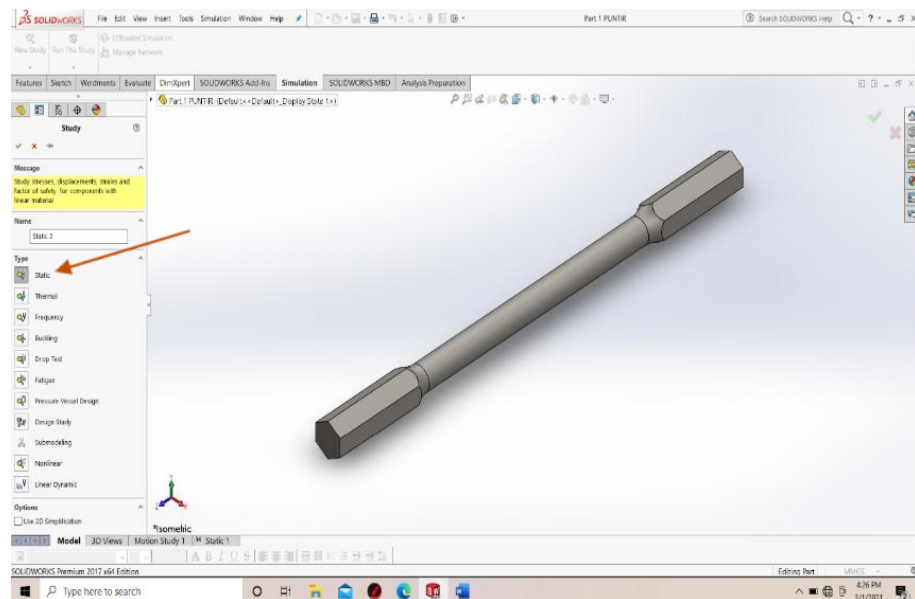
Bahwa simulasi yang di gunakan dalam analisa adalah puntir/*Torque*, maka langkah selanjutnya adalah klik kanan *simulation* kemudian klik kanan *new study* seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.26 Memilih simulasi

d. Menentukan analisis

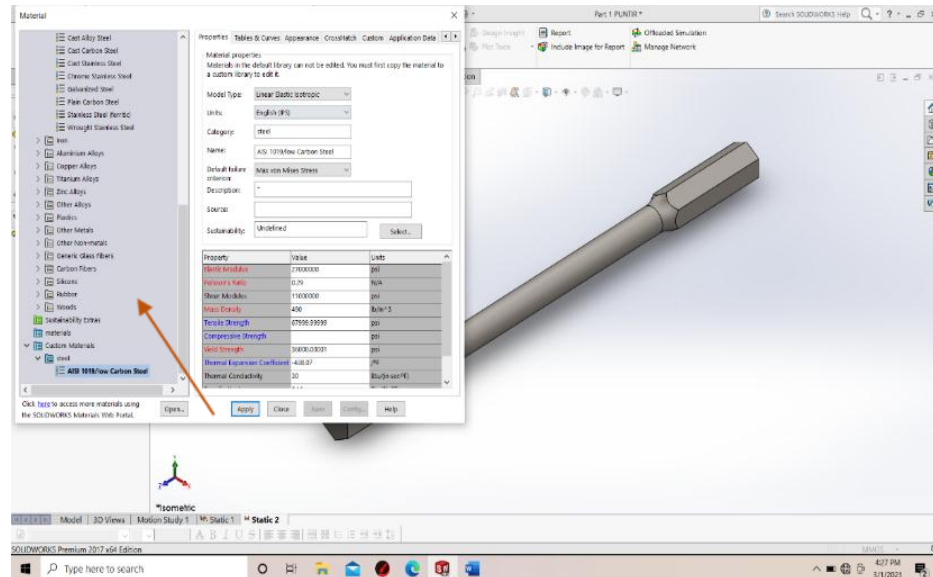
analisis yang di gunakan dalam simulasi uji puntir/*Torque* ini adalah dengan menggunakan *static*, seperti gambar di bawah ini



Gambar 3.27 Menentukan analisis puntir

e. Menentukan material

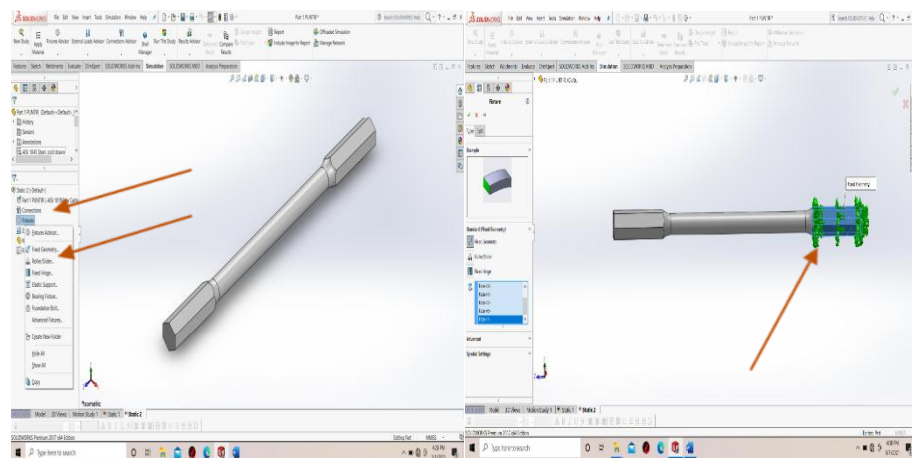
Fitur material adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, bertujuan untuk menentukan sebuah material yang akan di gunakan dalam pengujian tersebut, langkahnya adalah klik kanan pada *apply* material maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini .



Gambar 3.28 Menentukan material

f. Menahan geometri puntir

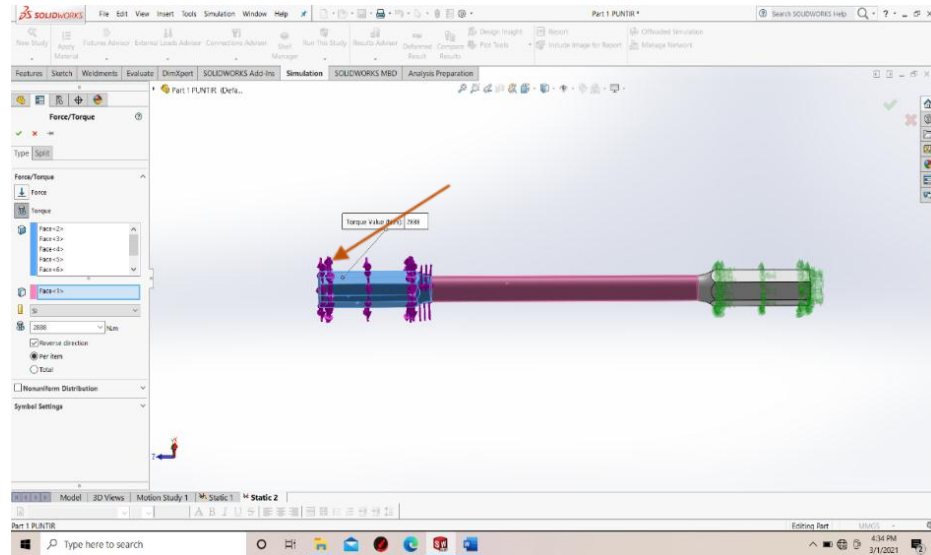
Fixtures advisor adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, langkahnya adalah klik kanan pada *Fixtures advisor* lalu pilih fixed geometry kemudian klik mana yang ingin di tahan maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 3.29 Menahan geometri puntir

g. *Torque* geometri puntir

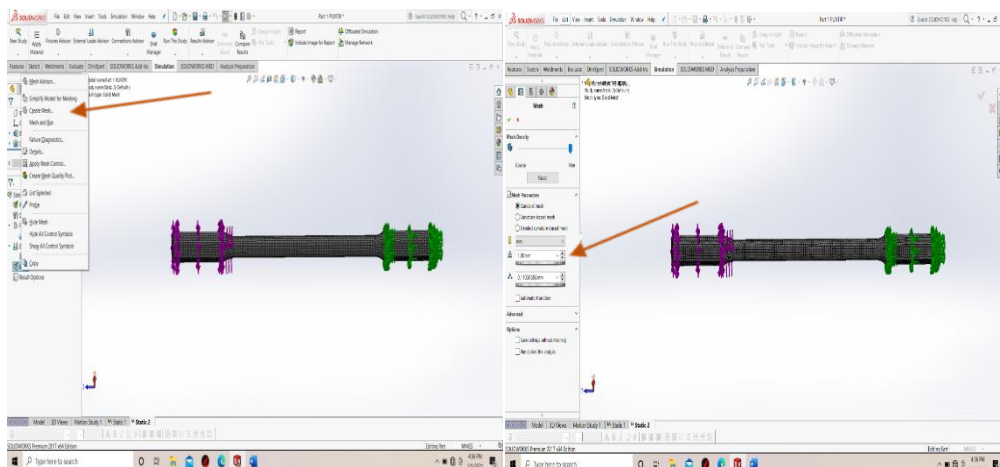
External loads advisor adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, langkahnya adalah klik kiri tanda panah pada *External loads advisor* lalu pilih *Torque* kemudian klik mana yang ingin di puntir maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 3.30 *Torque*

h. Penentuan *Mesh* geometri puntir

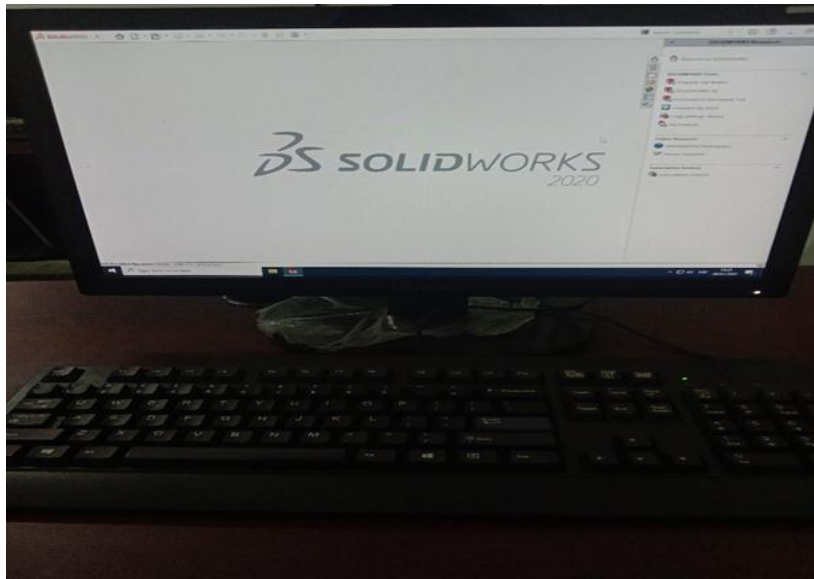
Mesh adalah fasilitas yang ada di *software solidwork* ini, langkahnya klik kanan kemudian lalu pilih *create Mesh* kemudian memvariasikan *Mesh* yang sudah di tentukan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.31 *Mesh*

