

## Analisis Numerik Kekuatan Puntir Baja Karbon Rendah Menggunakan Software (Solidworks)

Affandi<sup>1\*</sup>, Syaiful Huzni<sup>2</sup>

Email corresponding author: [affandi@umsu.ac.id](mailto:affandi@umsu.ac.id)

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik Universitas Syah Kuala Banda Aceh, Indonesia

Article history: Received: 16 November 2020 | Revised: 20 Desember 2021 | Accepted: 24 Desember 2021

**Abstract.** *One of the components, namely the shaft that is subjected to torsion will experience torsional deformation. The greater the torsional deformation indicates the ability of the engine components is low, and vice versa. The problem that often occurs during torsional testing is that processing the data into a shear stress-strain curve requires a lot of effort. If the specimen used is a solid rod, there will be a fairly steep stress gradient along the cross-section of the specimen making measurements difficult. The objective of this research is to identify and analyze the torsional strength test on low carbon steel by a numerical method using SolidWorks software. The torsion test specimen is low carbon steel with ASTM E-143 standard. This research method begins with a literature study, testing the composition of the test specimen, making and modeling torsion test specimens. After that, torsional testing was carried out which was then carried out with static simulation tests. Then perform a torsional strength analysis using the finite element method using software (SolidWorks). Based on the results of geometry making and modeling of torsion test specimens with ASTM E-143 standard, that the stress distribution that occurs on the surface of the specimen angle area has a value that is not too significant, ranging from  $2.879e+09$  and  $2.973e+09$ . However, it is necessary to simulate the torsion test of the SolidWorks software with varying mesh sizes and torsion test specimens with different ASTM standards.*

**Keywords -** *Torsion Test, Solidworkss Simulation, ASTM E-143*

**Abstrak.** *Salah satu komponen yaitu poros yang dikenai puntiran akan mengalami deformasi puntir. Semakin besar deformasi puntir menunjukkan kemampuan dari komponen mesin rendah, begitu sebaliknya. Permasalahan yang sering terjadi pada saat dilakukannya pengujian puntir adalah 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. Objektif dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan menganalisa pengujian kekuatan puntir pada baja karbon rendah dengan metode numerik menggunakan sofeware solidworks. Spesimen uji puntir adalah baja karbon rendah dengan standart ASTM E-143. Metode penelitian ini diawali dengan studi literatur, menguji komposisi spesimen uji, membuat dan melakukan pemodelan spesimen uji puntir. Setelah itu dilakukan pengujian puntir yang selanjutnya dilakukan pengujian simulasi statik. Kemudian melakukan analisis kekuatan puntir dengan metode elemen hingga menggunakan software (solidworks). Berdasarkan hasil pembuatan geometri dan pemodelan spesimen uji puntir dengan standart ASTM E-143, bahwa distribusi tegangan yang terjadi pada permukaan area sudut spesimen memiliki nilai yang tidak terlalu signifikan berkisar  $2.879e+09$  N/m<sup>2</sup> dan  $2.973e+09$  N/m<sup>2</sup>. Namun perlu dilakukan simulasi uji puntir software solidworkss dengan ukuran mesh yang bervariasi serta spesimen uji puntir dengan standart ASTM yang berbeda.*

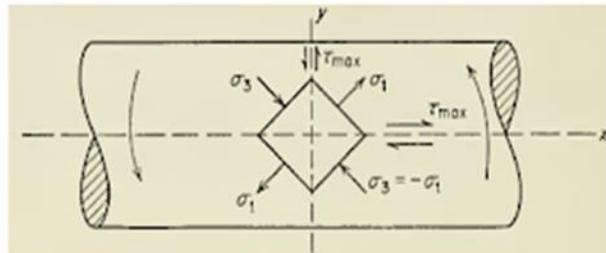
**Kata Kunci -** *Uji Puntir, Simulasi Solidwoks, ASTM E-143*

### PENDAHULUAN

Komponen mesin yang berputar menerima beban dinamik diantaranya adalah puntiran. Salah satu komponen yaitu poros yang dikenai puntiran akan mengalami deformasi puntir [1–4]. Semakin besar deformasi puntir menunjukkan kemampuan dari komponen mesin rendah, begitu sebaliknya. Hal ini berlaku jika komponen mesin mempunyai bahan, dimensi, dan beban puntir yang sama. Permasalahan yang sering terjadi pada saat dilakukannya pengujian puntir adalah 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.

