

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN PUNTIR BAJA KARBON RENDAH DENGAN METODE ELEMEN HINGGA MENGGUNAKAN SOFTWARE (SOLIDWORKS)

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

Disusun Oleh:

RAIS SYAHBANADI HARAHAP
1607230159



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

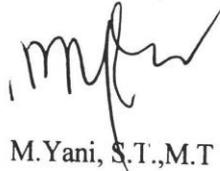
Nama : Rais Syahbanadi Harahap
NPM : 1607230159
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Puntir Baja karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

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



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rais Syahbanadi Harahap
Tempat /Tanggal Lahir : PematangSiantar / 18 Desember 1998
NPM : 1607230159
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisis Kekuatan Puntir Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan *Software (Solidworks)*”

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, Februari2021

Saya yang menyatakan,



4C3AJX218253984

Rais Syahbanadi Harahap

ABSTRAK

Uji puntir pada suatu bahan teknik dilakukan untuk menentukan sifat-sifat seperti modulus geser, kekuatan luluh puntir, dan modulus puntir. Uji puntir baja ini menggunakan simulasi *software solidwork*. Yang merupakan program Computer Aided Design (CAD) 3D yang menggunakan sistem operasi Windows. Solidworks juga menggunakan konsep dasar Finite Element Method (FEM) untuk menganalisis kondisi suatu model dan menampilkan hasil analisa dari model tersebut secara terperinci, dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan baja karbon rendah pada saat dilakukannya uji puntir dengan metode elemen hingga menggunakan *software solidwork*. Membuat geometri analisis kekuatan puntir baja dengan *software solidwork* yang bertandart ASTM E-143. Eksperimen pengujian putir pada specimen bajakarbon rendah mendapatkan hasil. specimen 1 N/cm = 2865 Angle = 58°. Dan hasil dari simulasi yang dilakukan pada *software solidworks* dengan total element yang berbeda. Dari hasil simulasi baja karbon rendah yang telah dilakukan di *software solidworks* dengan total element yang berbeda-beda mendapatkan jumlah nilai rata-rata depresiasi dari nilai eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai rata-rata 3,8 %. perbedaan setiap mesh mengalami perbedaan hasil nilai dari setiap mesh. Setelah melakukan pengujian eksperimen dan simulasi pengujian puntir dengan total elemen yang berbeda, mendapatkan hasil bahwa semakin kecil nilai total elemen yang didapat maka semakin besar nilai tegangan yang diperoleh pada spesimen baja karbon rendah dengan standart ASTM E-143.

Kata kunci : pengujian puntir, simulasi *solidwoks*, ASTM E-143

ABSTRACT

The torsion test on an engineering material is carried out to determine properties such as shear modulus, torsional yield strength, and torsional modulus. This torsional test uses solidwork simulation software. Which is a 3D Computer Aided Design (CAD) program that uses the Windows operating system. Solidworks also uses the basic concept of the Finite Element Method (FEM) to analyze the condition of a model and displays the analysis results of the model in detail, with the aim of knowing the strength of low carbon steel during the torsion test with the finite element method using solidwork software. Making a geometry analysis of the torsional strength of steel with solidwork software that is standardized ASTM E-143. Experiment of spin testing on low carbon steel specimens get the results. Specimen $1 \text{ N / cm} = 2865$ Angle = 58° . And the results of the simulation carried out on SolidWorks software with different total elements. From the simulation results of low carbon steel that has been carried out in software solidworks with different total elements, the average depreciation value is obtained from the experimental value and the simulation gets an average value of 3.8%. differences in each mesh experience different results from the value of each mesh. After conducting experimental testing and torsional testing simulations with different total elements, the result is that the smaller the total element value obtained, the greater the stress value obtained on low carbon steel specimens with the ASTM E-143 standard.

Key words: torsion test, solidworks simulation, ASTM E-143

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 Pntir 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 Prodi Teknik Mesin 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 keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Ishak Barani Harahap dan Juli Hartati Piliang, 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, M. Ikhsan Himawan, 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, April 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rais Syahbanadi Harahap', with a stylized flourish at the end.

Rais Syahbanadi Harahap

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Defenisi Puntir	4
2.1.1. Pengertian Uji Puntir	
2.1.2. Proses pengujian puntir	4
2.1.3. Sifat-sifat mekanik yang terdapat pada pengujian puntir	8
2.1.4. Prinsip uji puntir	8
2.1.5. Keuntungann dan kerugian uji punntir dengan uji tarik	9
2.1.6. Perbandingan uji puntir dan uji tarik	9
2.1.7. Uji puntir panas (Hot Torsion Testing)	9
2.1.8. Spesifikasi uji puntir	10
2.1.9. Jenis-jenis kegagalan puntir	11
2.1.10. Perbedaan uji puntir dan uji tarik	12
2.1.11. Hal-hal yang mempengaruhi kekuatan material puntir	12
2.2. Metode elemen hingga	12
2.2.1. Pengertian metode elemen hingga	12
2.2.2. Langkah dasar dalam metode elemen hingaa	13
2.2.3. Elemen dua dimensi	17
2.3. Solidwork	18
2.3.1. Pengertian solidwork	18
2.3.2. Fungsi solidwork	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1. Tempat	
3.1.2. Waktu	21
3.2 Bahan dan Alat	22

3.2.1. Bahan	22
3.2.1. Alat	22
3.3 Bagan Alir Penelitian	25
3.4 Prosedur penelitan	26
3.4.1. Studi Literatur dan persiapan, Alat dan bahan penelitian	26
3.4.2. Pemodelan dan membuat specimen uji puntir	26
3.4.3. Simulasi Statik pada Solid Works.	27
3.4.4. Visualisasi hasil simulasi	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil PengujianPuntir	
4.1.1. Hasil Simulasi	33
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga modulus elastisitas pada berbagai suhu.	9
Tabel 3.1 JadwalKegiatanPenelitian.	15
Tabel 3.2 Data Ukuran Panjang Mesh.	21
Tabel 4.1.Validasi Hasil Tegangan Simulasi dan Eksperimen	38

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. mesin uji puntir	4
2. Gambar 2.2. Skematis uji puntir	4
3. Gambar 2.3. Grafik momen puntir terhadap sudut puntir persatuan panjang	5
4. Gambar 2.4. Grafik momen puntir terhadap sudut puntir	5
5. Gambar 2.5. keadaan titik di permukaan benda uji	10
6. Gambar 2.6. benda uji yg telah di lakukan uji puntir	10
7. Gambar 2.7 Meshing pada plate.	13
8. Gambar 2.8 program solidwork	15
9. Gambar 3.1 Baja Karbon Rendah	18
10. Gambar 3.2 Mesin Torsion Test	19
11. Gambar 3.3 Laptop	19
12. Gambar 3.4 Jangka Sorong	20
13. Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian	21
14. Gambar 3.6. Geometri dan Pemodelan spesimen uji puntir ASTM E-143	22
15. Gambar 3.7. Tampilan computer (PC)	27
16. Gambar 3.8. tampilan solidworks menentukan part geometri	28
17. Gambar 3.9. spesimen yg akan dilakukan simulasi	28
18. Gambar 3.10. analisis statik uji puntir	28
19. Gambar 3.11. Menentukan jenis material	29
20. Gambar 3.12. Spesimen yg sudah dilakukan costumer material	29
21. Gambar 4.1 Spesimen sebelum dilakukan pengujian puntir	33
22. Gambar 4.2 Spesimen sesudah dilakukan pengujian puntir	33
23. Gambar 4.3 Hasil simulasi tegangan pada total elemen a,b,c,d,e,f,g,h.	38
24. Gambar 4.4 grafik perbandingan total elemen dan tegangan	39
25. Gambar 4.5 Grafik depresiasi perhitungan	40
26. Gambar 4.6 Distribusi tegangan pada penampang	40
27. Gambar 4.7 Grafik hasil tegangan pada penampang	41
28. Gambar 4.8. menentukan jenis material	28
29. Gambar 4.9. specimen yg sudah dilakukan costumer material	28
30. Gambar 4.10. Memilih bagian yg ingin di tahan (<i>Fixtures advisor</i>)	29
31. Gambar 4.11. menentuksn titik yg dipilih pada <i>Torque</i>	29

32. Gambar 4.12. Menentukan Mesh uji punir	30
33. Gambar 4.13. menentukan nilai mesh pada specimen ujpintir	30
34. Gambar 4.14. Hasil simulasi dengan rasio mesh	26
35. Gambar 4.15 Grafik hasil simulasi pengujian puntir.	33

\

DAFTAR NOTASI

τ_p	= Tegangan Puntir N/cm
M_p	= Momen puntir Nm(N/mm)
W_p	= Momen tahanan puntir
G	= Modulus gelincir dan kekakuan (kg/mm^2)
I_p	= Momen inersia polar
X	= Defleksi pada dial indkator (N.cm)
Σ	= Tegangan
ε	= Regangan
U_T	= Jumlah Unit Volume
D	= Diameter

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat faktor kelelahan belum diketahui, perencanaan suatu komponen hanya didasarkan pada pembebanan statik. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh beban-beban tersebut terhadap kekuatan leleh material poros, maka diperlukan pengujian material menggunakan benda uji (spesimen) dan disertai dengan analisa maupun perhitungan secara teliti (Jatmiko et al., n.d.)

Alat uji puntir merupakan suatu alat yang dirancang untuk mengukur seberapa besar kekuatan puntir yang dapat dilakukan pada saat pengujian poros. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memuntir batang uji terus-menerus sampai batang uji patah/putus. Alat uji puntir digunakan industri untuk pengukuran dan mendapatkan data kekuatan puntir, sehingga kekuatan yang ingin diketahui dapat diterima dan diketahui. Uji puntir pada suatu bahan teknik dilakukan untuk menentukan sifat-sifat seperti modulus geser, kekuatan luluh puntir, dan modulus pecah. Uji puntir sering digunakan untuk menguji bahan-bahan getas. Deformasi yang terjadi pada benda uji diukur dari perpindahan sudut puntir suatu titik didekan ujung suatu benda, dibandingkan pada suatu titik pada elemen memanjang yang sama pada arah berlawanan (Putra, 2014)

Torsi merupakan imbas momen yang mengakibatkan putaran / puntiran - terjadi pada penampang suatu elemen yang tegak lurus terhadap sumbu utama bahan. Kekakuan puntir (torsional stiffness) merupakan momen puntir yang dibutuhkan untuk menghasilkan putaran satu satuan sudut dari salah satu ujung terhadap ujung lainnya. Kekakuan puntir adalah hubungan bagian linier antara momen puntir dan sudut puntir (ϕ). Kekakuan (stiffness) terjadi pada 5% - 25% dari momen puntir maksimal (T_{max}). Momen puntir maksimal didefinisikan momen puntir ultimate sampai benda uji patah. Pengujian puntir dilakukan untuk memperoleh data momen puntir (Torque) dan sudut punter (Putra, 2014).

Metode elemen hingga merupakan metode numerik yang digunakan menggunakan dasar prinsip metode elemen hingga, Bila suatu kontinum dibagi-bagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil. Bagian-bagian ini disebut elemen hingga. Proses pembagian suatu kontinum menjadi elemen hingga ini sering

dikenal sebagai proses Diskritisasi (pembagian). Dinamakan elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga dan umumnya memiliki bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan dengan kontinumnya. Perpotongan antar elemen dinamakan simpul atau titik simpul dan permukaan antar elemen-elemen disebut garis simpul dan bidang simpul (Rahmanto, 2013). Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk memecahkan permasalahan dalam bidang teknik, fisika dan matematika. Dengan permasalahan yang khas, menarik dibidang teknik dan matematika fisika yang dipecahkan dengan menggunakan metode elemen hingga meliputi struktur analisis, perpindahan panas, aliran fluida, laju aliran massa, dan elektromagnetik potensial (Henra Heny Sigarlaki , Stenly Tangkuman, 2015)

Dalam pengujian puntir baja ini menggunakan software solidwork. Solidworks adalah sebuah program Computer Aided Design (CAD) 3D yang menggunakan sistem operasi Windows. solidworks juga menggunakan konsep dasar Finite Element Method (FEM) untuk menganalisis kondisi suatu model dan menampilkan hasil analisa dari model tersebut secara terperinci. Solidworks memungkinkan bagi para perancang untuk dengan cepat memeriksa kesempurnaan desain yang telah dibuat dan mencari solusi yang maksimum. Program solidworks memberikan 3 pilihan lembar kerja, diantaranya: komponen (parts), perakitan (assembly), penggambaran (drawing) (Sucipta & Saggaff, 2013)

Permasalahan yang sering terjadi pada saat dilakukannya pengujian puntir ialah, pengolahan data menjadi kurva tegangan-regangan geser membutuhkan usaha yang tidak sedikit. Jika spesimen yang di gunakan adalah batang padat, maka akan timbul gradient tegangan yang cukup curam sepanjang penampang lintang spesimen sehingga mempersulit pengukuran.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh (Jatmiko et al., n.d.) yg berjudul Analisa Kekuatan Puntir, lentur putar Baja ST60 sebagai aplikasi perancangan bahan poros baling-baling kapal, Namun mereka tidak menggunakan simulasi software untuk pengujian puntir. Oleh karena itu maka penulis ingin meneliti dan menganalisa kekuatan puntir pada baja yang berstandart ASTM E8 dengan metode elemen hingga dan simulasi di lakukan menggunakan software (solidwork).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisa uji puntir baja karbon rendah dengan metode elemen hingga menggunakan software solid work.

1.3 Ruang Lingkup

1. Bahan yang digunakan pengujian ini adalah baja karbon rendah dengan bentuk berdasarkan standart ASTM E-143
2. Menggunakan software solidwork untuk merancang dan menganalisa spesimen uji puntir.
3. Menggunakan metode elemen hingga dalam melakukan analisa uji puntir.