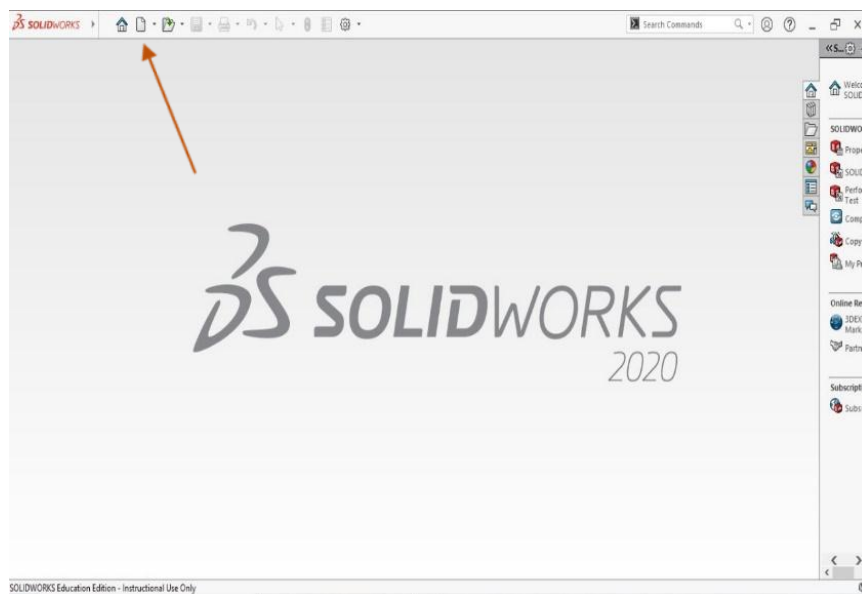
3.4.3.2. Hasil Langkah-langkah simulasi geometri tarik

a. Menyalakan komputer dan memilih *software solidwork*



Gambar 3.32 Tampilan laptop

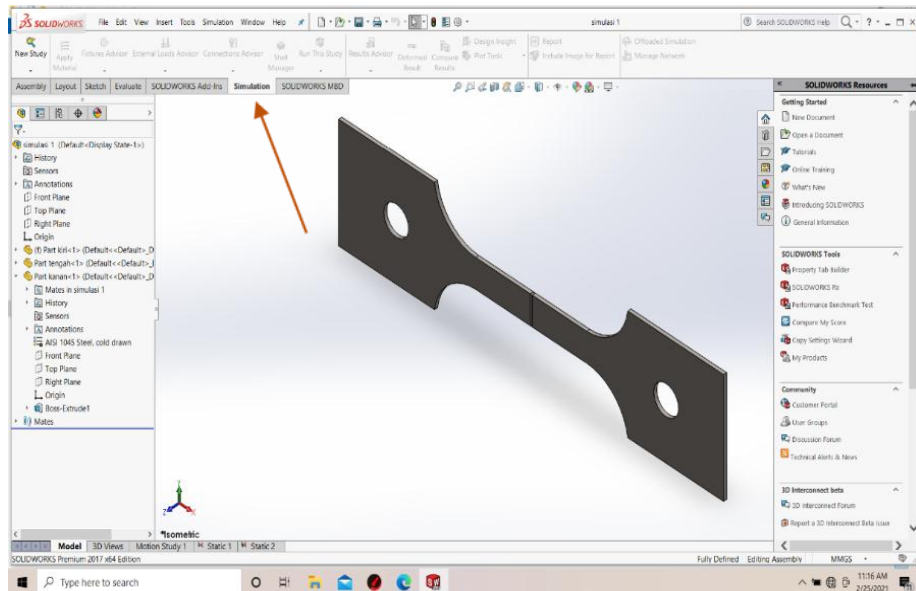
b. Memilih part geometri tarik yang sudah kita buat sebelumnya



Gambar 3.33 Memilih geometri tarik yang ingin di simulasi

c. Memilih simulasi

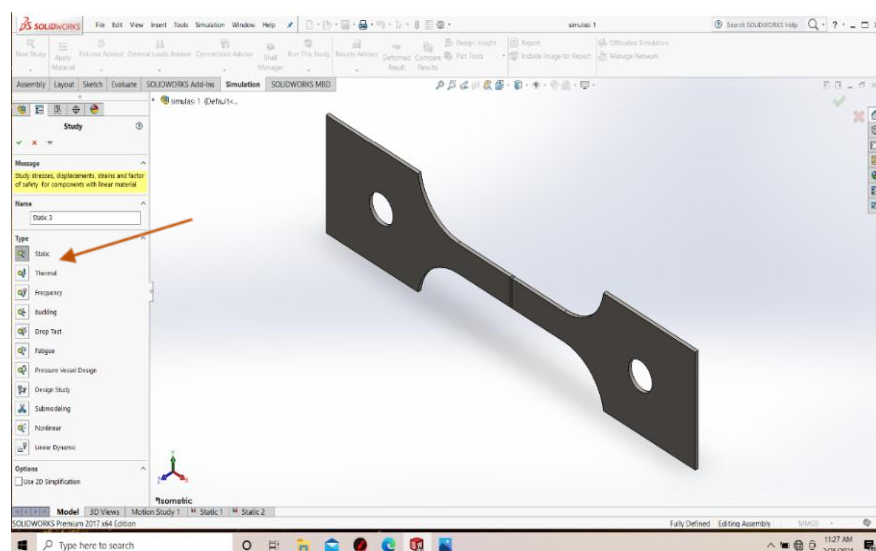
Bahwa simulasi yang di gunakan dalam analisa adalah Tarik/voce, maka langkah selanjutnya adalah memilih *simulation* seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.34 Memilih simulasi

d. Menentukan analisis Tarik

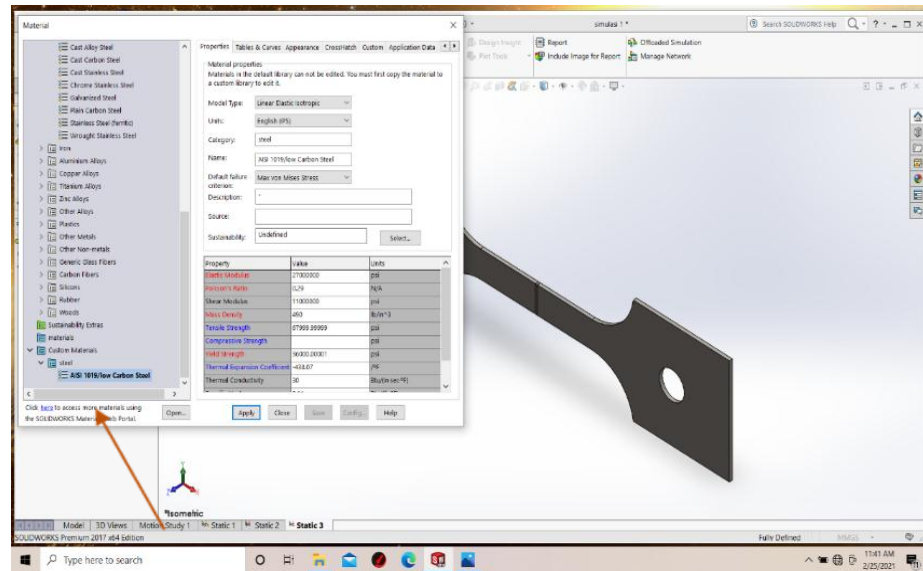
Seperti yang sudah di jelaskan pada rumusan masalah, bahwa simulasi yang di gunakan dalam simulasi Tarik ini adalah dengan menggunakan *static*, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.35 Menentukan analisis Tarik

e. Menentukan material

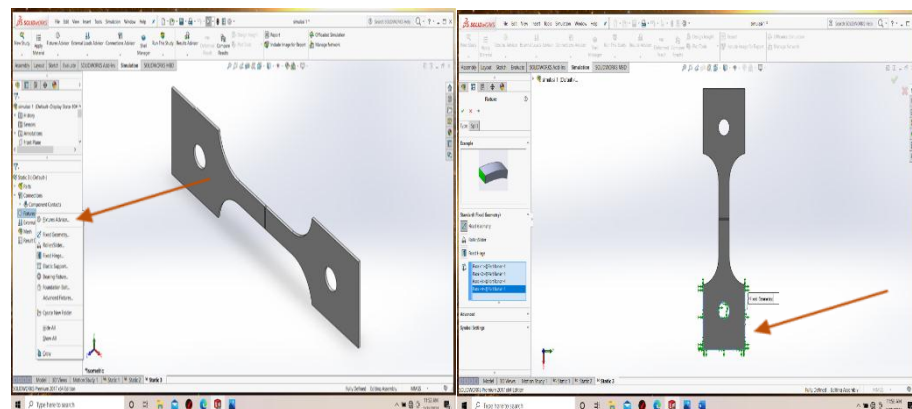
Fitur material adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, bertujuan untuk menentukan sebuah material yang akan di gunakan dalam simulasi tersebut, langkahnya adalah klik kanan pada *apply* material maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini .



Gambar 3.36 Menentukan material

f. Menahan geometri tarik

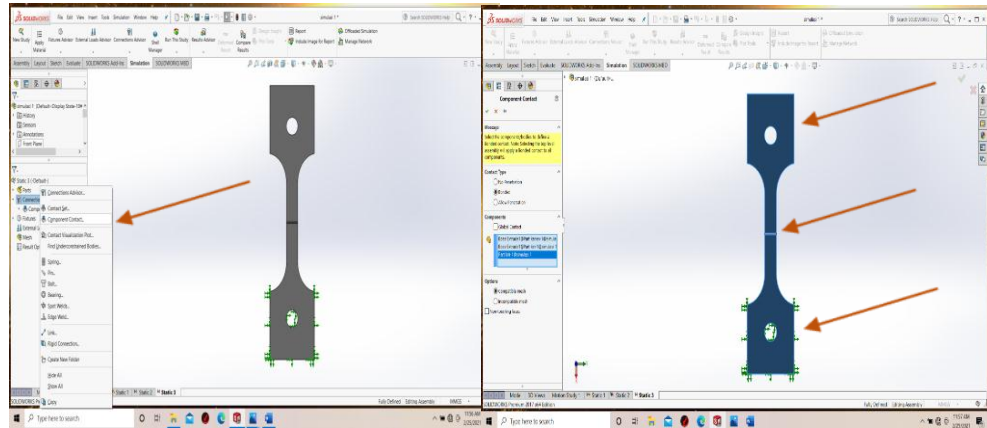
Fixtures advisor adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, langkahnya adalah klik kanan pada *Fixtures advisor* lalu pilih fixed geometry kemudian klik mana yang ingin di tahan maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 3.37 Menahan geometri tarik

g. *Connections advisor*

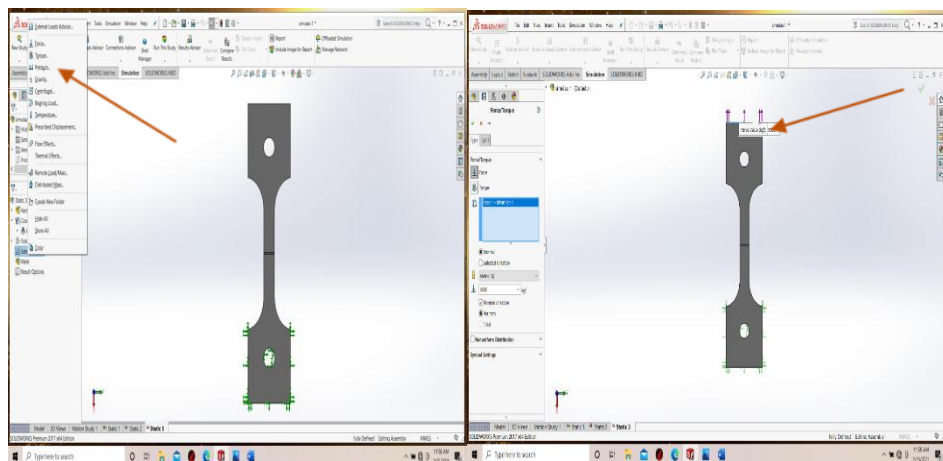
Connections advisor adalah fasilitas yang ada di *software solidwork* ini, langkahnya klik kiri kemudian lalu pilih *Component contact* kemudian klik yang ingin di tandai seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.38 *Component contact*

h. *Force geometri tarik*

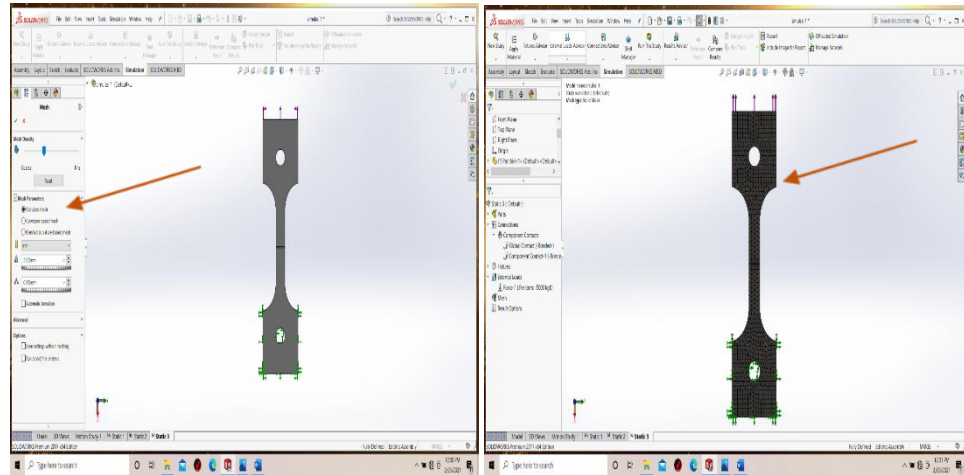
External loads advisor adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, langkahnya adalah klik kiri tanda panah pada *External loads advisor* lalu pilih *force* kemudian klik mana yang ingin di tarik maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 3.39 *Force geometri simulasi tarik*

i. Penentuan *Mesh* simulasi geometri tarik

Mesh adalah fasilitas yang ada di *software solidwork* ini, langkahnya klik kanan kemudian lalu pilih *crate mesh* kemudian memvariasikan mesh yang sudah di tentukan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.40 *Mesh*

3.4.4. Analisis dan Proses Penulisan

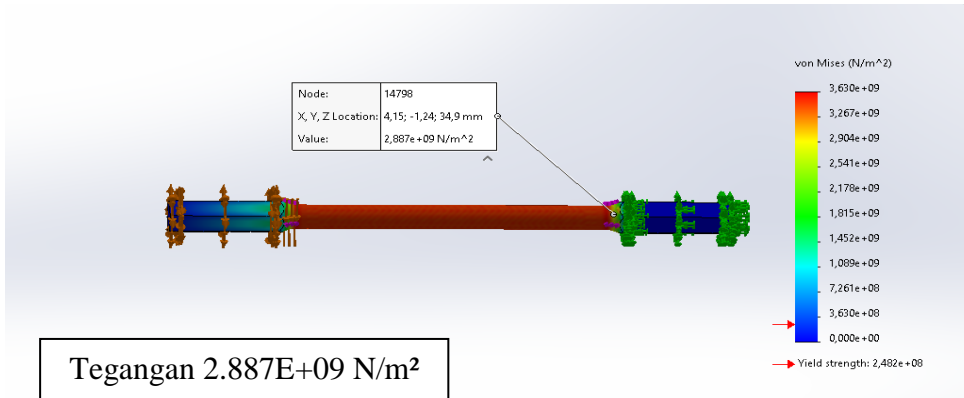
Setelah selesai melakukan prses simulasi static selanjutnya hasil simulasi akan dianalisis berdasarkan pengaruh *Mesh* terhadap distribusi tegangan puntir dan kekuatan tarik las.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

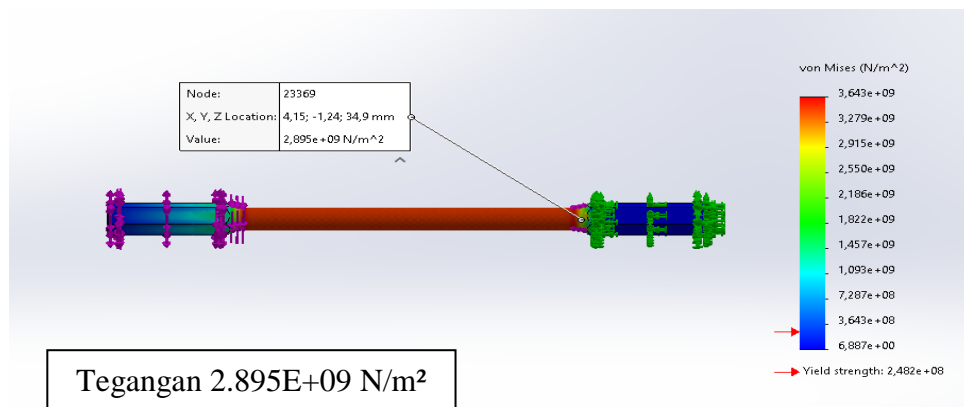
4.1. Hasil simulasi

4.1.1. Hasil simulasi geometri uji puntir

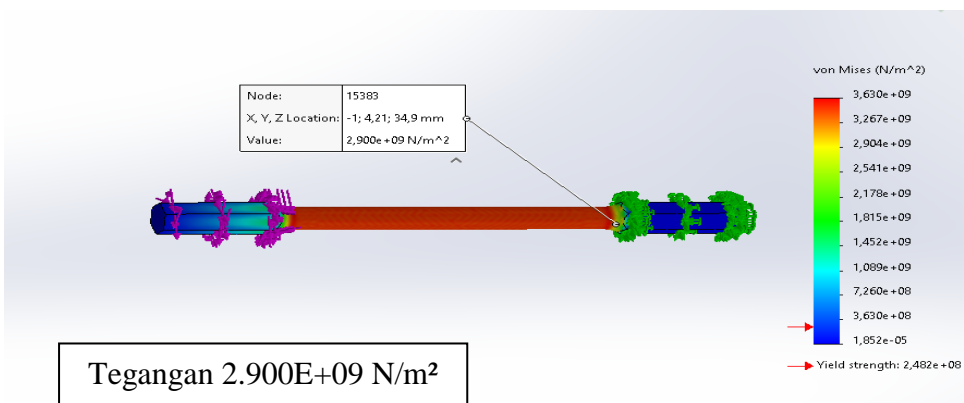
hasil simulasi tegangan geometri uji puntir pada *software solidwork* dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