Kemudian pada material yang mengalami pembebanan berulang dan akan mengakibatkan patah yang diawali dengan adanya retak lelah (fracture fatigue). Retak lelah diawali dari adanya retak mikro yang telah terbentuk jauh sebelum patah lelah terjadi [5, 6]. Seiring dengan semakin bertambahnya waktu operasi komponen mesin maka retak

fatig semakin melebar dan membesar sampai pada akhirnya luasan yang tersisa tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan, yang pada akhirnya komponen mesin akan patah. Gambar 1 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.



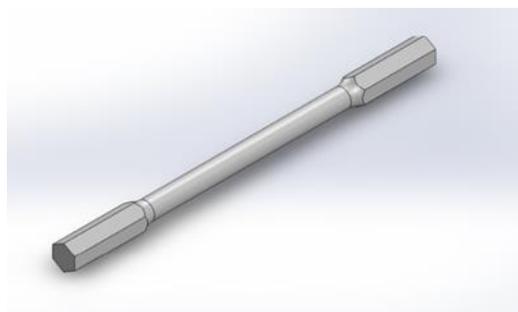
**Gambar 1.** Keadaan Titik di Permukaan Benda Uji

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 antara elemen dinamakan simpul atau titik simpul dan permukaan antar elemen – elemen disebut garis simpul dan bidang simpul [7].

Objektif dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan menganalisa pengujian kekuatan puntir pada baja karbon rendah dengan metode numerik menggunakan software solidworks.

## METODE

Penelitian ini dilakukan Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin dan Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan. Spesimen uji yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah, seperti terlihat pada gambar 2 dibawah ini.



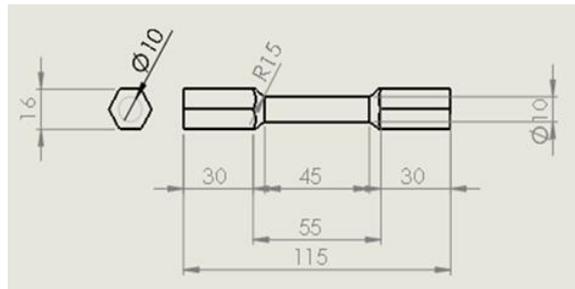
**Gambar 2.** Spesimen Uji Puntir

Komposisi spesimen uji puntir ditunjukkan pada tabel 1, dibawah ini. Komposisi spesimen uji dilakukan dengan menggunakan mesin optical emission spectrscopy.

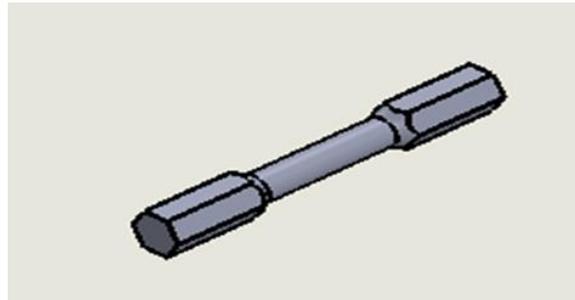
**Tabel 1.** Komposisi Material

Spessimen	C (%)	Si (%)	S (%)	P (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)	Cu (%)	Al (%)
Baja Profil Segi Enam	0.189	0.0461	0.0133	0.0188	1.18	1.70	0.0449	0.0272	0.0474

Pembuatan specimen uji puntir dibuat berdasarkan standart ASTM E-143 yang sebelumnya dilakukan geometri dan pemodelan pada specimen uji puntir seperti terlihat pada gambar 3 dan 4 dibawah ini.