1.4 Tujuan

1. Menganalisis kekuatan baja karbon rendah pada uji puntir bertandart ASTM E-143.
2. Membuat geometri analisis kekuatan puntir baja dengan software solidwork bertandart ASTM E-143.
3. Melakukan uji puntir baja dengan metode elemen hingga menggunakan software (solidworks).

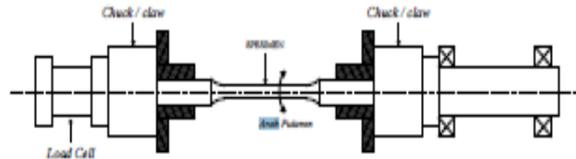
1.5 Manfaat

1. Agar peneliti mengetahui nilai kekuatan puntir baja karbon rendah.
2. Agar peneliti mampu membuat geometri dengan software solidwork berdasarkan standar ASTM E-143
3. Peneliti mampu melakukan pengujian kekuatan puntir baja dengan metode elemen hingga dengan software solidwork.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Defenisi 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.



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.

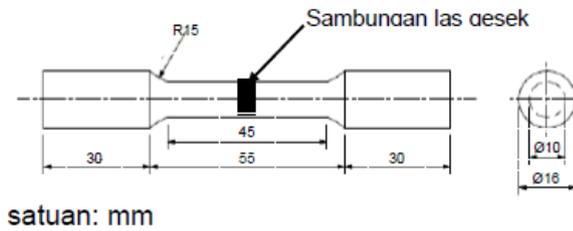
2.1.1. pengertian uji puntir

Uji puntir (*torsion test*) adalah salah satu pengujian merusak yang mengakibatkan suatu material mengalami patahan. Uji puntir pada suatu spesimen dilakukan untuk menentukan keplastisan suatu material. Spesimen yang digunakan pada pengujian puntir adalah batang dengan penampang lingkaran karena bentuk penampang paling sederhana, sehingga mudah diukur. Sepesimen tersebut hanya dikenai beban puntiran pada salah satu ujungnya karena dua pembebanan akan memberikan ketidak konstanan sudut puntir yang diperoleh dari pengukuran.

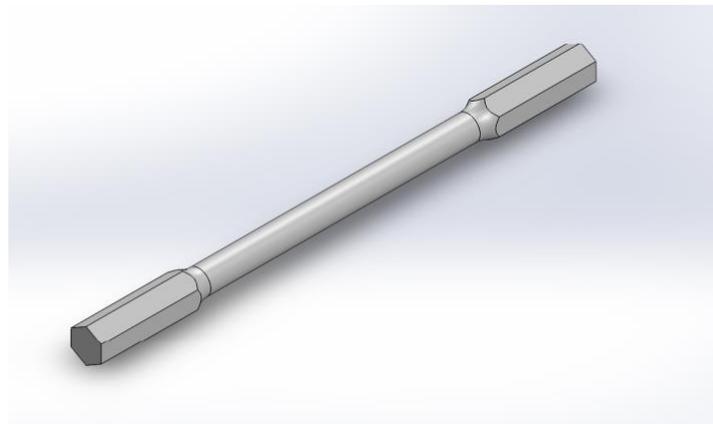
2.1.2. Proses Pengujian Puntir

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)



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



Gambar 2.2. Spesimen uji punter. (Lab Umsu.,2021)

Rumus tegangan dan renggangan geser untuk batang padat :

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} \quad \text{Pers.2.1}$$

$$\gamma = \frac{r \cdot \theta}{L} \quad \text{Pers. 2.2}$$

Sedangkan momen inersia(J) pada keadaan maksimum silinder adalah sebagai berikut :

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{32} \quad \text{Pers. 2.3}$$

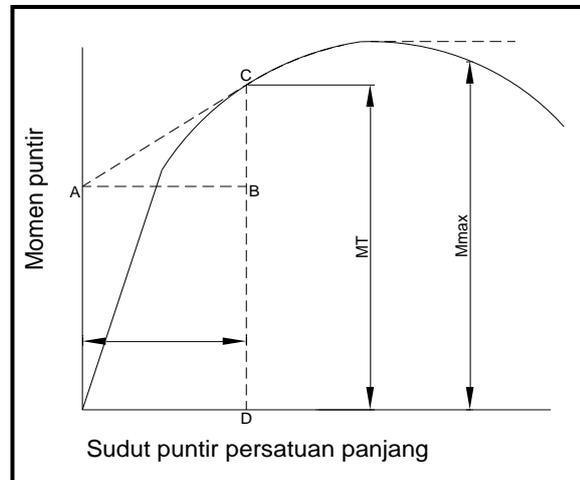
Keterangan :

r : Jari-jari spesimen

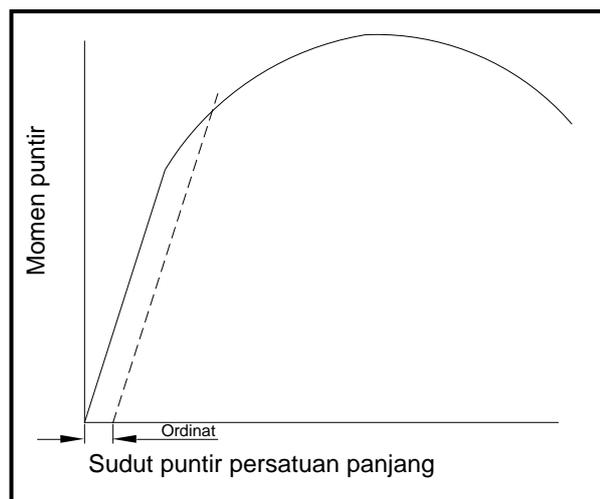
L : panjang ukur spesimen

J : momen inersia

Pengukuran yang dilakukan pada uji puntir adalah momen puntir dan sudut puntir. Pengukuran ini kemudian di konversikan menjadi sebuah grafik momen puntir terhadap sudut puntir (dalam putaran). Namun, pada daerah plastis hubungan antara momen puntir dengan sudut puntir tidak linier lagi, sehingga di perlukan rumus yang berbeda pula untuk mencari tegangan geser, berikut ini grafik momen puntir terhadap sudut puntir :



Gambar 2.3. Grafik momen puntir terhadap sudut puntir persatuan panjang (Tyagita et al., 2014)



Gambar 2.4. Grafik momen puntir terhadap sudut puntir (Tyagita et al., 2014)

Untuk mencari tegangan geser pada daerah plastis digunakan rumus :

$$\tau_a = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot a^3} \cdot (BC + 3CD) \quad \text{Pers. 2.4}$$

Sedangkan untuk mencari renggangan geser(γ), keduanya harus memiliki rumus yang sama, yaitu :

$$\gamma = \theta \cdot R \quad \text{Pers. 2.5}$$

Keterangan :

R: Jari-jari spesimen

θ : Sudut putar persatuan waktu

Pada kriteria Tresca, spesimen mengalami luluh bila tegangan geser maksimum mencapai harga tegangan geser dalam uji tarik uniaxial :

$$\sigma = 2 \cdot \tau \quad \text{Pers. 2.6}$$

$$e = \frac{\gamma}{2} \quad \text{Pers. 2.7}$$

Sedangkan pada von Mises, spesimen yang mengalami luluh bila invariant kedua deviator tegangan melampaui harga kritis tertentu.

$$\sigma = \sqrt{3} \cdot \tau \quad \text{Pers. 2.8}$$

$$\sigma = \frac{\gamma}{\sqrt{3}} \quad \text{Pers. 2.9}$$

Keterangan :

σ = Tegangan geser sebenarnya

τ = Tegangan geser teknik

ε = Renggangan geser sebenarnya

γ = Renggangannya geser teknik

2.1.3. Sifat-sifat mekanik yang terdapat pada pengujian puntir.

Sifat-sifat mekanik yang di dapat selama pengujian puntir, yaitu :

1. Modulus elastisitas geser

Kemampuan material untuk mempertahankan bentuknya di daerah elastis yang di sebabkan oleh tegangan geser. perbandingan antara tegangan dan renggangannya geser pada daerah plastis.

$$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{T.L}{J.\theta} \quad \text{pers. 2.10}$$

Keterangan :

G : modulus elastisitas geser

τ : tegangan geser

γ : renggangannya geser

T : momen lentur

L : panjang spesimen

J : momen inersia

2. Kekuatan luluh puntir

Batas tegangan sebelum mengalami deformasi plastis yang di sebabkan oleh tegangan geser. Untuk menentukannya maka perbandingan panjang bagian penampang yang menyempit terhadap diameter luar harus sekitar 8-10 kali. selain itu pada uji puntir dapat menggunakan metode offset dengan ketentuan 0,04 rad/m untuk grafik momen puntir terhadap sudut puntir.

3. Modulus pecah

Kekuatan geser puntir maksimum, karena tegangan geser terbesar terjadi di permukaan batang. untuk benda silinder padat dimana:

$$J = \frac{\pi.D^4}{32} \quad \text{Pers. 2.11}$$

maka besarnya modulus pecah terbesar yaitu :

$$\tau_u = \frac{16.M_{max}}{\pi.D^4}$$

Pers. 2.12

keterangan :

τ_u = modulus of repture

r = diameter spesimen

2.1.4. 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 keplastisan suatu material.

2.1.5. Keuntungan dan kerugian uji puntir dibandingkan dengan uji tarik

Keuntungan :

- Hasil pengukuran yang di berikan mengenai keplastisan lebih mendasar
- langsung memberikan grafik tegangan geser terhadap renggangan geser
- tidak terjadi kesulitan karena timbulnya necking (pada uji tarik) ataupun barreling (pada uji tekan)
- laju renggangan yang di peroleh konstan dan besar

Kerugian :

- Pengolahan data menjadi kurva tegangan-renggangan geser membutuhkan usaha yang tidak sedikit.
- Jika spesimen yang di gunakan adalah batang padat, maka akan timbul gradient tegangan yang cukup curam sepanjang penampang lintang spesimen sehingga mempersulit pengukuran.

2.1.6. Perbandingan antara uji puntir dan uji tarik

Uji puntir memberikan hasil pengukuran yang lebih mendasar mengenai plastisitas suatu logam di bandingkan uji tarik. Untuk suatu benda, uji puntir langsung menghasilkan kurva tegangan- renggangan geser.

2.1.7. Uji puntir panas (Hot torsion testing)

Uji puntir sangat baik untuk mendapatkan data sifat aliran dan kepatahan suatu logam pada kondisi pengerjaan panas, pada $T > 0,6 T_m$ dan Σ hingga 10^3 detik⁻¹. Karena mudah untuk memvariasikan dan mengontrol kecepatan putar,

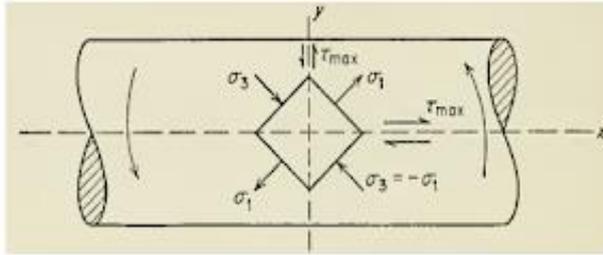
maka pengujian dapat dilakukan pada daerah laju renggangan yang luas, selain itu control suhu dan laju renggangan yang tepat memberikan kemungkinan untuk menirukan struktur metalurgi yang dihasilkan oleh proses-proses lintasan berulang kali seperti pengerolan. karena benda uji untuk uji puntir tidak mengalami penyempitan setempat seperti uji tarik, dan juga tidak mengalami penggabungan.

2.1.8. Spesifikasi uji puntir

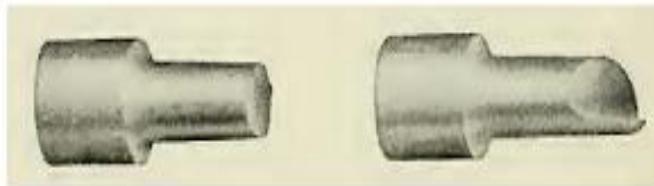
Peralatan uji puntir terdiri atas kepala puntir yang dilengkapi cekam untuk mencengkram benda uji dan untuk memberikan momen puntir pada benda uji serta kepala bobot yakni dengan cara mencengkram salah satu ujung benda uji dan mengukur besarnya momen ulir atau torsi. Deformasi yang terjadi dari benda uji yang bersangkutan diukur dengan peralatan pengukur ulir yang dinamakan troptometer. Penentuan dilakukan dengan menggunakan perpindahan sudut suatu titik didekat salah satu ujung benda uji dibandingkan terhadap suatu titik pada elemen memanjang yang sama pada arah yang berlawanan. Biasanya pada benda uji untuk uji tarik mempunyai penampang berbentuk lingkaran karena merupakan geometri yang paling sederhana untuk perhitungan tegangan. Karena pada daerah elastic, tegangan geser bervariasi secara linear dari harga nol pada pusat batang hingga harga maksimum pada permukaan batang, maka seringkali dibutuhkan pengujian benda uji tabung yang mempunyai dinding tebal. Hasil yang diperoleh adalah tegangan geser yang hampir seragam disepanjang penampang lintang benda uji. Sudut Puntir adalah suatu poros dengan panjang L dikenai momen puntir T secara konstan dikeseluruhan panjang poros, maka sudut puntir (*angle of twist*) θ yang terbentuk pada ujung poros.

2.1.9. Jenis –jenis kegagalan puntir

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 2.5.keadaan titik di permukaan benda uji



Gambar 2.6.benda uji yg telah di lakukan 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° 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.