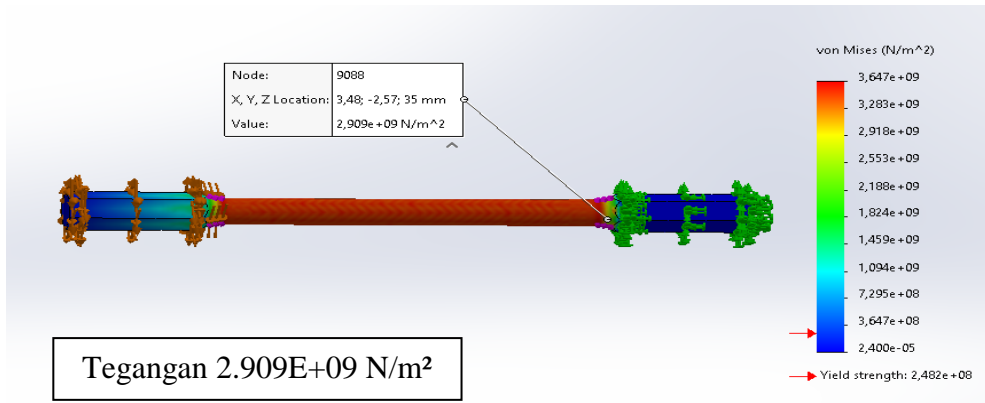
Gambar (a) Total elemen 13928



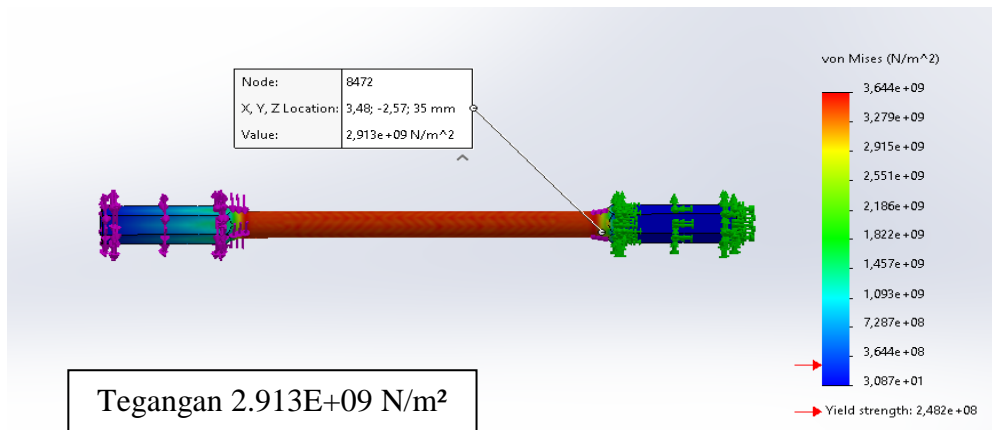
Gambar (b) Total elemen 21376



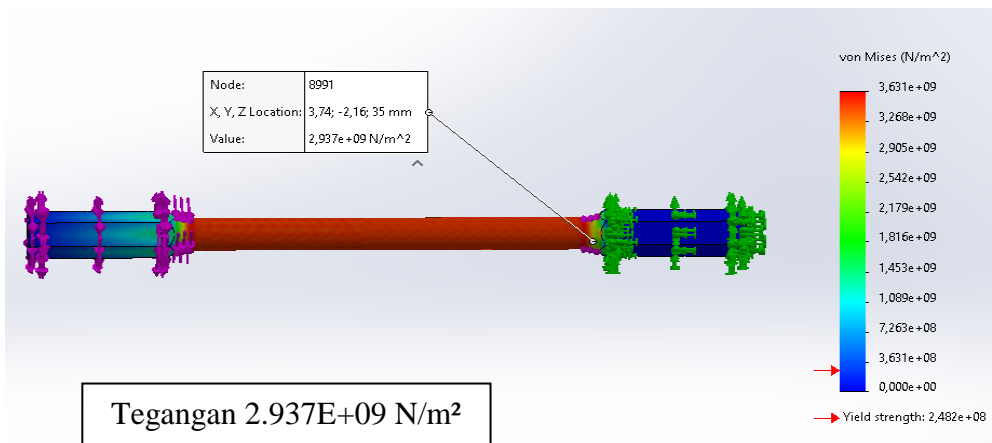
Gambar (c) Total elemen 11805



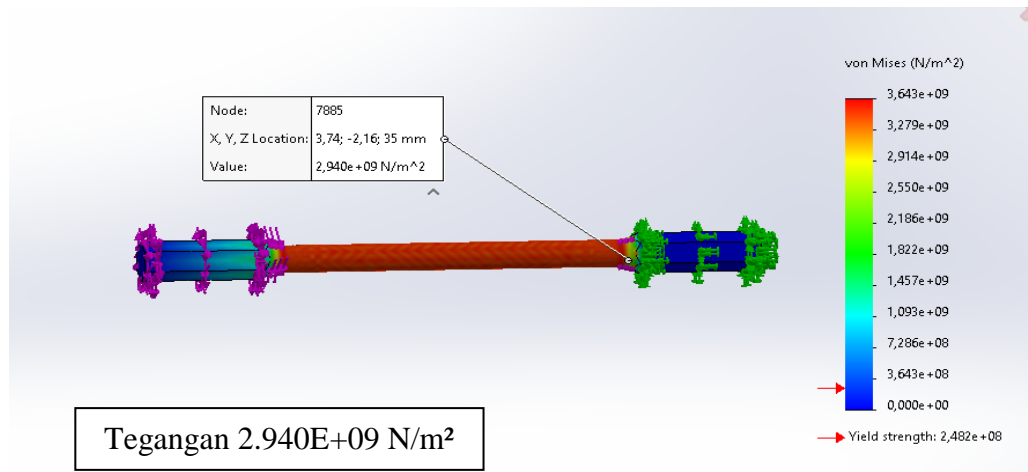
Gambar (d) Total elemen 8911



Gambar (e) Total elemen 8919



Gambar (f) Total elemen 7811



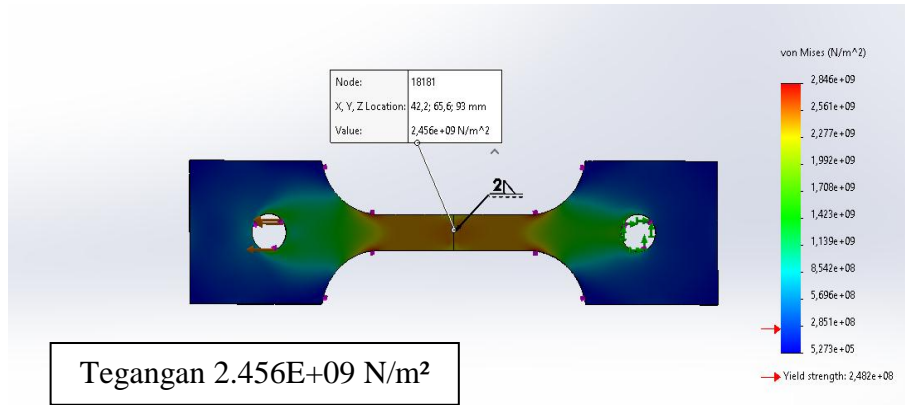
Gambar (g) Total elemen 8335

Gambar 4.1 Hasil simulasi tegangan geometri uji puntir pada total elemen a,b,c,d,e,f,g.

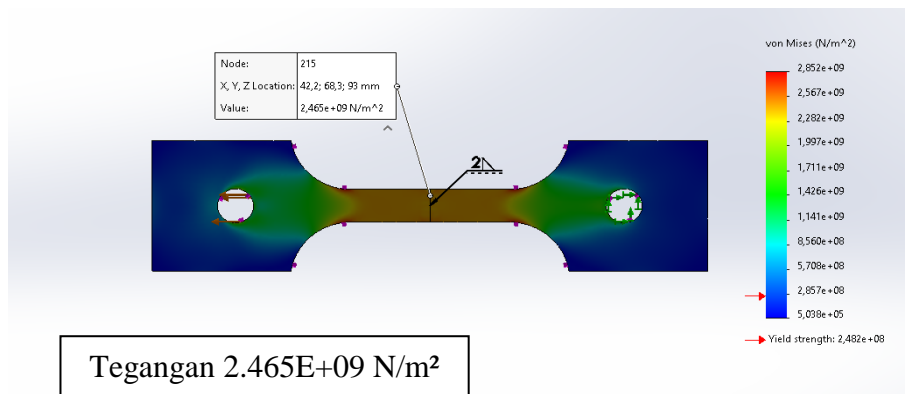
Hasil simulasi uji geometri puntir dapat dilihat pada gambar 4.1. Hasil simulasi pada total elemen 13928 geometri uji puntir memiliki nilai tegangan $2.887E+09 \text{ N/m}^2$, selanjutnya pada total elemen 21376 geometri uji puntir memiliki nilai tegangan $2.895E+09 \text{ N/m}^2$, kemudian untuk total elemen 11805 geometri uji puntir dengan nilai tegangan $2.900E+09 \text{ N/m}^2$, Total elemen 8911 geometri uji puntir mendapatkan nilai tegangan $2.909E+09 \text{ N/m}^2$, untuk total elemen 8919 memiliki nilai tegangan $2.913E+09 \text{ N/m}^2$, Selanjutnya total elemen 7811 memiliki nilai tegangan $2.937E+09 \text{ N/m}^2$, Dan untuk total elemen 8335 memiliki nilai tegangan $2.940E+09 \text{ N/m}^2$.

4.1.2. Hasil simulasi geometri uji tarik Las

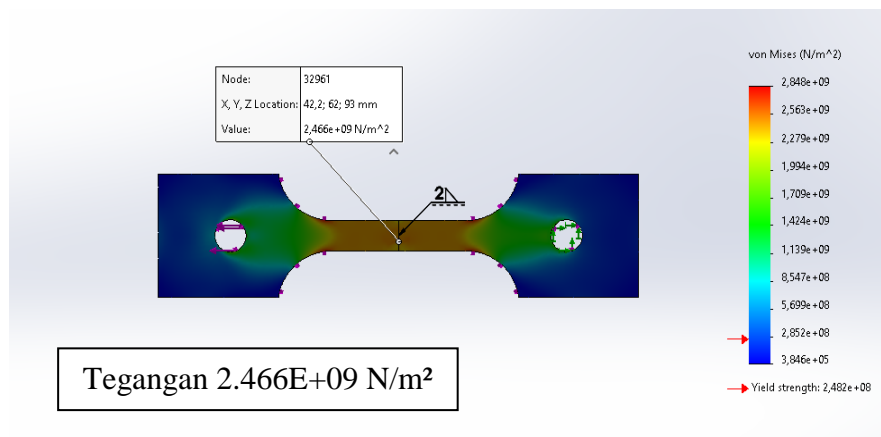
Hasil simulasi tegangan geometri tarik pada *software solidwork* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