**Gambar 3.** Geometri Spesimen Uji Puntir ASTM E-143

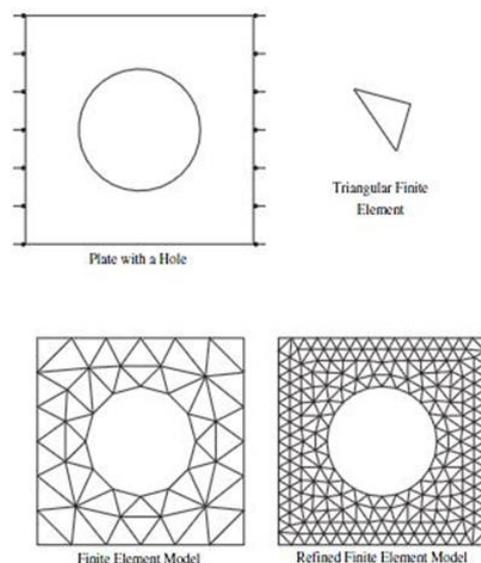


**Gambar 4.** Pemodelan Spesimen Uji Puntir ASTM E-143

Metode penelitian ini dimulai dengan melakukan persiapan alat uji, menguji komposisi spesimen uji, membuat dan melakukan pemodelan spesimen uji puntir. Setelah spesimen uji selesai dibuat, maka dilakukan pengujian puntir yang selanjutnya dilakukan pengujian simulasi statik. Kemudian melakukan analisis kekuatan puntir dengan metode elemen hingga menggunakan software (solidworks).

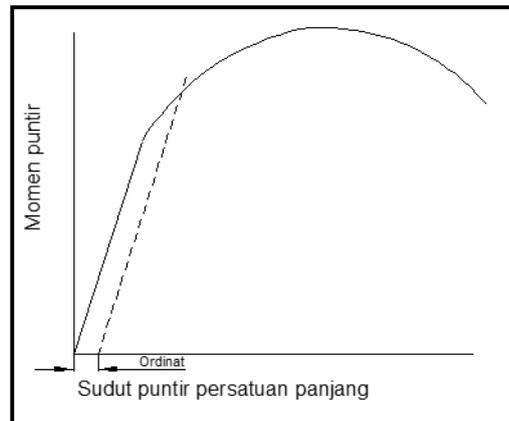
Metode ini digunakan pada masalah – masalah rekayasa dimana exact solution/analytical solution tidak dapat menyelesaikannya. Inti dari FEM adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi beberapa bagian dengan jumlah hingga (finite). Bagian-bagian ini disebut elemen yang tiap elemen satu dengan elemen lainnya dihubungkan dengan noda (node). Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian disebut meshing [8–10].

Untuk menggambarkan dasar pendekatan FEM perhatikan gambar. Gambar 5 adalah gambar sebuah plate yang akan dicari distribusi temperaturnya. Bentuk geometri plat di "meshing" menjadi bagian – bagian kecil bentuk segitiga untuk mencari solusi yang berupa distribusi temperatur plat. Sebenarnya kasus ini dapat diselesaikan dengan cara langsung yaitu dengan persamaan kesetimbangan panas (heat balance equation). Namun untuk geometri yang rumit seperti engine block diperlukan FEM untuk mencari distribusi temperature [11, 12].



**Gambar 5.** Meshing Pada Plate.

Pengukuran yang dilakukan pada uji puntir adalah momen puntir dan sudut punter. 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 diperlukan rumus yang berbeda pula untuk mencari tegangan geser, terlihat pada gambar 6 grafik momen puntir terhadap sudut puntir [8].



**Gambar 6.** Grafik Momen Puntir Terhadap Sudut Punter.

Sifat-sifat mekanik yang terdapat pada pengujian punter, yaitu :

- Modulus elastisitas geser

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

$$G = \frac{\tau}{\nu} = \frac{T.L}{J.\theta} \quad (1)$$

Keterangan :

G : modulus elastisitas geser

$\tau$  : tegangan geser

$\gamma$  : renggangan geser

T : momen lentur

L : panjang spesimen

J : momen inersia

- 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.