2.1.10. Perbedaan uji puntir dan uji tarik

Untuk suatu benda, uji puntir memberikan hasil pengukuran yang mendasar mengenai plastisitas suatu logam dibandingkan uji tarik. Untuk benda puntir langsung menghasilkan kurva tegangan geser-regangan geser. Jenis kurva demikian mempunyai arti yang lebih mendasar dalam hal karakteristik perilaku plastik suatu bahan dibanding kurva tegangan-regangan yang diperoleh dari uji tarik. Suatu harga regangan yang besar dapat diperoleh dari uji puntir, tanpa

menimbulkan keruwetan, missal penyusutan setempat karena tarikan atau pengembangan (barreling) karena tekanan akibat gesekan pada benda uji. Selain itu pada puntiran, pengujian pada laju regangan konstan atau laju regangan tinggi dapat dilakukan lebih mudah. Pihak lain, diperlukan kerja yang cukup banyak untuk mengubah data momen puntir dan sudut puntir, menjadi kurva tegangan-regangan geser. Tanpa memakai benda uji tabung, maka terdapat gradient tegangan yang curam di sepanjang permukaan benda uji. Hal ini akan mempersulit pengukuran tegangan luluh secara teliti. Berikut akan diperbandingkan Uji puntir dan uji tarik.

2.1.11. Hal-hal yang Mempengaruhi Kekuatan Material Terhadap Puntiran

- a. Panjang batang, semakin panjang batang yang dikenai beban puntir maka puntiran akan semakin besar
- b. Sifat-sifat material antara lain modulus geser, struktur material, dan jenis material.
- c. Luas penampang batang atau material dimana gaya puntir bekerja.
- d. Bentuk penampang batang yang dikenai puntiran.
- e. Arah gaya puntir pada batang

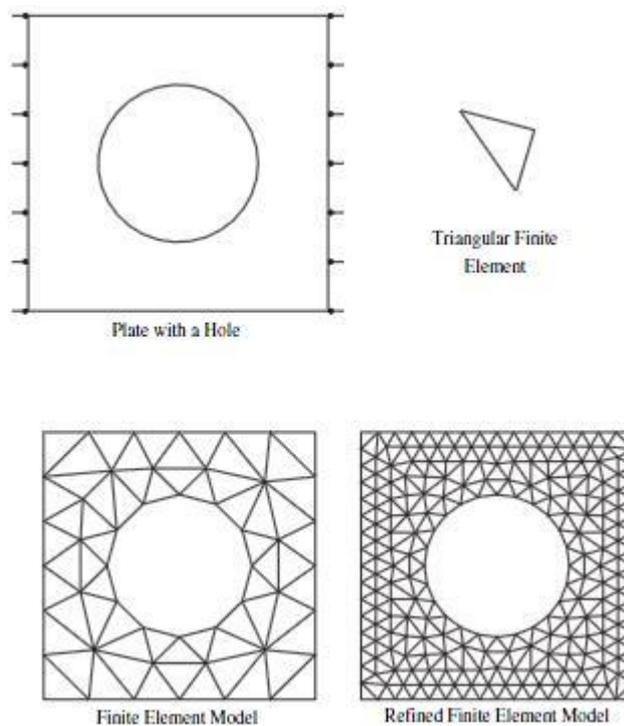
2.2. Metode Elemen Hingga

2.2.1 Pengertian Metode Elemen Hingga

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 (Moaveni)*.

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 2.7 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 diselsaikan dengan cara langsung yaitu dengan persamaan kesetimbangan panas (*heat balance equation*). Namun untuk geomtri yang rumit seperti *engine block* diperlukan FEM untuk mencari distribusi temperatur.



Gambar 2.7 Meshing pada plate. A First Course in Finite Elements. Jacob Fish & Ted Belytschko. (Tyagita et al., 2014)

2.2.2 Langkah Dasar dalam Metode Elemen Hingga

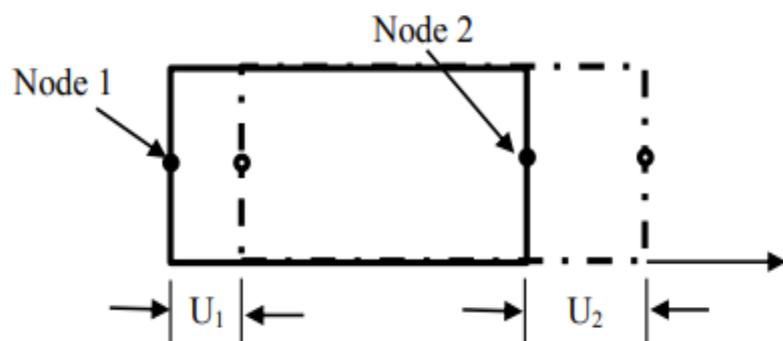
Langkah-langkah dasar dalam *finite element analysis* adalah sebagai berikut:

Processing Phase

1. Membuat dan menentukan daerah yang akan diselesaikan menggunakan elemen hingga, kemudian menguraikan masalah menjadi nodal-nodal dan elemen-elemen.
2. Mengasumsikan bentuk fungsi untuk menggambarkan sifat fisik dari sebuah elemen, yang merupakan pendekatan fungsi kontinu yang diasumsikan untuk menggambarkan solusi dari sebuah elemen.
3. Menyelesaikan persamaan untuk sebuah elemen
4. Menyatukan elemen-elemen untuk menghadirkan keseluruhan masalah. Membentuk matrik kekakuan global *discretize*.
5. Terapkan kondisi batas, kondisi awal dan pembebanan

Solution Phase memecahkan satu set persamaan aljabar linier atau non linier secara cepat untuk mendapatkan hasil nodal seperti nilai perpindahan pada nodal-nodal yang berbeda atau nilai temperatur pada nodal-nodal yang berbeda dalam masalah perpindahan panas.

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 (Industri, 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:

$$P_1 = K_{11}U_1 + K_{12}U_2 \quad (2.13)$$

$$K_{21}U_1 + K_{22}U_2 \quad (2.14)$$

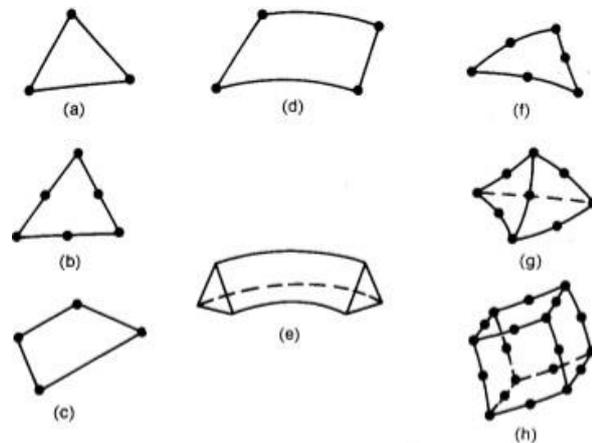
Koefisien kekakuan K_{ij} dihitung dengan program komputer berdasarkan sifat elastik bahan dan geometri elemen hingga dengan bentuk matriksnya adalah

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

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

$$\begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & 0 \\ K_{21} & K_{22} + K_{22} & K_{23} \\ 0 & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{Bmatrix} \quad (2.16)$$

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.

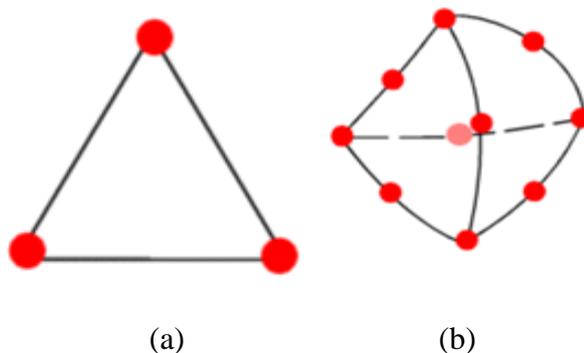


Gambar 2.7 Elemen yang Lazim digunakan pada Analisa FEM
 (a) Elemen dua dimensi paling sederhana, (b) Segitiga dengan enam node, (c) Elemen kuadrilateral, (d) Elemen cincin berdimensi satu, (e) Elemen segitiga berdimensi dua, (f) Segitiga isoparametrik, (g)Tetrahedron, (h) Heksahedron(Industri, 2016)

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

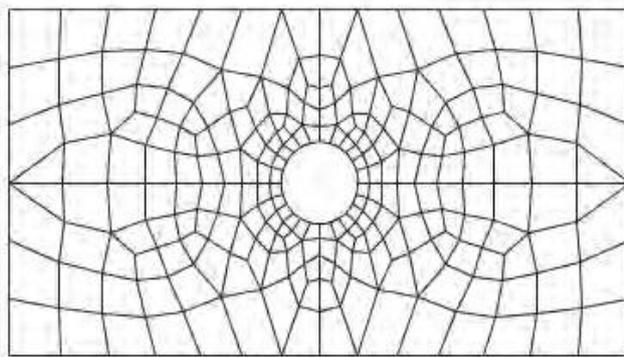
$$\{P\} = [K] \{u\} \tag{2.16}$$

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 meggambarkan 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.



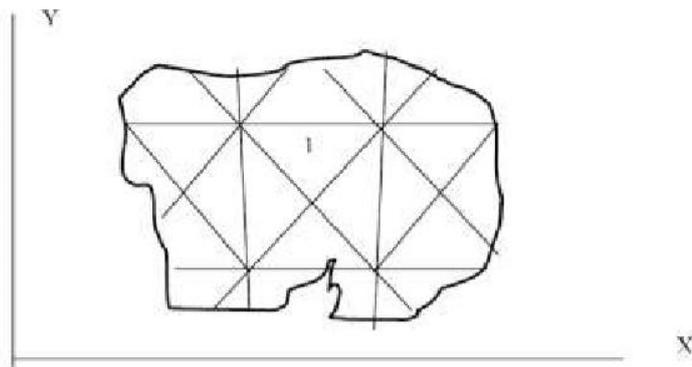
Gambar 2.9 Hasil meshing dengan menggunakan metode elemen hingga (Industri, 2016).

2.2.1. 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 (Metode & Hingga, 2011).



Gambar 2.11 Luasan elemen segitiga (Metode & Hingga, 2011).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Sukanto Jatmiko, Sarjito Jokosisworo (2005), yg berjudul Analisa Kekuatan Puntir, lentur putar Baja ST60 sebagai aplikasi perancangan bahan poros baling-baling kapal. Dapat disimpulkan bahwa Material mengalami penurunan kekuatan puntir ketika memiliki takik (cacat mekanis). Konsentrasi tegangan yang terpusat pada daerah takik, memiliki nilai sebesar 1,2 kali dari tegangan merata. Material baja ST 60 dalam uji puntir ini mempunyai sifat ulet (*ductile*). Namun mereka tidak menggunakan sofeware solidwork dalam penelitian mereka, maka dari itu peneliti ingin melakukan penelitian analisa kekuatan puntir baja dengan metode elemen hingga menggunakan sofeware solidwork.

2.3. Software Solidwork

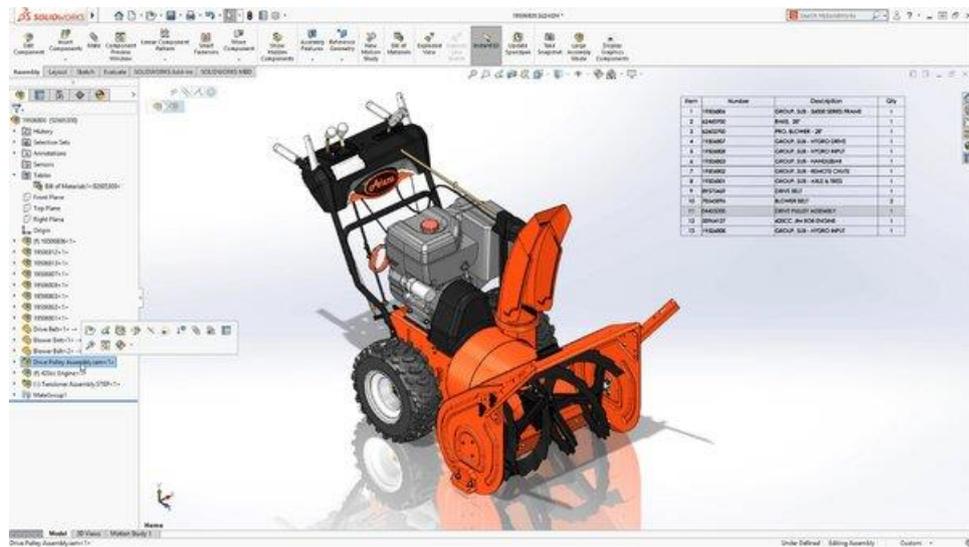
2.3.1 Pengertian Solidwork

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).

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.

Berbagai macam tools dapat digunakan untuk mengekstrak sub-file, meskipun sub-file dalam banyak kasus menggunakan format file biner. SolidWorks adalah parasolid yang berbasis solid modelling, dan menggunakan pendekatan berbasis fitur-parametrik untuk membuat model dan assembly atau perakitan. Parameter mengacu pada pembatasan yang bernilai menentukan bentuk atau geometri dari model.



Gambar 2.8 program solidwork

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.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan penulisan dan penelitian proposal tugas akhir Analisa Kekuatan Puntir Baja Dengan Metode Elemenhinga Menggunakan Software (Solidworks) dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material (MKM) dan Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri, Glugur Darat II.

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sahkannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan selama kurang lebih 5 bulan sampai dinyatakan selesai.