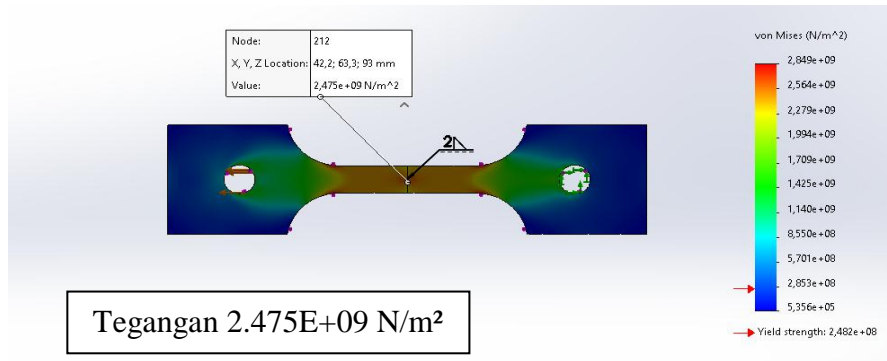
Gambar (a) Total elemen 20672



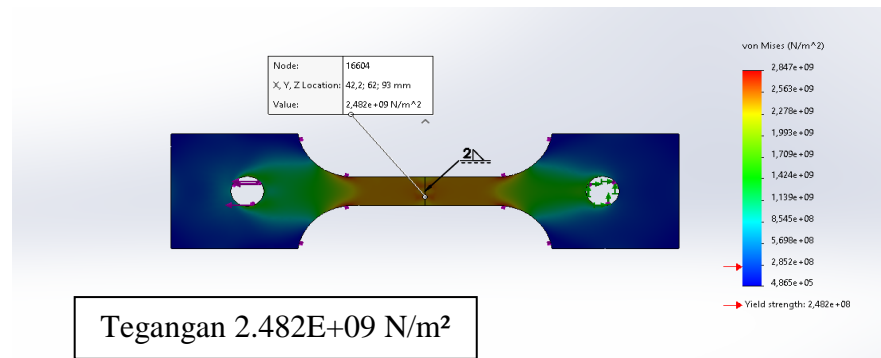
Gambar (b) Total elemen 19172



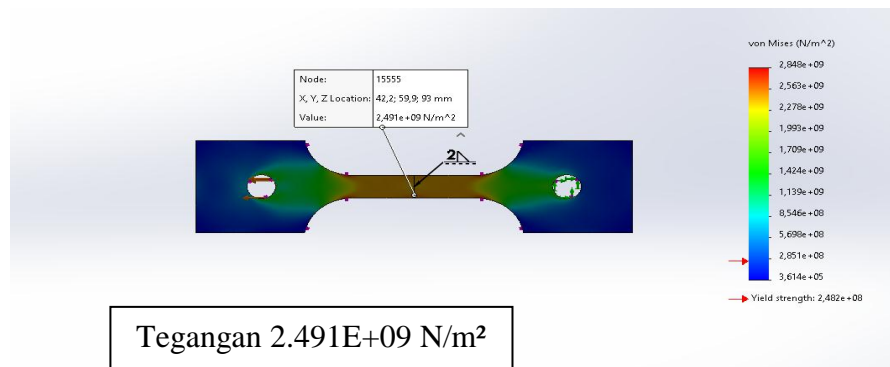
Gambar (c) Total elemen 18819



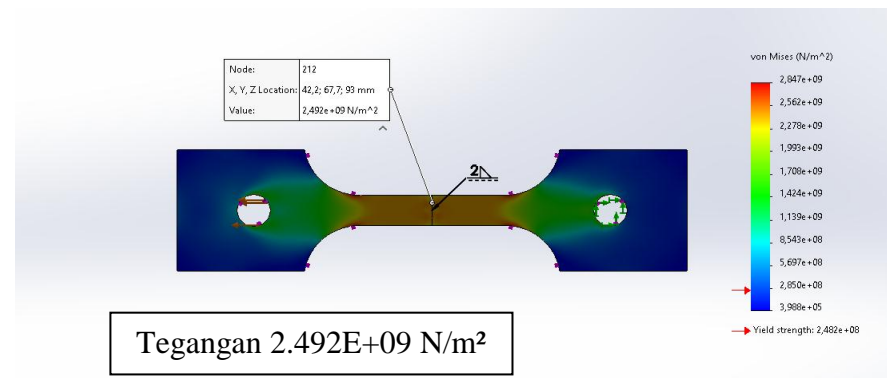
Gambar (d) Total elemen 18958



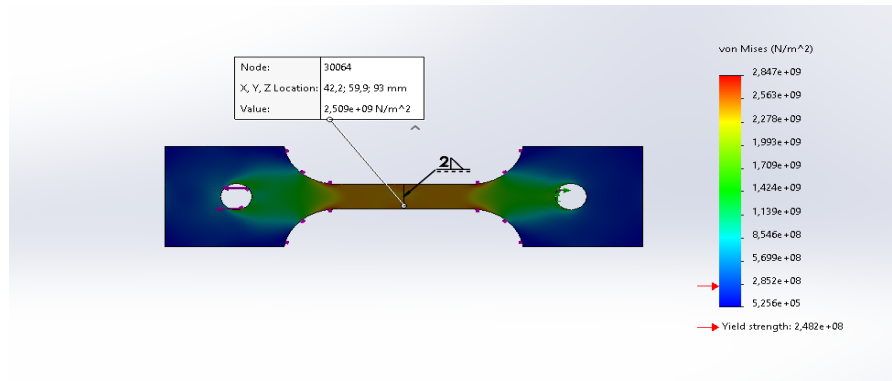
Gambar (e) Total elemen 18982



Gambar (f) Total elemen 17780



Gambar (g) Total elemen 18067



Gambar (h) Total elemen 16684

Gambar 4.2 Hasil simulasi tegangan geometri uji tarik Las pada total elemen a,b,c,d,e,f,g,h.

Hasil simulasi geometri uji tarik las dapat dilihat pada gambar 4.2. Hasil simulasi pada total elemen 20672 geometri uji tarik las memiliki nilai tegangan $2.456E+09$ N/m², selanjutnya pada total elemen 19172 geometri uji tarik las memiliki nilai tegangan $2.465E+09$ N/m², kemudian untuk total elemen 18819 geometri uji tarik las dengan nilai tegangan $2.466E+09$ N/m², total elemen 18958 geometri uji tarik las mendapatkan nilai tegangan $2.475E+09$ N/m², untuk total elemen 18982 geometri uji las memiliki nilai tegangan $2.482E+09$ N/m², selanjutnya pada total elemen 17780 geometri uji tarik las memiliki nilai tegangan $2.491E+09$ N/m², total elemen 18067 geometri uji tarik las memiliki nilai tegangan $2.492E+09$ N/m², dan total elemen 16684 geometri uji tarik las memiliki nilai tegangan $2.509 E+09$ N/m²

4.2 Pembahasan

4.2.1 Validasi Geometri Uji Puntir

Dik :

$$T = 2864 \text{ N.m}$$

$$r = 4 \text{ mm}$$

$$L = 100 \text{ mm}$$

$$\theta = 58^\circ$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

1. Nilai Radian (Sudut Puntir pada saat patah)

$$Rad = \frac{\theta}{180} \cdot \pi$$

$$Rad = \frac{58}{180} \cdot 3,14 = 1,0117 \text{ rad}$$

2. Nilai Inersia Polar

$$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$

$$I_p = \frac{3,14 \cdot 8^4}{32} = 401,92 \text{ mm}^2$$

3. Nilai Regangan Geser

$$\gamma = \frac{\theta \cdot r}{L}$$

$$\gamma = \frac{58 \cdot 4}{100} = 2,32$$

4. Nilai Tegangan Geser

$$\tau = \frac{T \cdot r}{I_p}$$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{2864 \cdot 4}{0,040192} = 285031,84713 \text{ N / cm}^2 \\ &= 2850318471,3 \text{ N / m}^2 \rightarrow 2,850 \times 10^9 \end{aligned}$$

5. Modulus gelincir

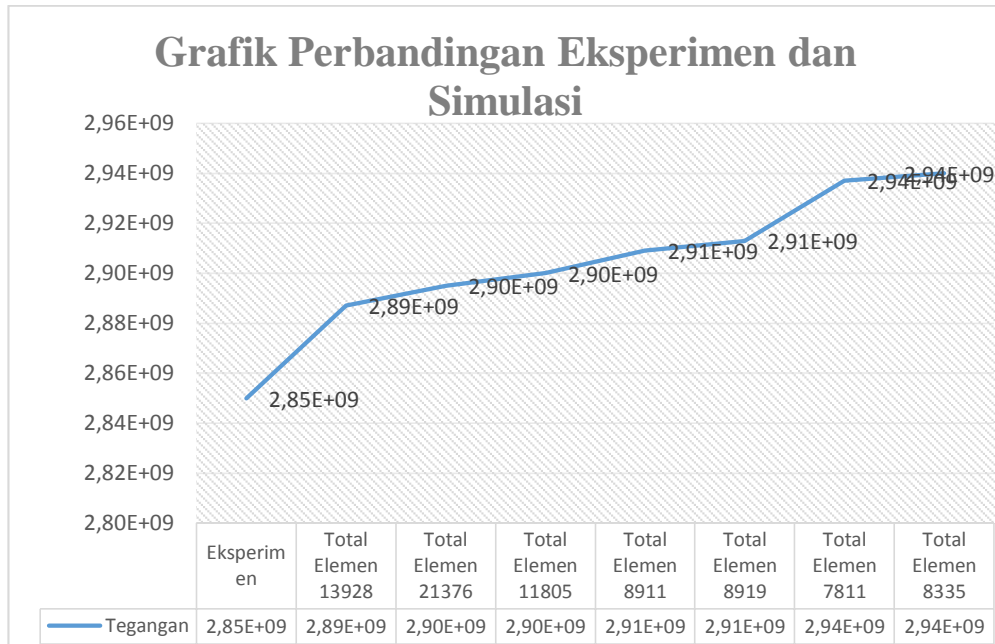
$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad G = \frac{629,28}{3,536} = 177,96 \text{ N/mm}^2$$

Berikut ini nilai tegangan pada simulasi geometri puntir dan nilai hasil eksperimen Las dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil simulasi geometri Puntir dan Experimen Puntir