- Modulus pecah

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

$$J = \frac{\pi.D^4}{32} \quad (2)$$

maka besarnya modulus pecah terbesar yaitu :

$$\tau_u = \frac{16.M_{\max}}{\pi.D^3} \quad (3)$$

keterangan :

$\tau_u$ = modulus of repture

r = diameter spesimen

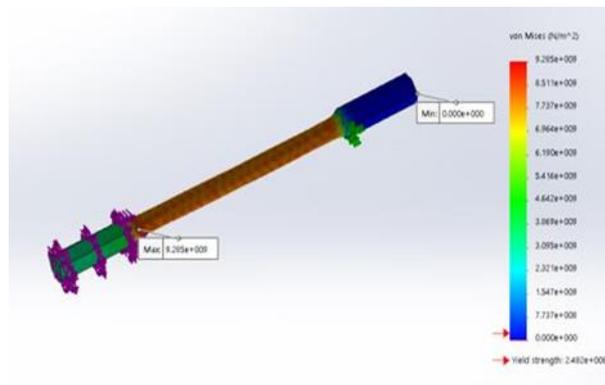
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ukuran mesh dan jumlah elemen hasil meshing dapat kita lihat pada tabel 2 dibawah ini :

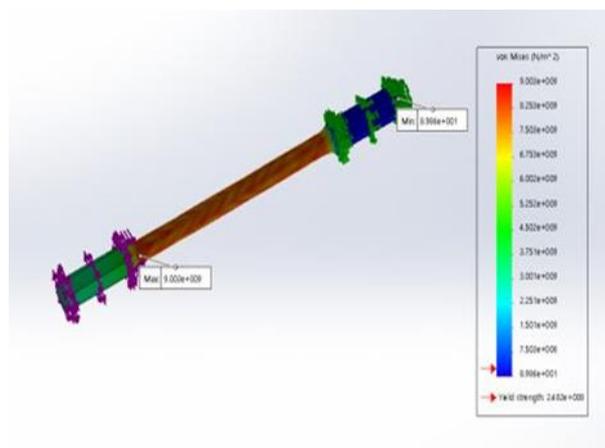
**Tabel 2.** Ukuran Mash dan Jumlah Elemen Hasil Meshing

NO	Ukuran Mesh	Total Note	Total Elemen	Tegangan N/m <sup>2</sup>
	Ekspersimen			2.850e+09
a	2	16020	68268	2.879e+09
b	4	14840	46242	2.939e+09
c	6	13701	27224	2.960e+09
d	8	7776	20693	2.969e+09
e	10	7722	18746	2.973e+09

Hasil simulasi baja karbon rendah yang telah dilakukan di software solidworks dengan ukuran rasio mesh yang berbeda yaitu mesh 2, 4, 6, 8, dan 10. Gambar dibawah ini adalah hasil simulasi yang telah dilakukan pada software solidworks dengan spesimen baja karbon rendah. Untuk variasi panjang sisi elemen 4 dan 8 distribusi yang terjadi pada permukaan area sudut spesimen memiliki nilai hampir sama, ini dapat dilihat dari sebaran warna distribusi pada hasil pengujian. Hasil simulasi panjang sisi elemen 4 dan 8 ditunjukkan pada gambar 7 dibawah ini.



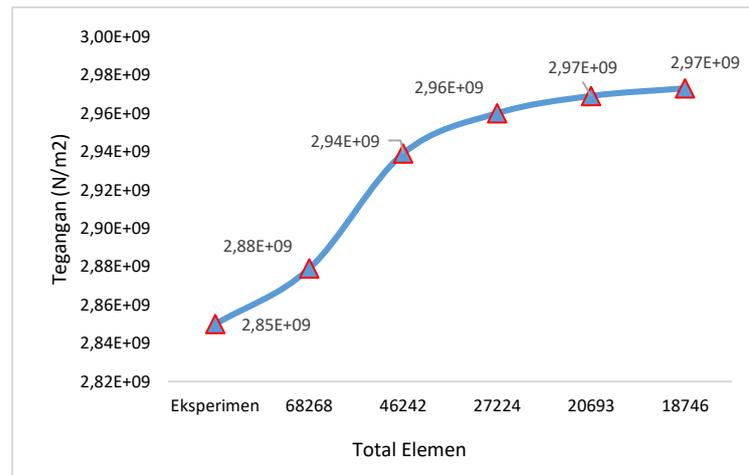
Gambar. b (4)



Gambar. d (8)