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 specimen			
7	Pengujian specimen			
8	Pengolahan data simulasi			
9	Sidang			

3.2. Bahan Dan Alat

3.2.1. Bahan

Adapun bahan yang di gunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Baja karbon rendah (Low Carbon Steel)

Baja karbon rendah ialah baja yang kandungan karbonnya memiliki kadar karbon antara 0,1 % sampai dengan 0,3 %.



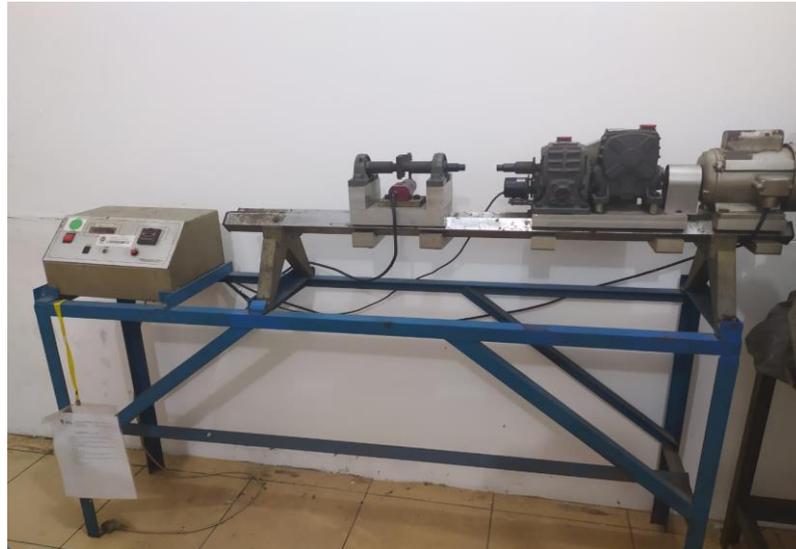
Gambar 3.1 Baja Karbon Rendah

3.2.2. Alat-alat

Adapun alat-alat yang di gunakan pada saat pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Mesin Torsion Test

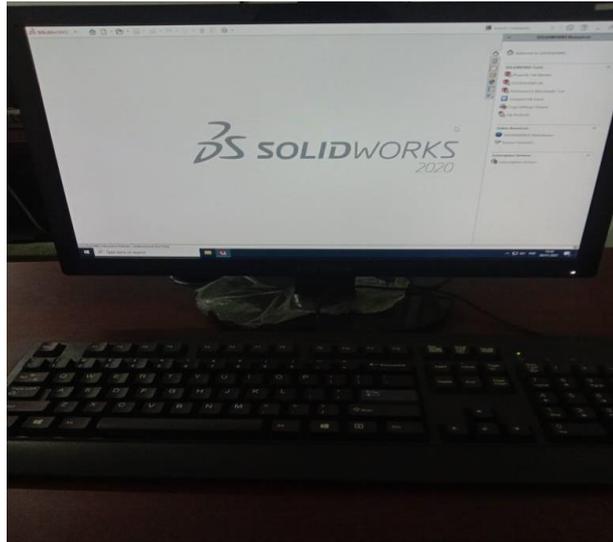
Mesin Torsion Test ialah mesin uji yang menggunakan gaya puntir, mesin ini yang nantinya akan saya gunakan untuk pengujian puntir.



Gambar 3.2 Mesin Torsion Test

1. Komputer laboratorium umsu.

Spesifikasi perangkat keras(komputer) yang digunakan dalam analisa kekuatan puntir baja dengan metode elemen hingga menggunakan software solidwork ini adalah ProccesorIntel Xeon CPU E3-1246 v3@ 3.50GHz 3.50GHz (r, RAM 8,00GB) System Type 64-bit Oprating System x64-based. Perangkat ini digunakan untuk mengetahui analisis kekuatan puntir baja dengan metode elemen hingga menggunakan sofeware solidwork



Gambar 3.3. PC (processor komputer).

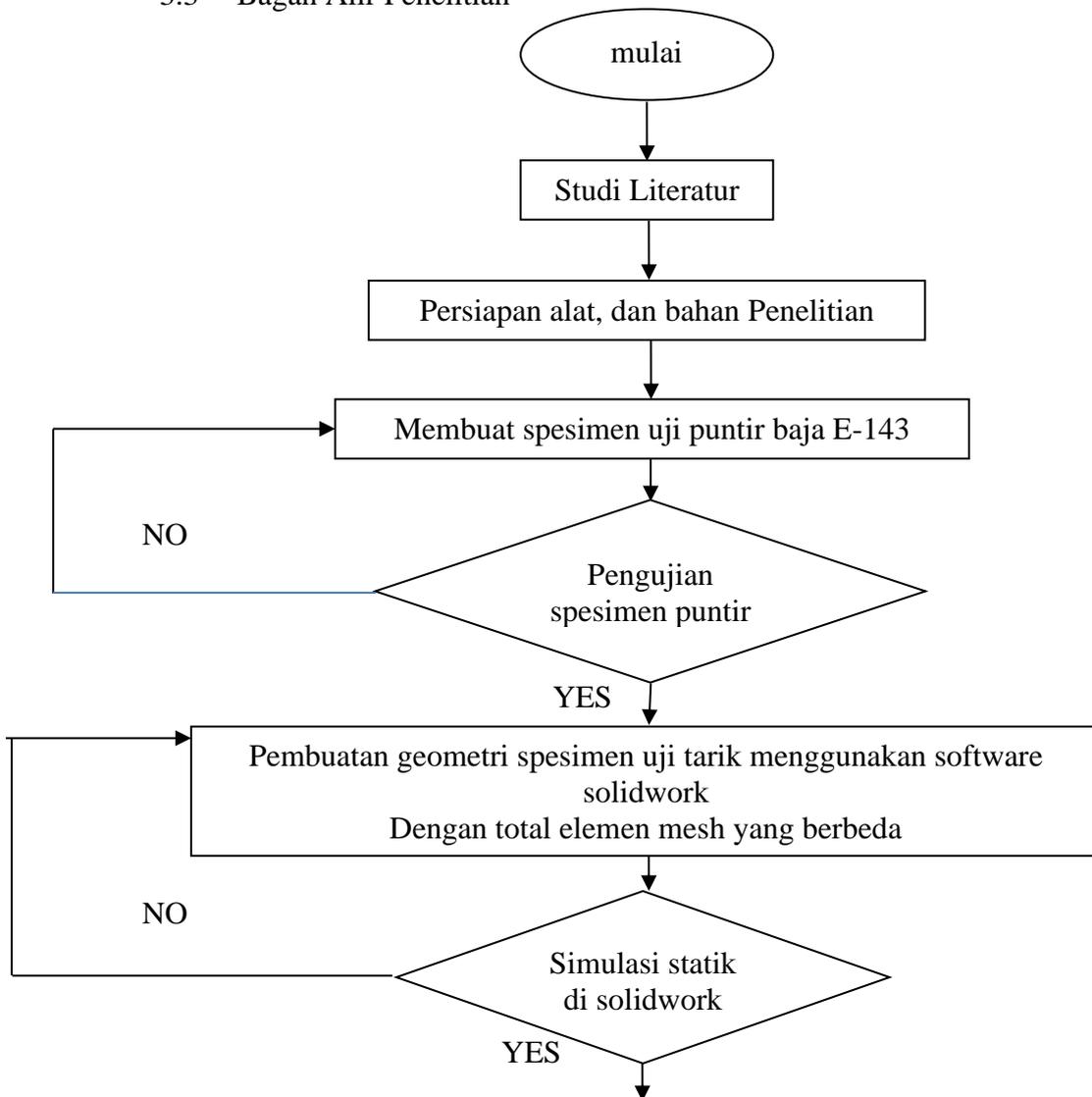
1. Jangka Sorong (Vernier Caliper)

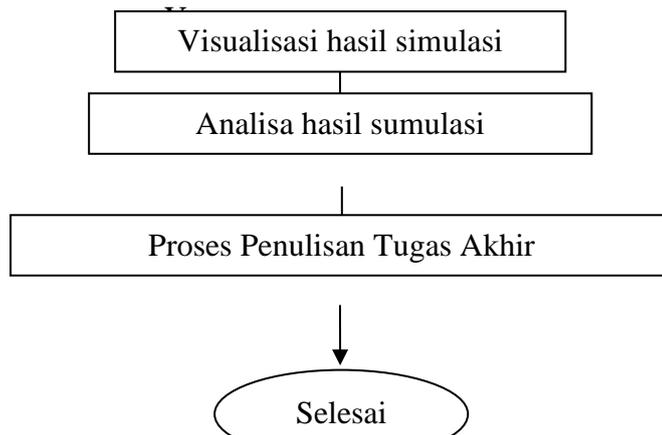
Jangka Sorong (Vernier Caliper) merupakan alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai sepeseratus milimeter. Jangka sorong digunakan sebagai alat pengukur panjang, ketebalan, diameter, dan kedalaman.



Gambar 3.4 Jangka Sorong

3.3 Bagan Alir Penelitian





Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian.

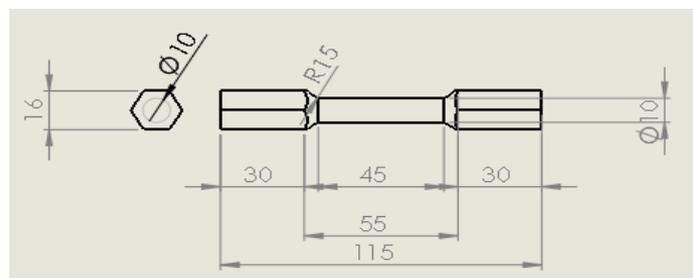
3.4 Prosedur Penelitian.

3.4.1 Studi Literatur dan Persiapan Alat, dan Bahan Penelitian

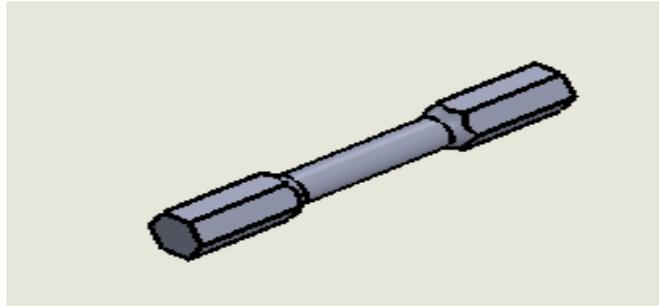
Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi lapangan dan persiapan alat, bahan pengumpulan data penelitian mengenai analisis kekuatan puntir dengan metode elemen hingga menggunakan software (solidwork). Kemudian data dikumpulkan dan menjadi studi literatur yang diambil dari jurnal, buku, dan artikel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

3.4.2. Pemodelan dan membuat specimen uji puntir (ASTM E-143).

Pembuatan specimen uji puntir di buat berdasarkan specimen berupa baja yang berstandart ASTM E-143. Kemudian setelah specimen dibuat, maka selanjutnya akan di lakukan pengujian puntir dengan mesin ui puntir (torsion test). Adapun model dan geometri pada specimen uji puntir dapat dilihat pada gambar.



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



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

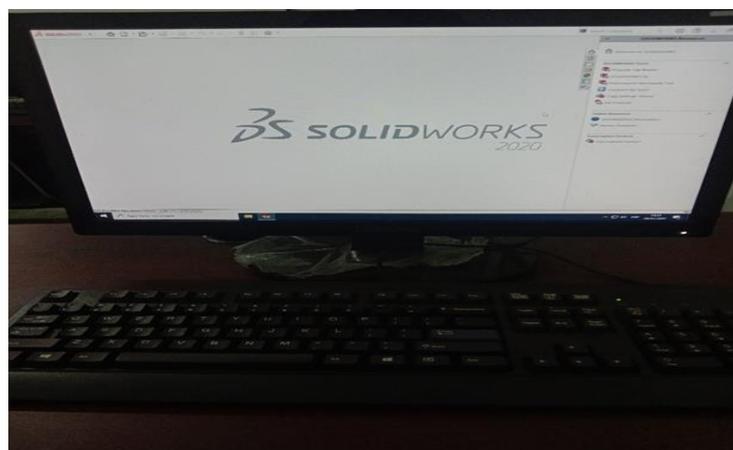
Gambar 3.6. Geometri dan Pemodelan spesimen uji puntir ASTM E-143 (American Society for Testing and Materials, 2004)

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.