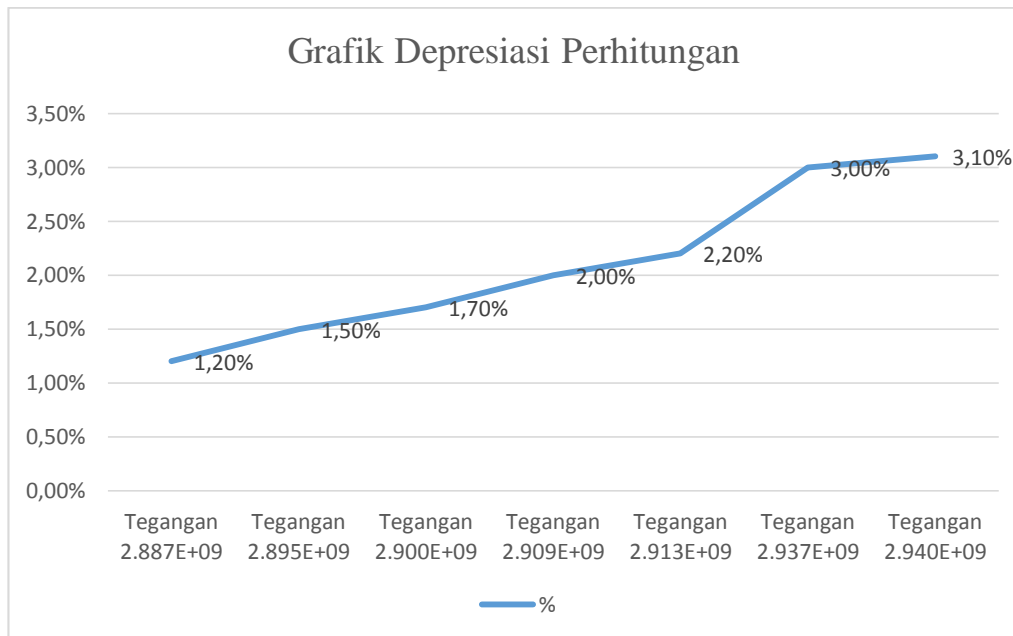
No	Total	Total	Nilai <i>stress</i>	Nilai <i>stress</i>	Depresiasi
	Nodes	Elemen	Pada Simulasi	Pada	
	Geometri	Geometri	Puntir	Eksperimen	Perhitungan
	Puntir	Puntir	(N/m ²)	Puntir	
				(N/m ²)	
1	21806	13928	2.887E+09	2,850E+09	1.2%
2	32882	21376	2.895E+09	-	1.5%
3	18730	11805	2.900E+09	-	1.7%
4	14353	8911	2.909E+09	-	2.0%
5	14325	8919	2.913E+09	-	2.2%
6	12561	7811	2.937E+09	-	3.0%
7	13453	8335	2.940E+09	-	3.1%

Berikut hasil simulasi dan hasil eksperimen yang dilakukan mendapatkan sebuah perbandingan tegangan simulasi dan juga tegangan eksperimen.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan tegangan simulasi dan eksperimen Puntir

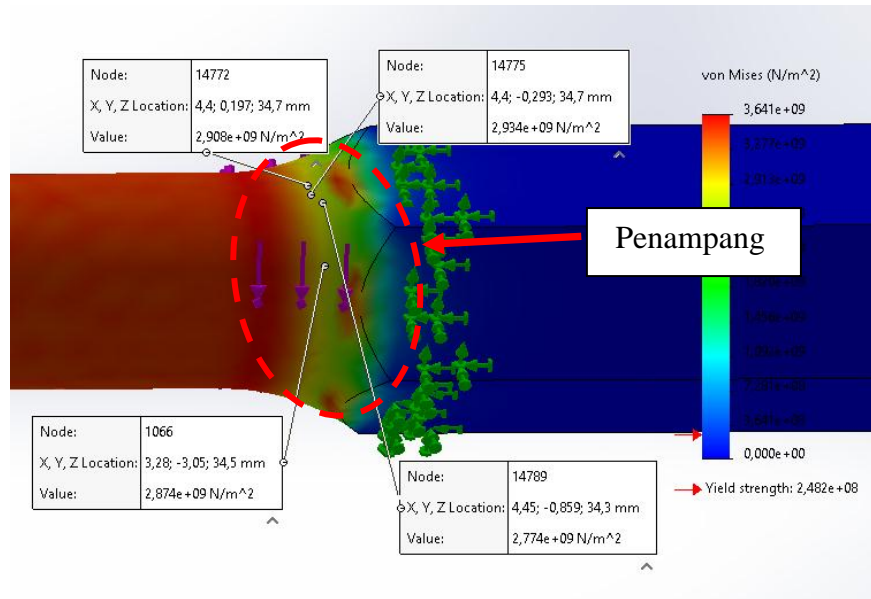
Berdasarkan hasil eksperimen dan hasil simulasi maka di dapat depresiasi perhitungan yang di buat dalam bentuk grafik agar lebih mudah untuk melihat depresiasi perhitungan.



Gambar 4.4 Grafik depresiasi perhitungan Puntir

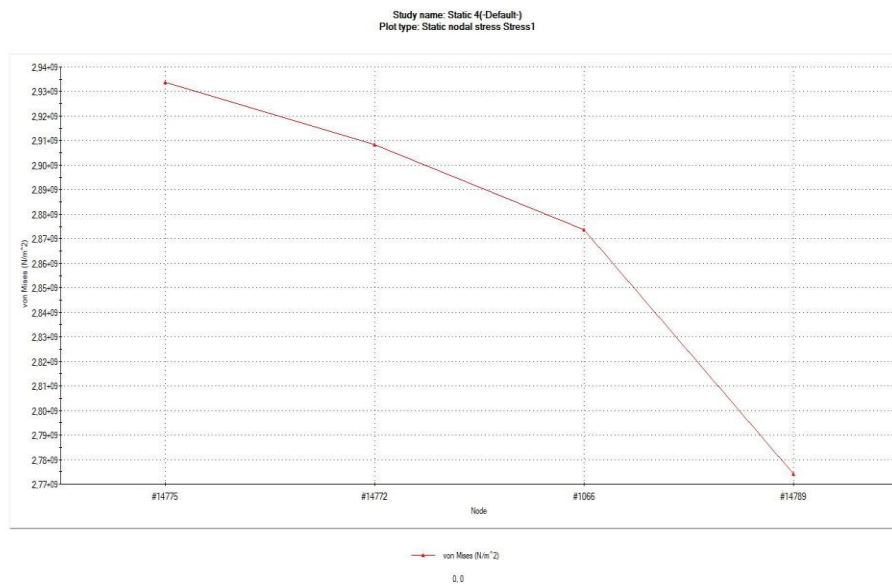
4.2.2 Konsentrasi Tegangan geometri uji puntir

Berdasarkan hasil simulasi pada daerah radius di berikan konsentrasi tegangan untuk mengetahui besar tegangan yang berada pada bagian radius.



Gambar 4.5 Konsentrasi tegangan geometri uji puntir

Berdasarkan grafik konsentrasi dibawah ini dapat diketahui daerah radius tegangannya lebih rendah.



Gambar 4.6 Grafik tegangan geometri uji puntir

4.2.3 Validasi geometri uji tarik las

Dik : $L_0 = 200 \text{ mm}$

$L_i = 211,394 \text{ mm}$

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

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

Regangan:

$$\varepsilon = \frac{211,394 - 200}{200} = 0,509$$

Tegangan:

$$\sigma = \frac{211,394 - 200}{211,394 - 200} = 2,451 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

Modulus elastis:

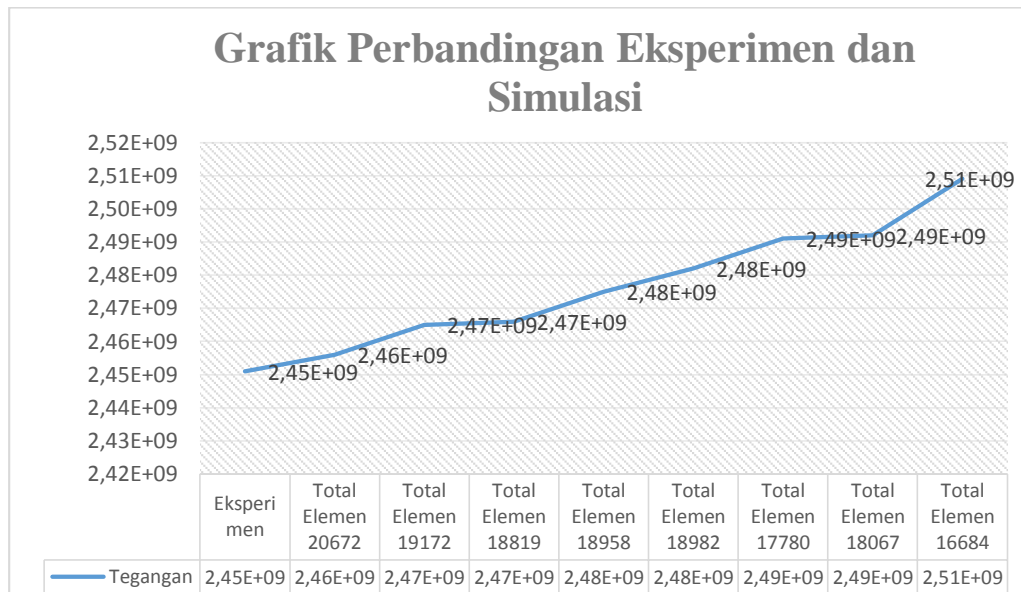
$$E = \frac{2,451 \times 10^9}{0,5097} = 4,808 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

Berikut ini nilai tegangan pada simulasi geometri uji tarik Las setelah di variasikan dengan *Mesh* dan nilai hasil eksperimen Las dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil simulasi geometri uji tarik Las dan Experimen uji tarik Las

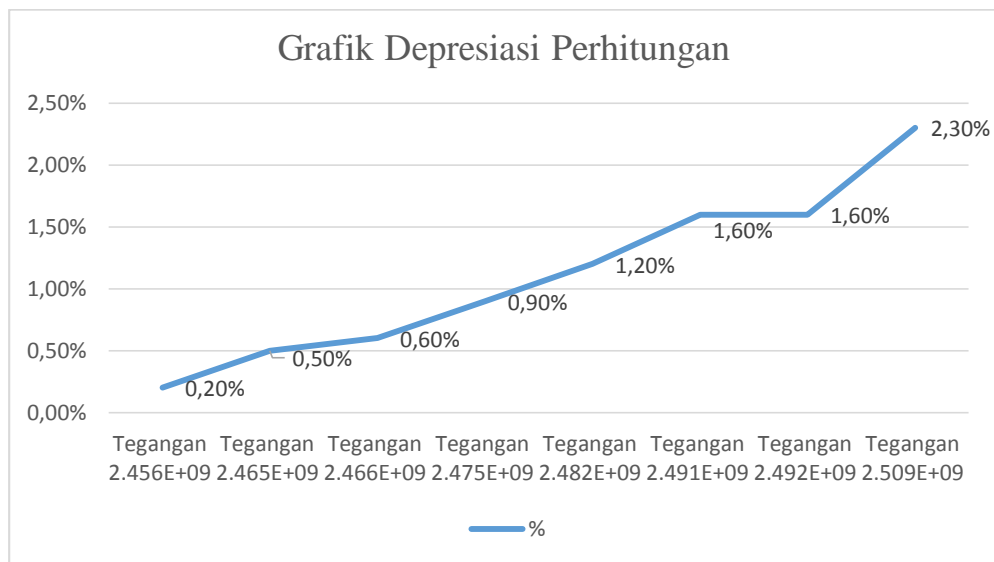
No	Total	Total	Nilai <i>stress</i> Pada Simulasi Las (N/m ²)	Nilai <i>stress</i> Pada Eksperimen Las (N/m ²)	
	Nodes Geometri Las	Elemen Geometri Las			Depresiasi Perhitungan
1	38896	20672	2.456E+09	2,451E+09	0.2%
2	35941	19172	2.465E+09	-	0.5%
3	35281	18819	2.466E+09	-	0.6%
4	35754	18958	2.475E+09	-	0.9%
5	35574	18982	2.482E+09	-	1.2%
6	33283	17780	2.491E+09	-	1.6%
7	33795	18067	2.492E+09	-	1.6%
8	31163	16684	2.509E+09	-	2.3%

Berikut hasil simulasi dan hasil eksperimen yang dilakukan mendapatkan sebuah perbandingan tegangan simulasi dan juga tegangan eksperimen.