**Gambar 7.** Hasil Simulasi Dengan Panjang Elemen b (4) dan d (8)

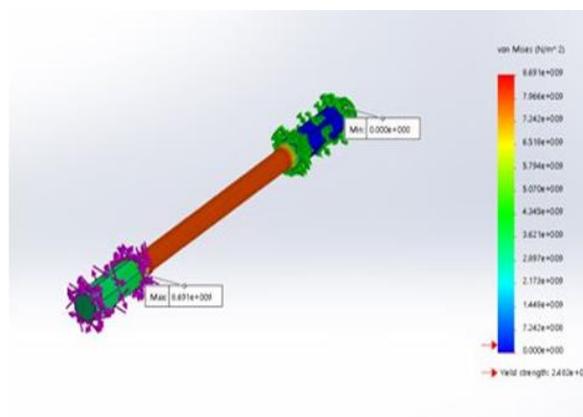
Gambar 8 grafik perbandingan total elemen dan tegangan simulasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



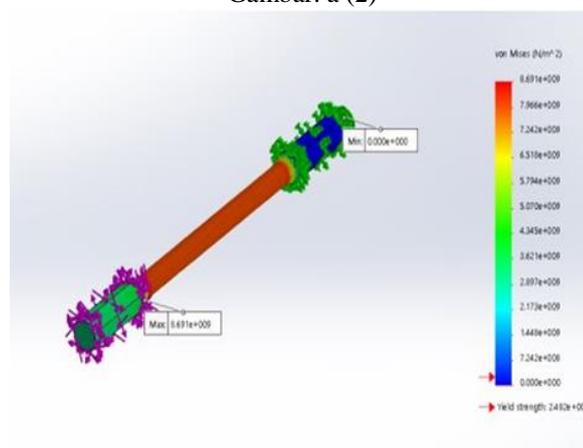
**Gambar 8.** Grafik Perbandingan Total Elemen dan Tegangan Simulasi

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.

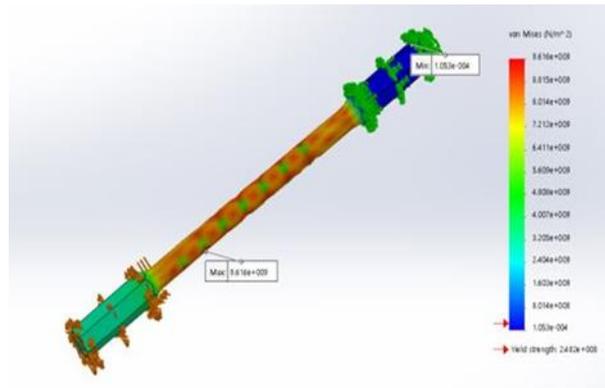
Selanjutnya gambar dibawah ini menunjukkan hasil simulasi dengan panjang sisi elemen 2, hasil simulasi menunjukkan terjadi perbedaan distribusi tegangan pada permukaan area sudut spesimen, ini terlihat adanya titik-titik warna distribusi berbeda pada hasil simulasi. Perbedaan distribusi ini semakin terlihat jelas pada hasil simulasi dengan panjang sisi elemen 6 dan 10. Ini dapat dilihat jelas di area sudut, hal ini menunjukkan sebaran distribusi menjadi lebih merata dan sebaran ini sesuai dengan teori pada umumnya dimana area yang bersudut mengalami stress pada permukaan dibandingkan area permukaan lainnya. Berikut gambar 9 dibawah ini adalah hasil simulasi panjang sisi elemen 2, 6 dan 10.



Gambar. a (2)



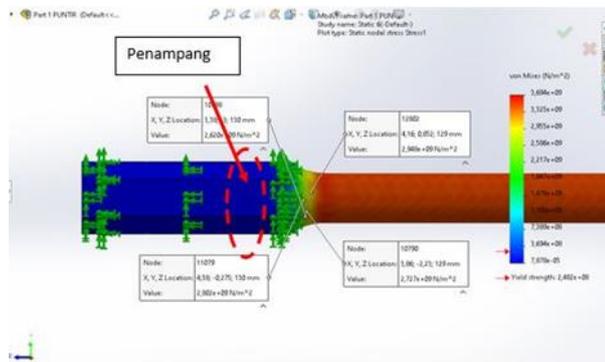
Gambar. C (6)



Gambar. e (10)