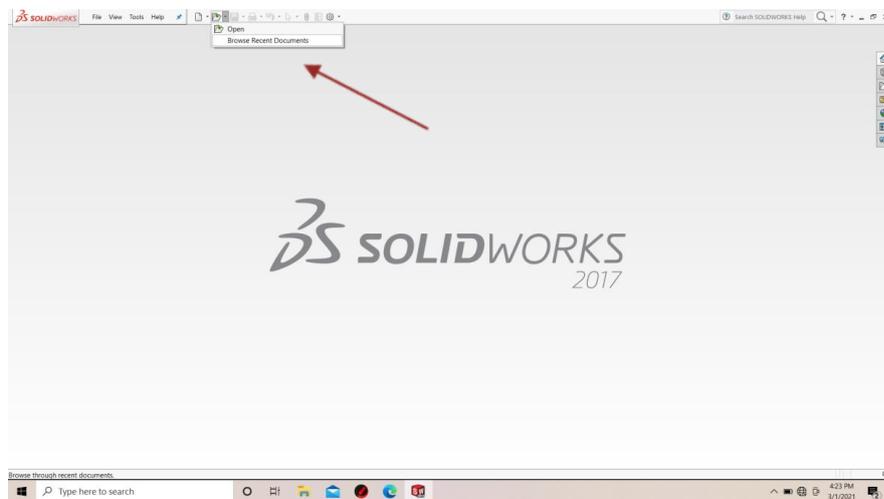
Berikut merupakan langkah langkah dalam melakukan simulasi spesimen puntir berstandart ASTN E-143 pada aplikasi perangkat lunak *solidworks*

1. Langkah-langkah simulasi geometri uji punter. Menyalahkan komputer dan memilih software solidwork 2020-2021



Gambar 4.4. Tampilan computer (PC)

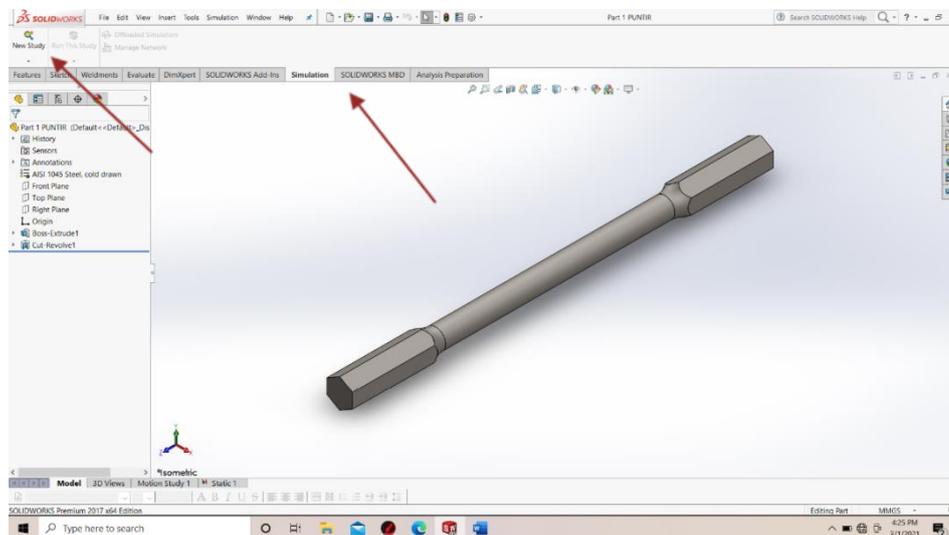
4.1.2.2. memilih part geometri uji puntir yang sudah kita buat sebelumnya



Gambar 4.5. tampilan solidworks menentukan part geometri.

4.1.2.3. Memilih simulasi

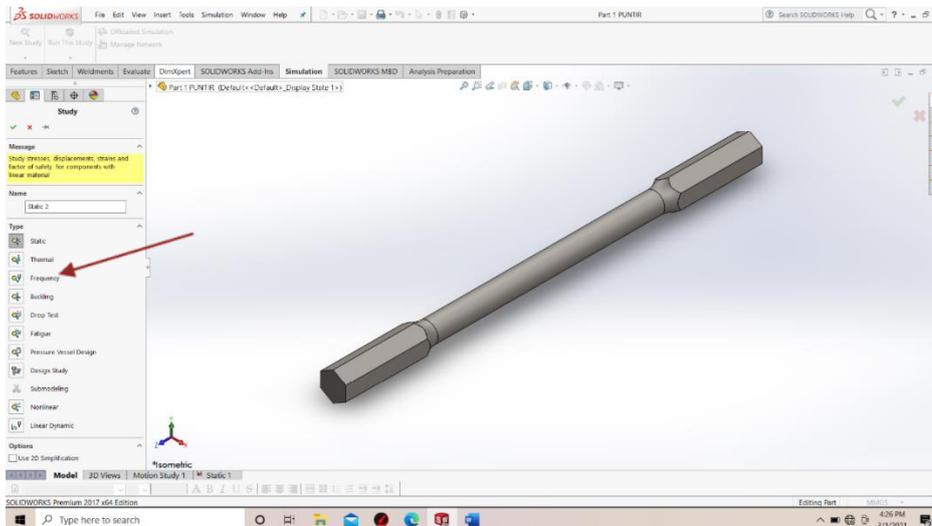
Bahwa simulasi yang di gunakan dalam analisa adalah puntir/torque, maka langkah selanjutnya adalah klik kanan *simulation* kemudian klik kanan new study seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.6. spesimen yg akan dilakukan simulasi

4.1.2.4. Menentukan analisis

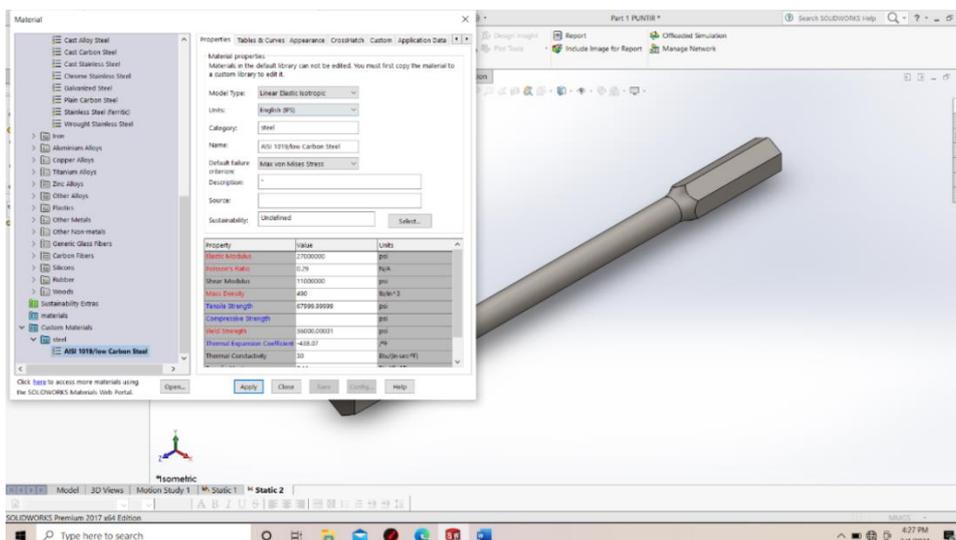
analisis yang di gunakan dalam simulasi uji puntir/torque ini adalah dengan menggunakan *static*, seperti gambar di bawah ini



Gambar 4.7. analisis statik uji puntir

4.1.2.5. Menentukan material

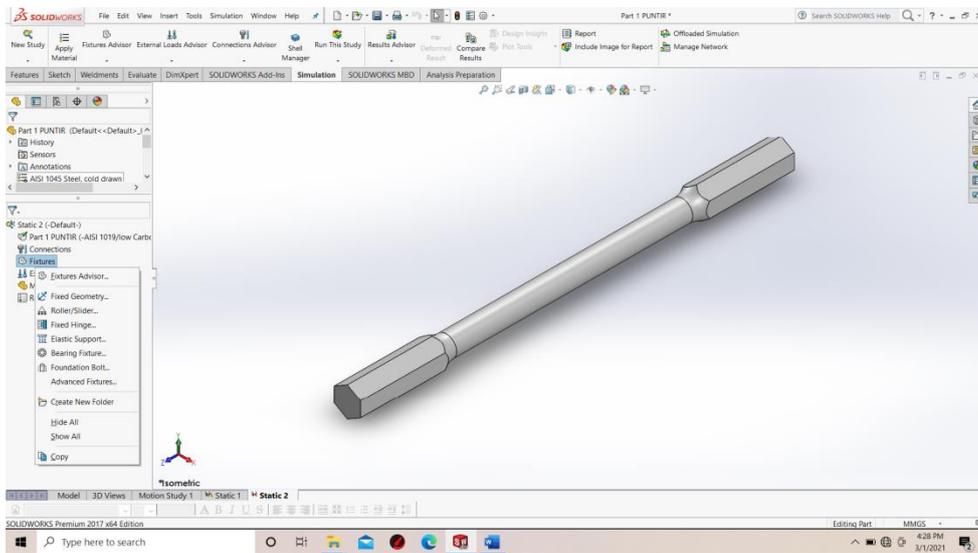
Fitur material adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, bertujuan untuk menentukan sebuah material yang akan di gunakan dalam pengujian tersebut, langkahnya adalah klik kanan pada *apply* material maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini .



Gambar 4.8. menentukan jenis material

4.1.2.6. Material setelah di costume

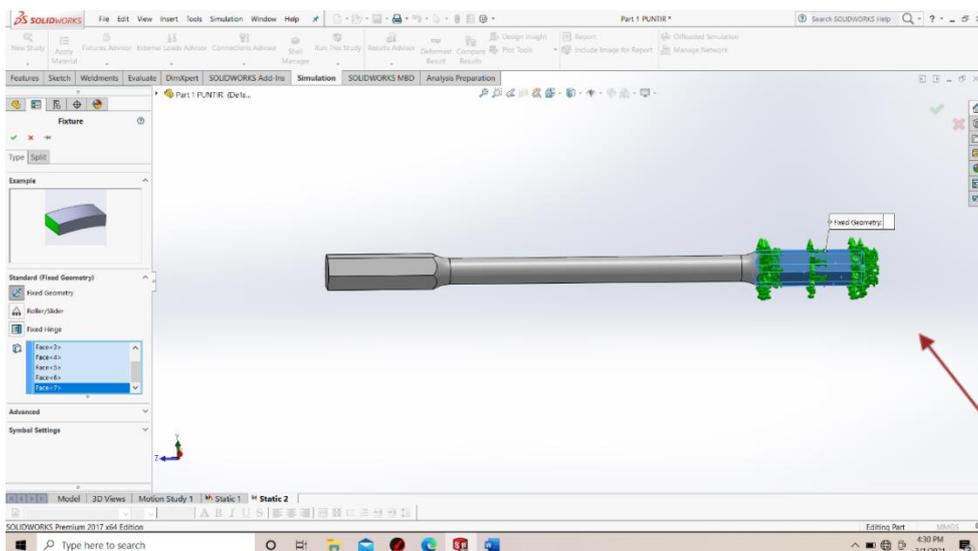
Berikut merupakan hasil dari penentuan costume material yang sesuai pada jenis material.



Gambar 4.9. spesimen yg sudah dilakukan costume material

4.1.2.7. Menahan geometri uji Puntir

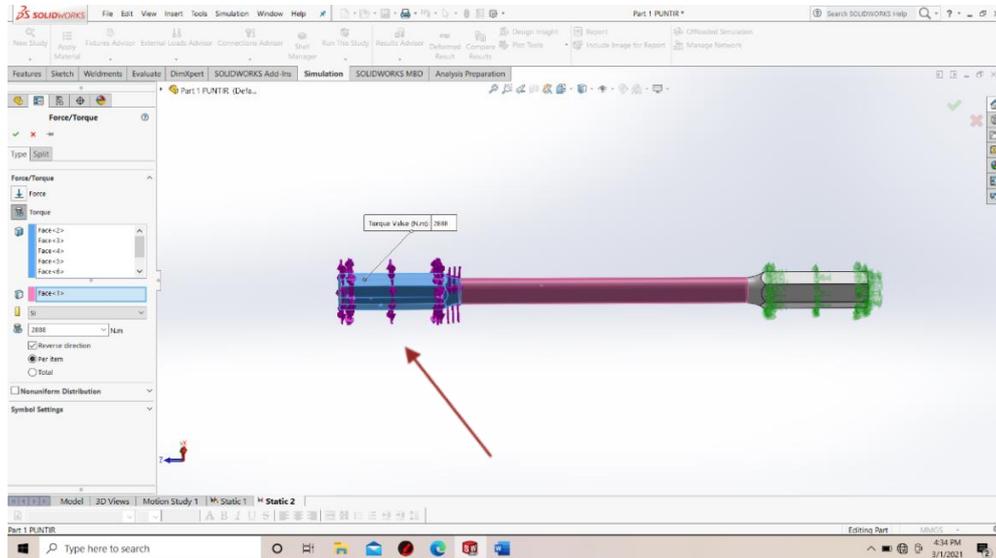
Fixtures advisor adalah fasilitas yang ada pada *software solidworks*, langkahnya adalah klik kanan pada *Fixtures advisor* lalu pilih fixed geometry, ini berfungsi untuk menahan sisi bagian material yg ingin di tahan (tidak dapat bergerak) agar sesuai pada pengujian eksperimen. kemudian klik mana yang ingin di tahan maka akan terlihat seperti gambar di bawah ini



Gambar 4.10. Memilih bagian yg ingin di tahan (*Fixtures advisor*)

4.1.2.8. Torque geometri uji Puntir

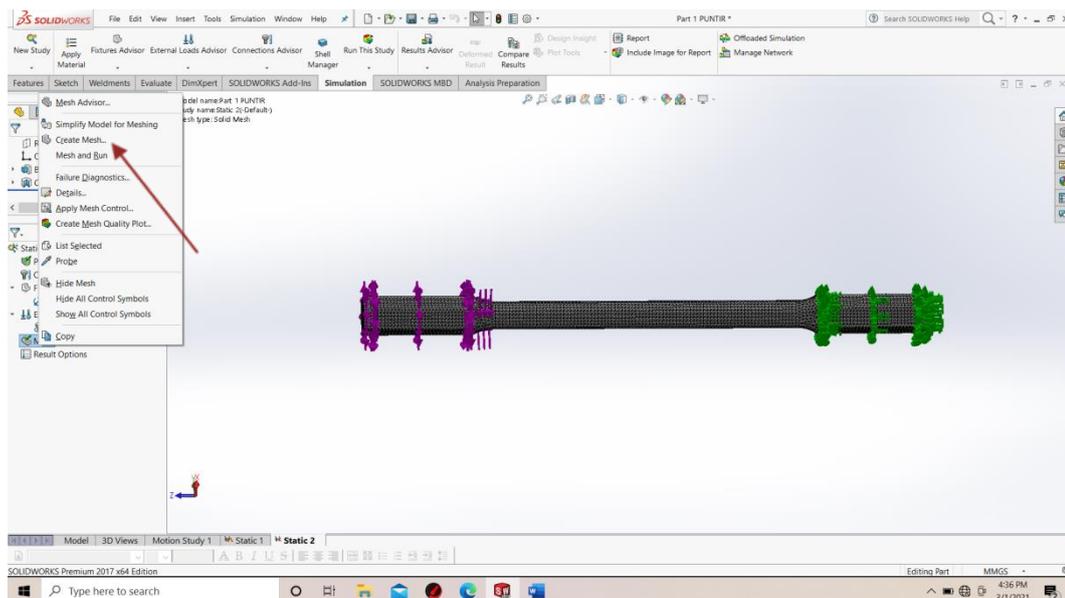
Torque berfungsi untuk memutar material sesuai arah jarum jam maupun sebaliknya. Pada geometri ini, torque memutar specimen uji sesuai pada prinsip pengujian puntir.