Gambar 4.7 Grafik perbandingan tegangan simulasi dan eksperimen Las

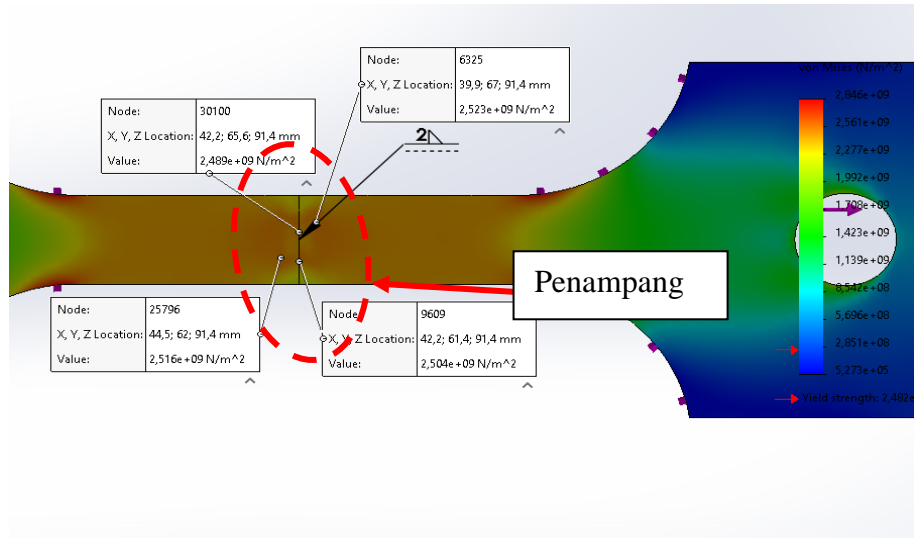
Bedasarkan hasil eksperimen dan hasil simulasi maka di dapat depresiasi perhitungan yang di buat dalam bentuk grafik agar lebih mudah untuk melihat depresiasi perhitungan.



Gambar 4.8 Grafik depresiasi perhitungan Las

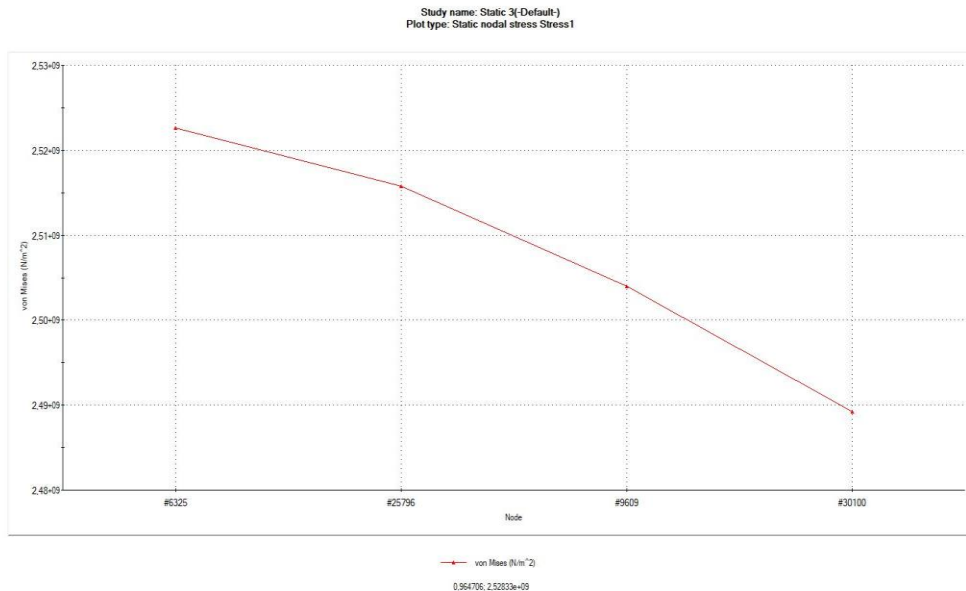
4.2.4 Konsentrasi Tegangan geometri uji tarik las

Berdasarkan hasil simulasi pada daerah yang dilakukan pengelasan, di berikan titik konsentrasi untuk mengetahui besar tegangan yang ada pada bagian pengelasan. Pada gambar di bawah ini ada 4 titik yang di klik pada daerah pengelasan.



Gambar4.9 Konsentrasi tegangan geometri uji tarik las

Berdasarkan grafik konsentrasi dibawah ini dapat diketahui daerah pengelasan tegangannya lebih rendah dari pada yang tidak di las



Gambar 4.10 Grafik konsentrasi tegangan geometri uji tarik las

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini, simulasi geometri uji puntir dan geometri uji Tarik menggunakan *software solidwork* telah berhasil memvariasi dengan *Mesh*. yang digunakan untuk mengetahui hasil nilai tegangan pada geometri uji puntir dan geometri uji tarik kekuatan las. Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan pengujian oleh fikri ardianto dengan menggunakan mesin *tensille test* dengan spesimen baja karbon rendah memiliki hasil eksperimen dengan tegangan $2,451E+09$ N/m², hasil simulasi yang dilakukan menggunakan software solidwork dengan total elemen 20672 memiliki nilai tegangan $2.456E+09$ N/m², Setelah diamati maka hasil eksperimen dan simulasi adalah 0.2%, Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan pengujian oleh Rais Syahbanadi Harahap dengan menggunakan mesin *torsion test* dengan spesimen baja karbon rendah memiliki hasil eksperimen dengan tegangan $2,850E+09$ N/m², hasil simulasi yang dilakukan menggunakan software solidwork dengan total elemen 13928 memiliki nilai tegangan $2.887E+09$ N/m², Setelah diamati maka hasil eksperimen dan simulasi adalah 1.2%, maka *Mesh* sangat berpengaruh untuk mendapatkan hasil nilai tegangan puntir dan kekuatan las.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan ialah di harapkan penelitian simulasi menggunakan *software solidwork* ini di lanjutkan oleh mahasiswa setelah saya, dengan menggunakan ASTM atau variasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. Z., Adji, S. W., & Arief, I. S. (2012). Analisa Performance Propeller B-Series dengan Pendekatan Structure dan Unstructure Meshing. *Teknik ITS*, 1(1).
- Akbar, T., & Santosa, B. (2012). Analisa Pengaruh dari Welding Sequence Terhadap Tegangan Sisa dan Deformasi Pada Circular Patch Weld Double Bevel Butt-Joint Plat ASTM A36 Menggunakan Metode Element Hingga. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1).
- Akin, J. E. (2010). Finite element analysis concepts: Via solidworks. In *Finite Element Analysis Concepts: Via Solidworks*. <https://doi.org/10.1142/7785>
- Anggraini, R. (2016). *Analisis frekuensi optimum pengjian hirizontal fatigue pada berbagai rangka sepeda tipe trekking dengan metode elemen hingga*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Budiana, E. P. (2009). Pengembangan pengembangan program pembangkitan mesh triangulasi adaptif sebagai domain masukan persoalan teknik mesin umum. *Mekanika*, 8(September), 118–125.
- Caniago, Z., & Bengkulu, U. (2015). *Metoda volume hingga dengan jala tak-terstruktur untuk mensimulasikan SNF2015-VI-11 SNF2015-VI-12. IV*, 11–16.
- Gunawan, Y. (2017). Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi. *Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 2(1), 1–12.

- Hery sunaryo. (2008). Teknik pengelasan kapal. In *of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Jatmiko, S., & Jokosisworo, S. (n.d.). *Analisa kekuatan puntir dan kekuatan lentur putar poros baja ST 60 sebagai aplikasi perancangan bahan poros baling-baling kapal.*
- Prasetyo, A. B. (2019). Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Analisis Numerik Perpindahan Panas Pada Saluran Pendingin Plastik Injeksi Molding Menggunakan Polyhedral Mesh. *Teknologi Manufaktur*, 11(02).
- Sam, A., & Nugraha, C. (2015). Kekuatan tarik dan bending sambungan las pada maetrial baja SM 490 dengan metode pengelasan SMAW dan SAW. *Jurnal Mekanika*, 6(1), 550–555.
- Tyagita, D. A., Irawan, Y. S., & Suprpto, W. (2014). Kekuatan Puntir dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek AlMg-Si dengan Variasi Chamfer dan Gaya Tekan Akhir. *Rekayasa Mesin*, 5(1), 69–74.
- Umurani, K., & Amri, T. (2018). Desain dan simulasi suspensi sepeda motor dengan solidwork 2012. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 1(1), 131–139. doi:<https://doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2435>

LAMPIRAN


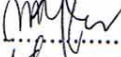
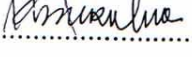
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**







Peserta seminar

Nama : Andre Irfandi

NPM : 1607230086

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Mesin Terhadap Distribusi Tegangan Puntir Dan Kekuatan Las.

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230086	ANDRE IRFANDI	
2	1607230074	M. Ikhsan Himawan	
3	1607230087	FIKRI ARDIANTO	
4	1607230159	Rais Syahbanadi Herahap	
5	1607230169	LUDFY AMRU	
6	1607230094	AHMAD SOFYAN	
7			
8			
9			
10			

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

Ketua Prodi. T. Mesin



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Andre Irfandi
NPM : 1607230086
Judul T.Akhir : Pengaruh Mesin Terhadap Distribusi Tegangan Puntir Dan kekuatan Las.

Dosen Pembimbing – I : Affandi.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - 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 :

*Situasi lokat pada bagian draft skripsi
gintali revesi*

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

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

Medan 10 Sya'ban 1442H
24 Maret 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- I

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

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Andre Irfandi
NPM : 1607230086
Judul T.Akhir : Pengaruh Mesin Terhadap Distribusi Tegangan Puntir Dan kekuatan Las.