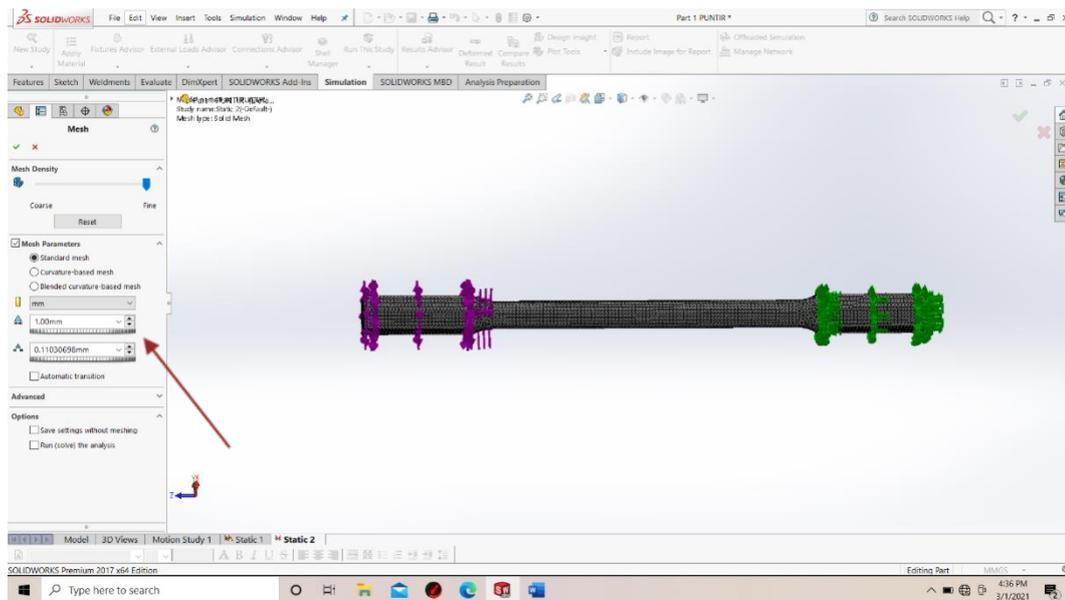
Gambar 4.11. menentukan titik yg dipilih pada *Torque*

4.1.2.9. Penentuan Mesh geometri uji 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 4.12. Menentukan Mesh uji puntir



Gambar 4.13. menentukan nilai mesh pada spesimen uji puntir

3.4.4. Perhitungan Data Analisis dan Penulisan Tugas Akhir

Ketika proses pengujian simulasi selesai selanjutnya dilakukan perhitungan data dan analisis data. Dimana data yang telah di dapat akan di tulis sebagai bagian dari isi Tugas Akhir.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Puntir.

- a. Berikut merupakan hasil pengujian pada spesimen baja carbon rendah berstandart ASTM E-143, yang kemudian dilakukan pengujian dengan uji puntir (*torsion testing*). Dan dilakukan simulasi dengan menggunakan software solidwork. di laksanakan di laboratorium Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, dengan hasil yang dapat di lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Spesimen sebelum dilakukan pengujian puntir

b. Spesimen setelah dilakukan pengujian.

Berikut merupakan hasil dari pengujian puntir pada specimen baja karbon rendah yang berstandart ASTM E-143. Dengan reaksi $N.cm = 2865$ dengan $Angle = 58^\circ$



Gambar 4.2 Spesimen sesudah dilakukan pengujian 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

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

$$\gamma = \frac{58.4}{100} = 2,32$$

4. Nilai Tegangan Geser

$$\tau = \frac{T.r}{lp}$$

$$\tau = \frac{2864.4}{0,040192} = 285031,84713N / cm^2$$

$$= 2850318471,3N / m^2 \rightarrow 2,85 \times 10^9$$

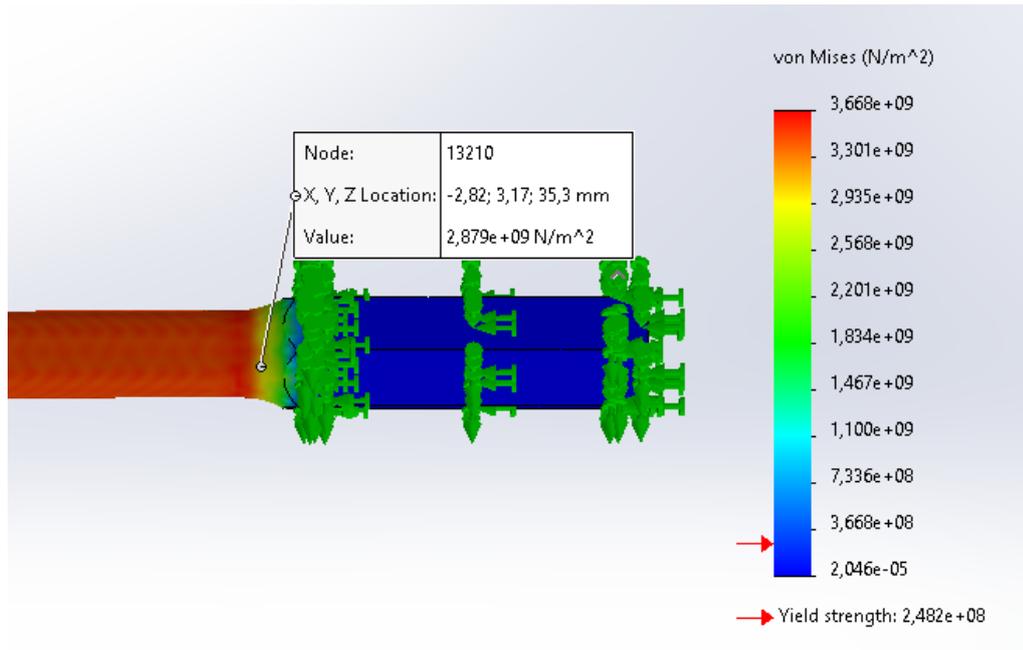
5. Modulus gelincir

$$G = \frac{\tau}{\gamma}$$

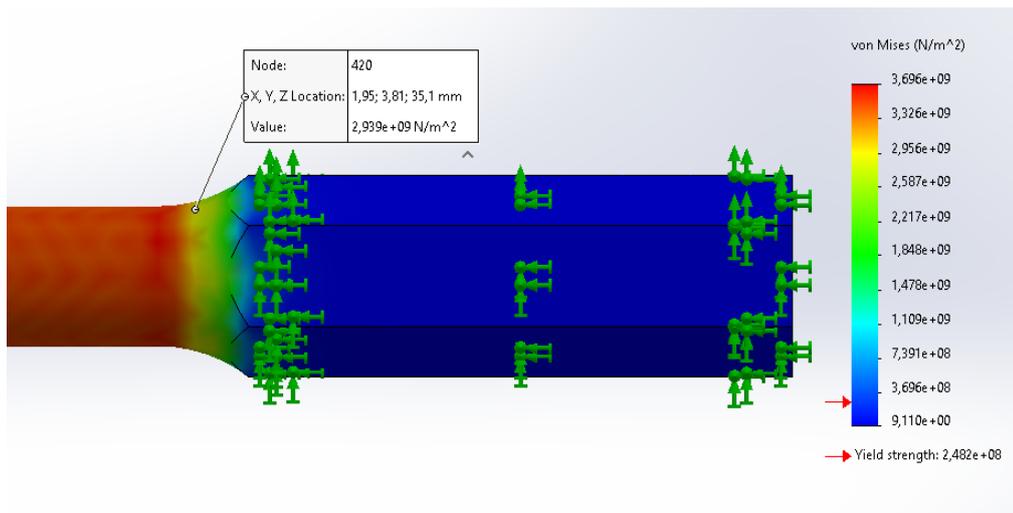
$$G = \frac{629,28}{3,536} = 177,96N / mm^2$$

4.1.1 Hasil Simulasi.

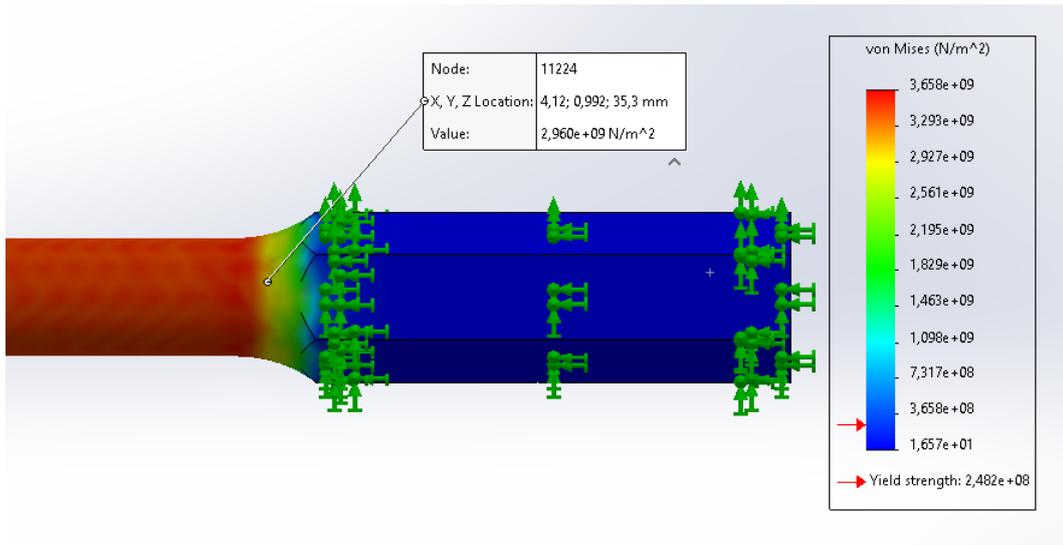
Berikut ini adalah hasil simulasi pengujian tarik dengan nilai total elemen yang berbeda.



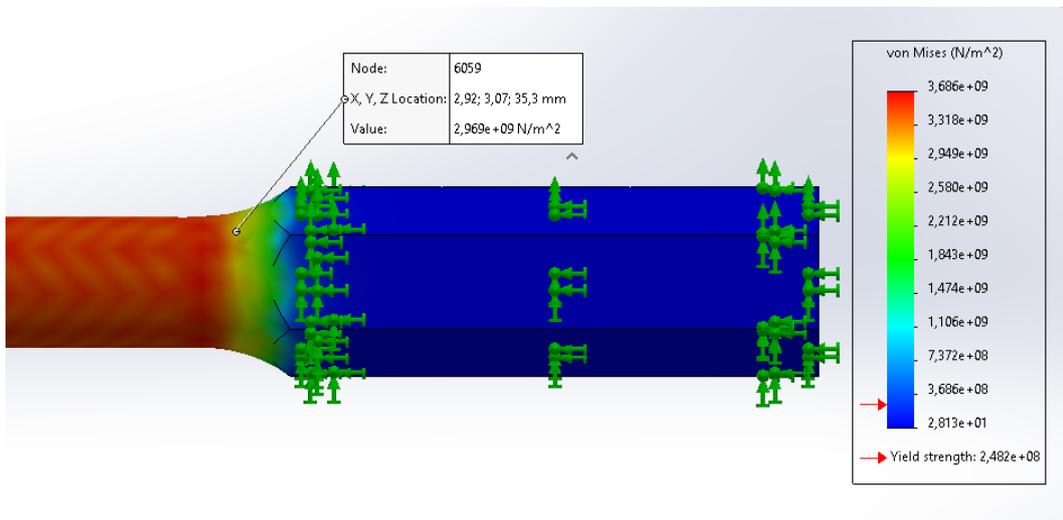
Gambar (a) Total elemen 10051.



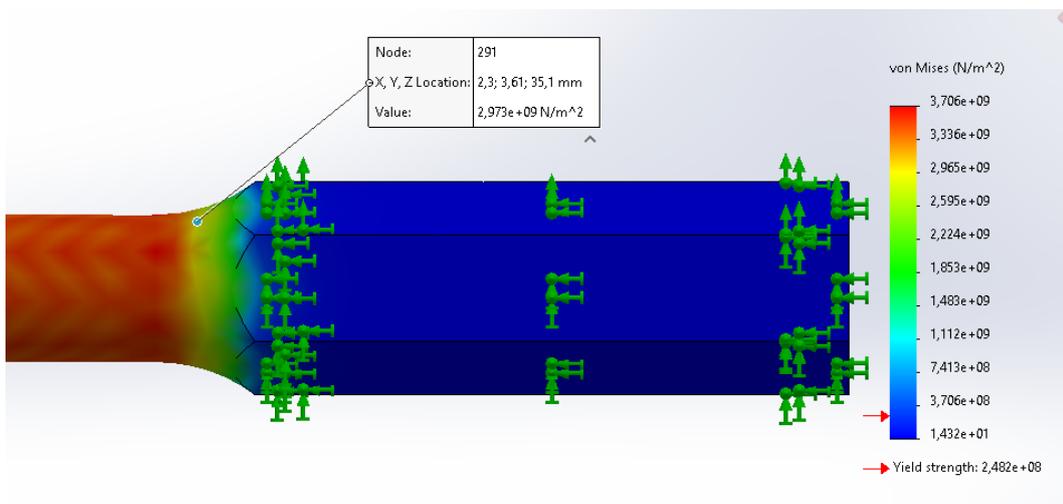
Gambar (b) Total elemen 9234.



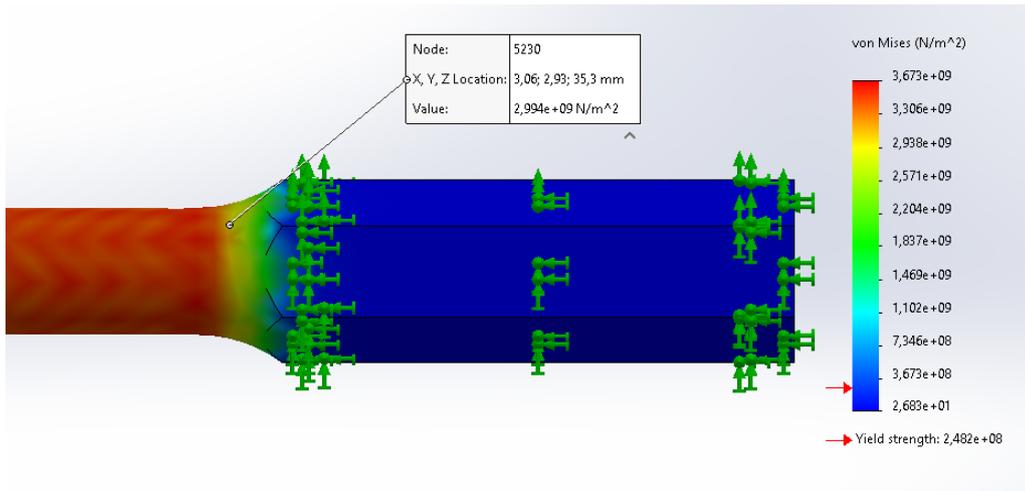
Gambar (c) Total elemen 8441.



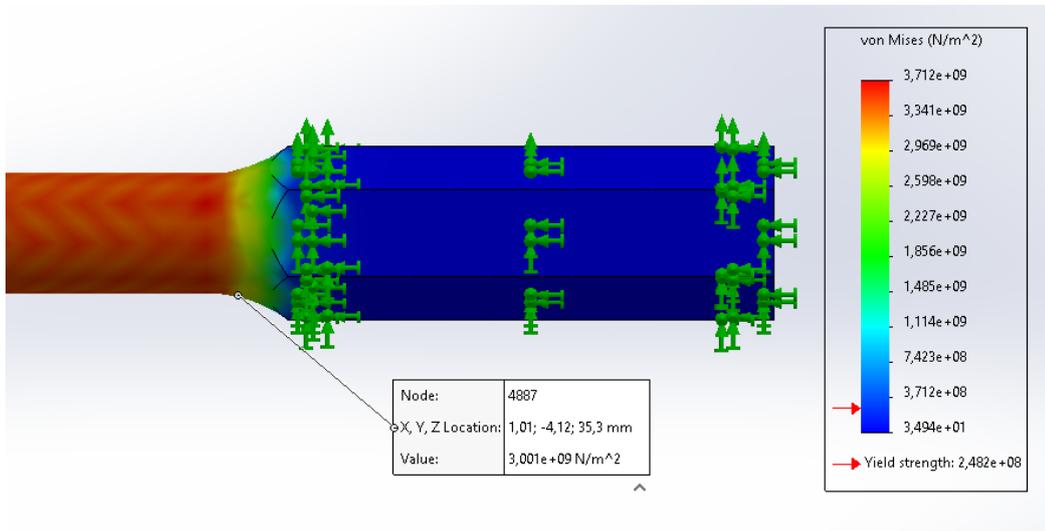
Gambar (d) Total elemen 4614.



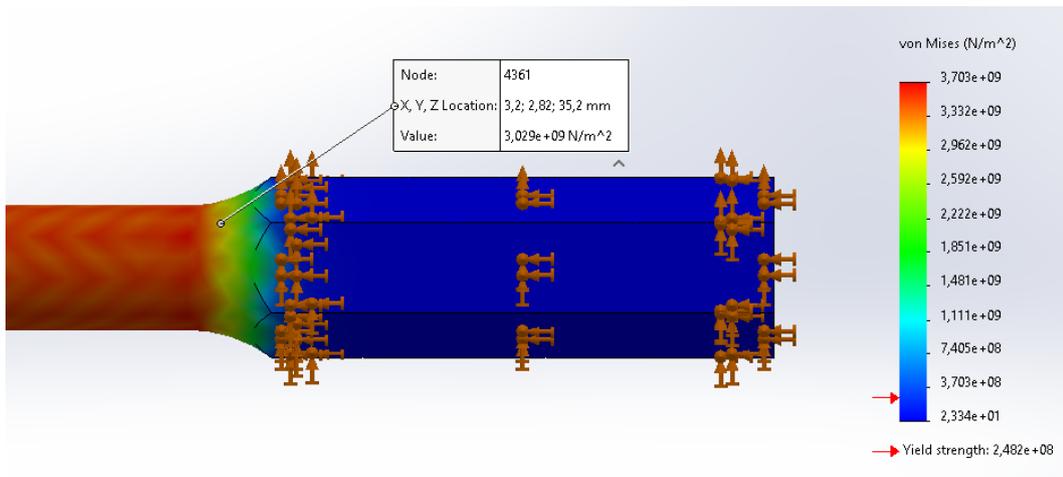
Gambar (e) Total elemen 4592.



Gambar (f) Total elemen 4031.



Gambar (g) Total elemen 3676.



Gambar (h) Total elemen 3336.

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

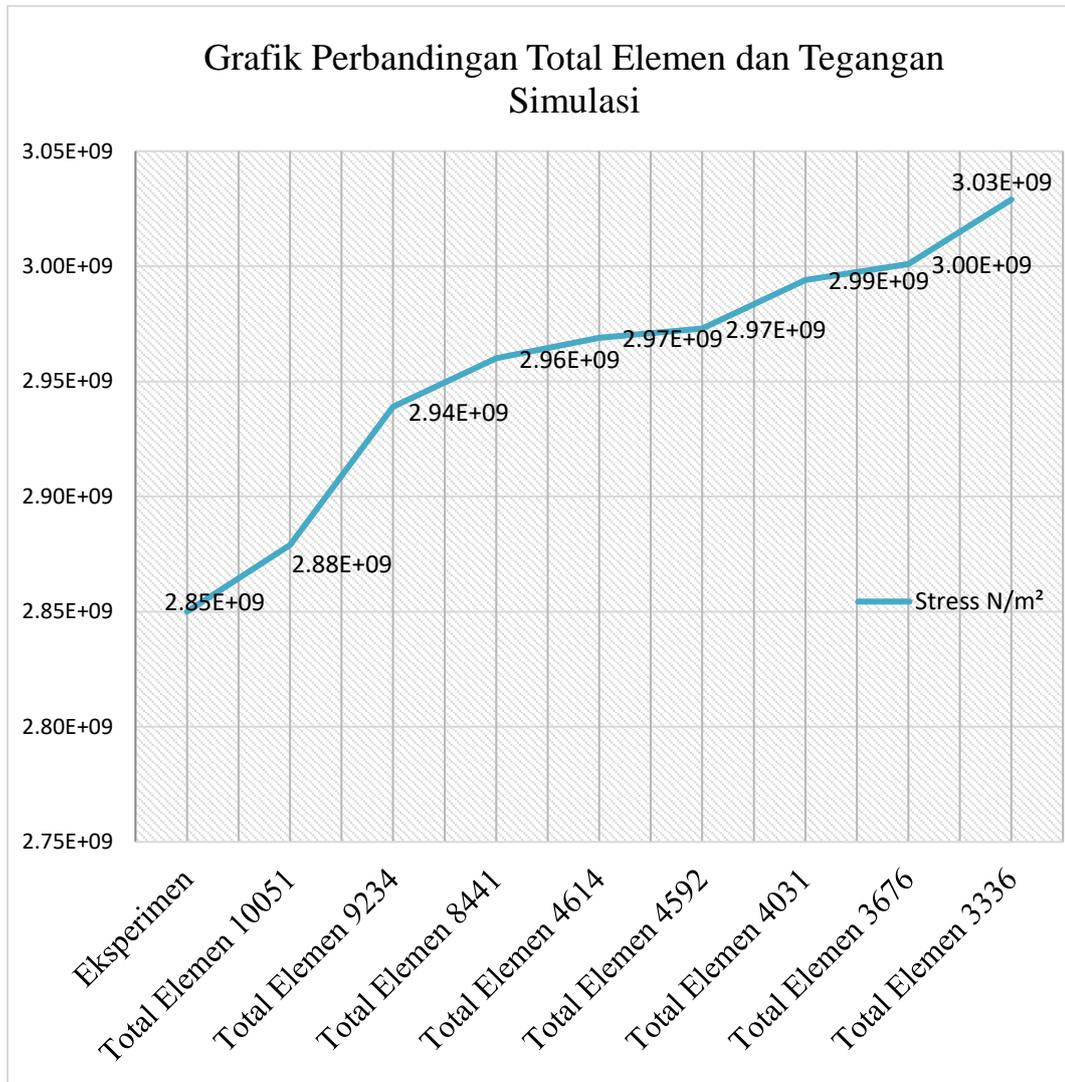
Hasil simulasi pengujian tarik yang telah dilakukan di software solidwork dengan ukuran yang berbeda pada total elemen 10051 mendapatkan nilai tegangan : $2,879e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (a), total elemen 9234 mendapatkan nilai tegangan : $2,939e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (b), total elemen 8441 mendapatkan nilai tegangan : $2,960e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (c), total elemen 4614 mendapatkan nilai tegangan : $2,969+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (d), total elemen 4592 mendapatkan nilai tegangan : $2,973e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (e), total elemen 4031 mendapatkan nilai tegangan : $2,994e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (f), total elemen 3676 mendapatkan nilai tegangan : $3,001e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (g), dan total elemen 3336 mendapatkan nilai tegangan : $3,029e+09$ 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.

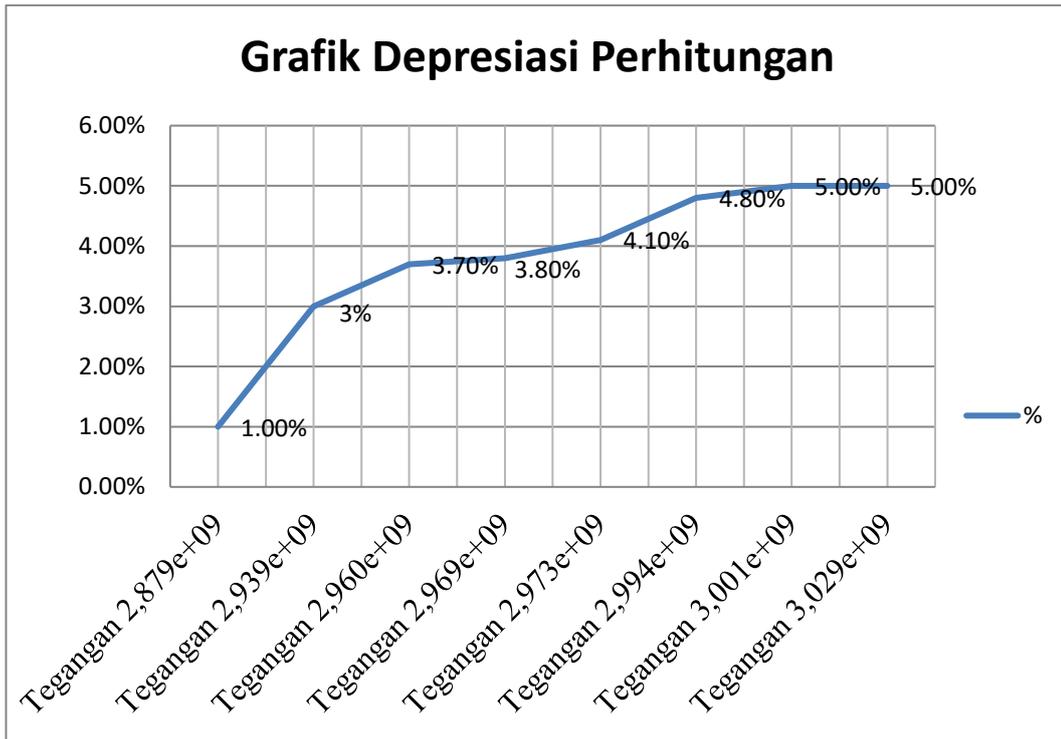
No	Total Node	Total Elemen	Simulasi	Eksperimen	Depresiasi Perhitungan
			Tegangan N/m ²	Tegangan N/m ²	
1	16020	68268	$2,879e+09$	$2,85 \times 10^9$	1%
2	14840	46242	$2,939e+09$		3%
3	13701	27224	$2,960e+09$		3,8%
4	7972	20693	$2,969+09$		3,8%
5	7776	18746	$2,973e+09$		4,1%
6	6911	17663	$2,994e+09$		4,8%
7	6402	16403	$3,001e+09$		5%
8	5796	16266	$3,029e+09$		5%

Hasil grafik perbandingan total elemen dan tegangan simulasi pengujian puntir 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.