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

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

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 10 Sya'ban 1442H
24 Maret 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Dosen Pembanding- II

Khairul Umurani

Khairul Umurani.S.T.M.T



UMSU
Jagai | Gerak | Berprestasi
Jawab surat ini agar disebutkan
tan tanggalnya

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

Jalan Kapten Mochtar 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 : 72/III.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 : ANDRE IRFANDI
Npm : 1607230086
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : IX (SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH MESH TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN PUNTIR DAN KEKUATAN LAS
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

13 Januari 2021 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202





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) 6625971/08137000227



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

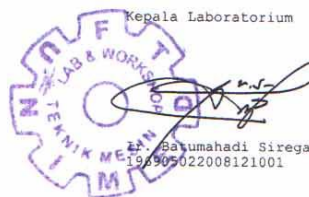
	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	96.1	0.190	0.0452	1.24	0.0133	0.0120	0.0459	0.0474
2	96.2	0.199	0.0425	1.16	0.0140	0.0154	0.0461	0.0641
3	97.1	0.178	0.0506	1.14	0.0292	0.0125	0.0426	0.0428
Ave	96.5	0.189	0.0461	1.18	0.0188	0.0133	0.0449	0.0514

	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

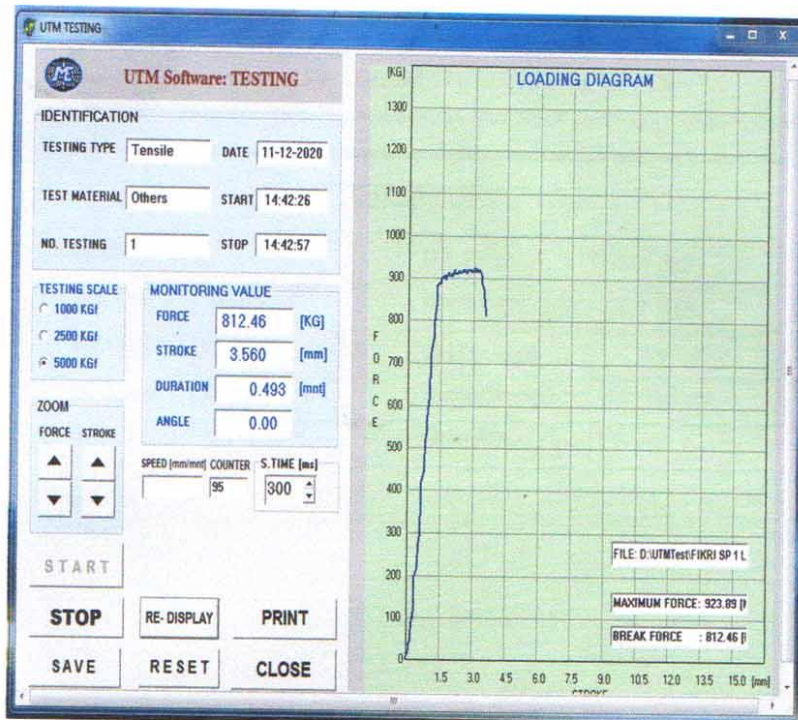
Date 13/10/2020
 Tester
 Enginner Mhd. Agus Salim, S.T.
 University State University of Medan
 Foundry Master Grade 1.0421 St52.0S

Kepala Laboratorium



P. Bahumahadi Siregar, MT
 184905022008121001

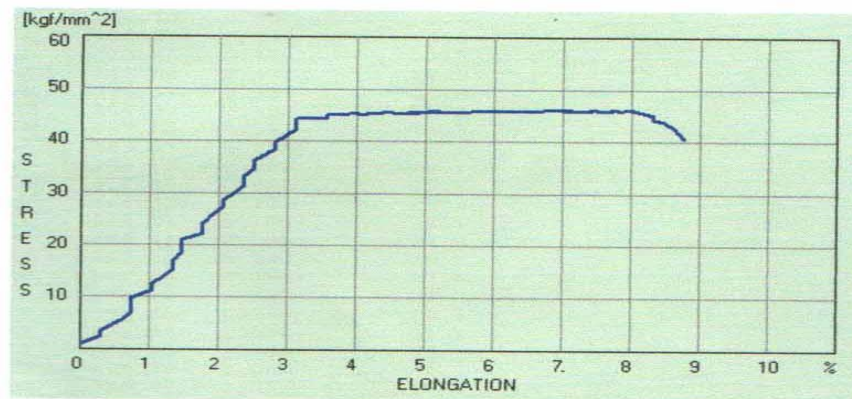
Pengujian Eksperimen





TEST REPORT

Test No. :	1	Max. Force :	918.59 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	812.46 (kgf)
Date Test :	11-12-2020 ; 14:42:26	Yield Strength :	0.25 (kgf/mm ²)
Specimens :	Others	Tensile Strength :	45.93 (kgf/mm ²)
Area :	20.00 (mm ²)	Elongation :	8.77 (%)



NAMA FILE : D:\UTMTest\FIKRI SP 1 LAS.PRN
 NO. dan JENIS UJI : 1, SHEARING
 TANGGAL dan WAKTU : 11-12-2020 14:42:26
 MATERIAL : Others
 PANJANG [mm] : 57
 LEBAR [mm] : 12.5
 TEBAL [mm] : 1.6

HASIL PERHITUNGAN DATA SEBELUM DI UPDATE

NO.	DATA PENGUJIAN		HASIL PERHITUNGAN
	FORCE[kGf]	STROKE[mm]	STRESS[kGf/mm ²]
1	0.00	0.000	0.0
2	7.21	0.000	0.4
3	19.15	0.059	1.0
4	36.39	0.118	1.8
5	48.33	0.177	2.4
6	69.56	0.177	3.5
7	89.46	0.237	4.5
8	112.01	0.296	5.6
9	141.20	0.355	7.1
10	167.73	0.355	8.4
11	196.91	0.355	9.8
12	223.45	0.474	11.2
13	249.98	0.474	12.5
14	276.51	0.533	13.8
15	304.37	0.593	15.2
16	337.53	0.593	16.9
17	369.37	0.652	18.5
18	402.54	0.652	20.1
19	418.46	0.652	20.9
20	446.32	0.771	22.3
21	442.34	0.771	22.1
22	486.11	0.771	24.3
23	520.61	0.830	26.0
24	548.46	0.890	27.4
25	576.32	0.890	28.8
26	597.55	0.949	29.9
27	628.06	1.008	31.4
28	662.55	1.008	33.1
29	694.39	1.068	34.7
30	724.90	1.068	36.2
31	744.80	1.127	37.2
32	768.68	1.186	38.4
33	796.54	1.186	39.8
34	817.77	1.246	40.9
35	846.95	1.305	42.3
36	865.52	1.305	43.3
37	882.77	1.305	44.1
38	885.42	1.364	44.3
39	889.40	1.483	44.5
40	900.02	1.483	45.0
41	900.02	1.483	45.0
42	902.67	1.602	45.1
43	905.32	1.602	45.3

44	904.00	1.661	45.2
45	898.69	1.720	44.9
46	900.02	1.661	45.0
47	907.98	1.780	45.4
48	905.32	1.780	45.3
49	913.28	1.839	45.7
50	905.32	1.898	45.3
51	904.00	1.958	45.2
52	907.98	2.017	45.4
53	907.98	1.958	45.4
54	909.30	2.017	45.5
55	919.92	2.136	46.0
56	914.61	2.077	45.7
57	910.63	2.136	45.5
58	909.30	2.195	45.5
59	913.28	2.255	45.7
60	911.96	2.255	45.6
61	917.26	2.314	45.9
62	914.61	2.314	45.7
63	913.28	2.373	45.7
64	914.61	2.433	45.7
65	914.61	2.433	45.7
66	919.92	2.551	46.0
67	915.94	2.492	45.8
68	919.92	2.611	46.0
69	915.94	2.611	45.8
70	913.28	2.670	45.7
71	919.92	2.729	46.0
72	918.59	2.729	45.9
73	919.92	2.729	46.0
74	918.59	2.848	45.9
75	921.24	2.907	46.1
76	917.26	2.848	45.9
77	914.61	2.907	45.7
78	921.24	3.026	46.1
79	923.89	3.026	46.2
80	923.89	3.026	46.2
81	915.94	3.085	45.8
82	915.94	3.145	45.8
83	922.57	3.145	46.1
84	914.61	3.204	45.7
85	918.59	3.204	45.9
86	918.59	3.263	45.9
87	910.63	3.323	45.5
88	900.02	3.382	45.0
89	886.75	3.382	44.3
90	876.14	3.441	43.8
91	852.26	3.501	42.6
92	812.46	3.560	40.6
93	738.17	3.620	36.9
94	0.00	3.738	0.0

MAXIMUM FORCE : 923.89 [kgf]
 MAXIMUM STRESS : 46.19 [kgf/mm²]
 Ka. Laboratorium

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh Mesh Terhadap Distribusi Tegangan Puntir Dan Kekuatan las

Nama : Andre Irfandi

NPM : 1607230086

Dosen Pembimbing : Affandi ST.,MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Kamis 02/01/2020	Perbaiki isi dari latar belakang,dan mencari jurnal ISSN.	Af
2	Kamis 23/01/2020	Perbaiki rumusan masalah,ruang lingkup,tujuan,manfaat.	Af
3	Jum'at 14/02/2020	Perbaiki bab 2 dan penulisan nya.	Af
4	Jum'at 06/03/2020	Perbaiki Gambar geometri dan pemodelan	A
5	Jum'at 13/03/2020	Perbaiki bab 3 dan membuat diagram alir.	A
6	Jum'at 20/03/2020	Lengkapi bahan dan alat.	A
7	Selasa 12/01/2021	Beri narasi pada gambar hasil simulasi	A
8	Senin 08/02/2021	Perbaiki dan lengkapi gambar hasil simulasi	Af
9	Senin 01/03/2021	Perbaiki abstrak	Af
10	Selasa 09/03/2021	Perbaiki kesimpulan dan saran	Af
11	Selasa 16/03/2021	Acc Seminar Hasil	Af

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Andre Irfandi
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat Tanggal Lahir : Sukasari, 20 Februari 1999
Alamat : Sukasari Dsn Ia
Agama : Islam
E-Mail : andreirfandi99@gmail.com
No. Hp : 082294382305

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sd N 104270 Sukasari	Tahun 2004-2010
2. Smp N 2 Sei Rampah	Tahun 2010-2013
3. Smk N 2 Sei Rampah	Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2016-2021