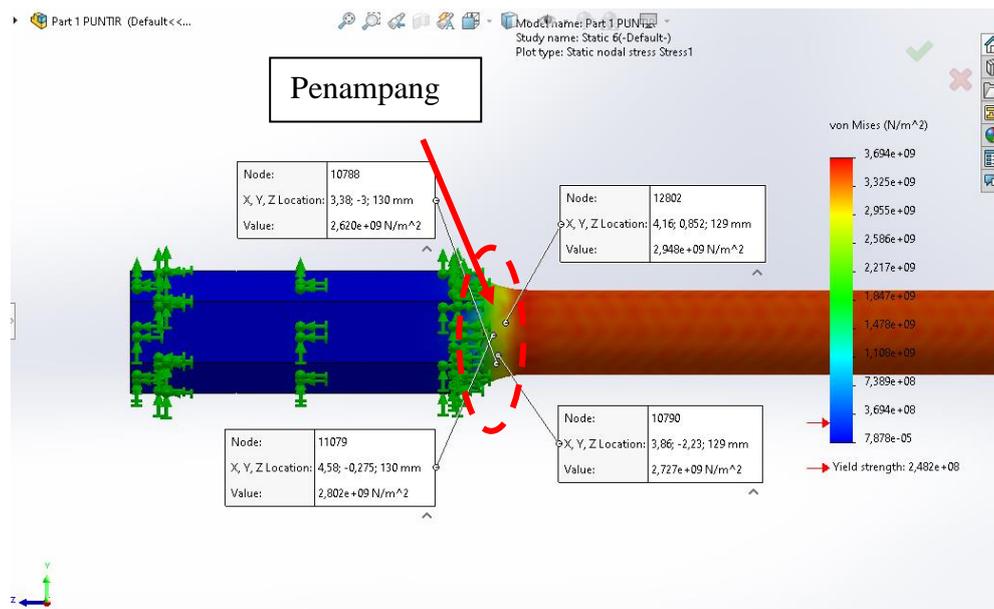
Setelah melakukan pengujian eksperimen dan simulasi pengujian puntir dengan total elemen yang berbeda, mendapatkan hasil bahwa semakin kecil nilai total elemen yang didapat maka semakin besar nilai tegangan yang diperoleh.



Gambar 4.5 Grafik depresiasi perhitungan.

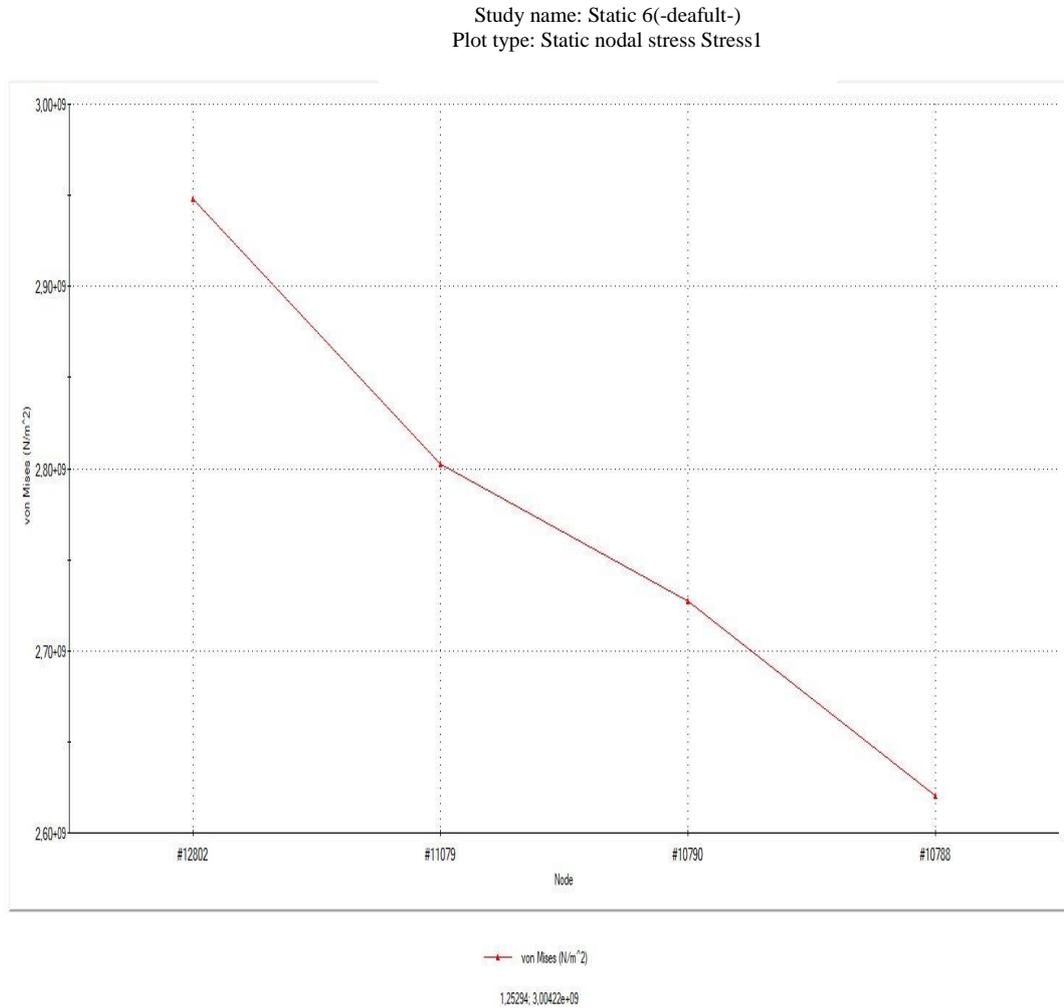
Dari grafik diatas dapat dijumlahkan nilai rata-rata depresiasi dari nilai eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai rata-rata 3,8 %.

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



Gambar 4.7 Distribusi tegangan pada penampang

Berdasarkan grafik konsentrasi dibawah ini dapat diketahui daerah radius tegangan tertinggi dan terendah.



Gambar 4.8 Grafik hasil tegangan pada penampang

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.

Berdasarkan dari hasil simulasi kekuatan puntir pada spesimen baja karbon rendah dengan standart ASTM E-143, peneliti berhasil melakukan simulasi dan membuat geometri analisis kekuatan puntir baja dengan *software solidworks*.

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hasil eksperimen dan simmulasi pengujian puntirpada spesimen bajakarbon rendahmendapatkan Hasil simulasi pengujian tarik yang telah dilakukan di software solidwork dengan ukuran yang berbeda pada total elemen 10051 mendapatkan nilai tegangan : $2,879e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (a), total elemen 9234 mendapatkan nilai tegangan : $2,939e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (b), total elemen 8441 mendapatkan nilai tegangan : $2,960e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (c), total elemen 4614 mendapatkan nilai tegangan : $2,969+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (d), total elemen 4592 mendapatkan nilai tegangan : $2,973e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (e), total elemen 4031 mendapatkan nilai tegangan : $2,994e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (f), total elemen 3676 mendapatkan nilai tegangan : $3,001e+09$ N/m² seperti gambar 4.3 (g), dan total elemen 3336 mendapatkan nilai tegangan : $3,029e+09$ N/m², dengan jumlahkan nilai rata-rata depresiasi dari nilai eksperimen dan simulasi mendapatkan nilai rata-rata 3,8 %.

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 lebih dikembangkannya lagi mengenai pembuatan spesimen uji puntir dengan standarisasi ASTM yang berbeda.
2. Melakukan simulasi uji puntir di *software solidworks* dengan ukuran mesh yang berbeda, untuk mendapatkan hasil yang akurat dan yang di inginkan.

3. Perbanyak reprensi seperti, jurnal, karya ilmiah dan lainnya, sebagai informasi penting dalam melakukan pengujian dan simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akin, J. E. (2009). *Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks*.
- Henra Heny Sigarlaki , Stenly Tangkuman, T. A. (2015). Aplikasi metode elemen hingga pada perancangan poros belakang gokar listrik Henra. *Teknik Mesin*, 4, 104–115.
- Industri, F. T. (2016). *Analisis frekuensi optimum pengujian horizontal fatigue pada berbagai rangka sepeda tipe trekking dengan Surabaya 2016*.
- 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*.
- Jatmiko, S., Jokosisworo, S., Belakang, L., & Masalah, B. (n.d.). *Analisa kekuatan puntir dan kekuatan lentur putar poros baja st 60 sebagai aplikasi perancangan bahan poros baling-baling kapal*.
- Metode, M., & Hingga, E. (2011). *50 analisa tegangan-regangan produk tongkat lansia dengan menggunakan metode elemen hingga Santoso Mulyadi 1. 4*, 50–58.
- Putra, T. D. (2014). Variasi bahan material dan ukuran diameter poros dengan menggunakan metode pengujian puntir. *Widya Teknika Vol.22 No.2; Oktober 2014 ISSN 1411 – 0660: 116 – 121*, 22(2), 116–121.
- Rahmanto, H. (2013). Simulasi v-bending dengan variasi kecepatan pembebanan terhadap keausan dies menggunakan software finite element. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Islam 45 Bekasi, Vol. 1*(No. 1).
- Sucipta, A., & Saggaff, A. (2013). *Dengan Menggunakan Profil Baja Ringan. 1*(1).
- 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. <https://doi.org/doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2435>

LEMBAR ASISTENSI PROPOSAL TUGAS AKHIR

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

Nama: Rais Syahbanadi Harahap
NPM: 1607230159

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Kamis 02/01/2020	Perbaiki isi dari latar belakang dan mencari jurnal ISSN.	A
2.	Jum`at 17/01/2020	Perbaiki kembali isi dari latar belakang.	A
3.	Kamis 23/01/2020	Perbaiki rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan dan manfaat.	A
4.	Jum`at 07/02/2020	Perbaiki bab 2 dan penulisannya.	A
5.	Kamis 27/02/2020	Perbaiki bab 3 dan membuat diagram alir.	A
6.	Jum`at 06/03/2020	Lengkapi kembali bab 3 alat, bahan dan diagram Alir	A
7.	Senin 22/02/2021	Lengkapi gambar hasil penelitian	A
8.	Senin 01/03/2021	Perjelas narasi hasil penelitian dan pembahasan	A
9.	Jum`at 12/03/2021	Lengkapi kesimpulan dan saran	A
10.	Senasa 16/03/2021	Ace Summary Hasil	A

LAMPIRAN

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

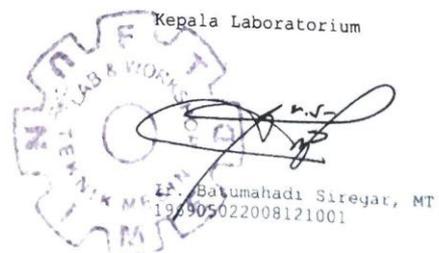
Sample ID	173		Material	Besi Plat ST37				
Costumer	Andre Irfandi		Dimension	62 mm x 254 mm x 6 mm				
Institution	FT Mesin UMSU		Filler Metal	-				
Lab No	-		Heat Treatment	-				
PTQ No	0		Heat No	-				

	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





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.

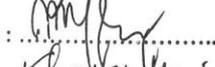
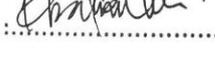
Ir. Batumahadi Siregar, S.T.,M.T.,IPM

NIP: 196905022008121001

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

Peserta seminar

Nama : Rais Syahbanadi Harahap
 NPM : 1607230159
 Judul Tugas Akhir : Analisa Kekuatan Puntir baja Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)

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	1607230159	Rais Syahbanadi Harahap	
2	1607230074	M. Ikhsan Himawan	
3	1607230169	LUDRY ANDREW	
4	1607230094	AHMAD SOFYAN	
5	1607230086	ANDRE IREANDI	
6	1607230087	FLERI ARDIANTO	
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 : Rais Syahbanadi Harahap
NPM : 1607230159
Judul T.Akhir : Analisa Kekuatan Puntir Baja Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidwork)

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 :

perbaikannya yg harus dilakukan dpt dilihat pada draft skripsi.

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

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

NAMA : Rais Syahbanadi Harahap
NPM : 1607230159
Judul T.Akhir : Analisa Kekuatan Puntir 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 : 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

1946

Bila menyurat, harap dicantumkan nomor dan tanggalnya.

MAJLIS PENDIDIKAN, PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 1 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUKUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2028/IL.3.AU/UMSU-07/F / 2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berdasarkan rekomendasi atas Nama ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 26 November 2019 dengan menetapkan :

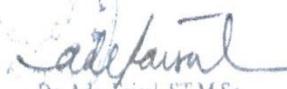
Nama : RAIS SYAHBANADI HARAHAP
Npm : 1607230159
Program Study : TEKNIK Mesin
Semester : VII (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : ANALISA KEKUATAN PUNTIR BAJA DENGAN METODE ELEMEN HINGGA MENGGUNAKAN SOFT WARE (SOLIDWORK
Pembimbing I : AFFANDI ST.MT.

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 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 Rabiul Awal 1441 H
26 November 2019 M

An. Dekan
Wakil Dekan I

Dr. Ade Faisal ST.M.Sc

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama	: Rais Syahbanadi Harahap
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Tempat Dan Tanggal Lahir	: Pematangsiantar, 18 Desember 1998
Alamat	: Jln, Sriwijaya GG.Gapura Pematangsiantar
Agama	: Islam
E-Mail	: raissyahbaadi07@gmail.com
No. Hp	: 083171278746

B. RIWAYAT HIDUP

1. Sdn 122365 Pematangsiantar : 2004-2010
2. Smp Muhammadiyah Pematangsiantar : 2010-2013
3. Smk Taman Siswa Pematangsiantar : 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara : 2016-2021