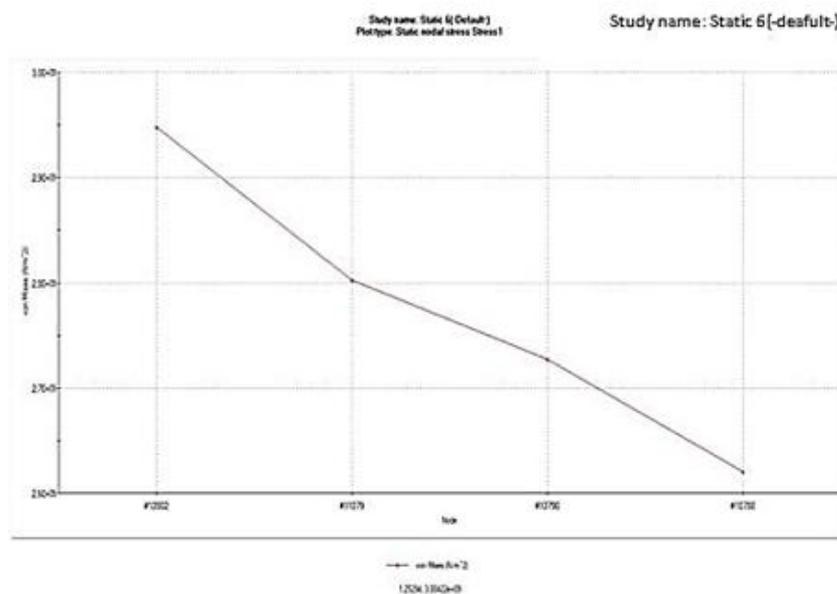
**Gambar 9.** Hasil Simulasi Dengan Panjang Elemen a.(2),c.(6),dan e. (10).

Berikut ini adalah titik node tegangan pada penampang stress konsentrasi yang dapat dilihat pada gambar 10 dibawah ini:



**Gambar 10.** Distribusi Tegangan Pada Penampang

Kemudian berdasarkan grafik konsentrasi pada gambar 11 dibawah ini dapat diketahui daerah radius tegangan tertinggi dan terendah.



**Gambar 11.** Grafik Hasil Tegangan Pada Penampang

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan geometri dan pemodelan spesimen uji puntir dengan standart ASTM E-143, bahwa distribusi tegangan yang terjadi pada permukaan area sudut spesimen memiliki nilai yang tidak terlalu signifikan berkisar  $2.879e+09$  dan  $2.973e+09$ . Namun perlu dilakukan simulasi uji puntir software solidworkss dengan ukuran mesh yang bervariasi serta spesimen uji puntir dengan standart ASTM yang berbeda.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan apresiasi serta terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (LPPM – UMSU). Penelitian ini didanai oleh program hibah internal UMSU dengan nomor skema : 43/II.3-AU/UMSUR-LP2M/C/2021. Serta ucapan terima kasih juga penulis samapaikan kepada Pengelola Jurnal REM Universitas Sidoarjo yang telah memberikan kesempatan untuk mempublish artikel ilmiah dari peneulis.

## REFERENSI

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Setiawan, A. H. & Iswanto, (2019). Pengaruh Putaran Spindel dan Cairan Pendingin terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4140 pada Proses Pembubutan, *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 4(1): 1-15.
- [5] Henra Heny Sigarlaki , Stenly Tangkuman, T. A. (2015). Aplikasi metode elemen hingga pada perancangan poros belakang gokar listrik Henra. *Teknik Mesin*, 4, 104–115.
- [6] Industri, F. T. (2016). Analisis frekuensi optimum pengujian horizontal fatigue pada berbagai rangka sepeda tipe trekking dengan Surabaya 2016.
- [7] 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).
- [8] 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.
- [9] Metode, M., & Hingga, E. (2011). 50 analisa tegangan-regangan produk tongkat lansia dengan menggunakan metode elemen hingga Santoso Mulyadi 1. 4, 50–58.
- [10] Akin, J. E. (2009). *Finite Element Analysis Concepts via Solidworkss*.
- [11] Sucipta, A., & Saggaff, A. (2013). Dengan Menggunakan Profil Baja Ringan. 1(1).
- [12] Umurani, K., & Amri, T. (2018). Desain dan simulasi suspensi sepeda motor dengan solidworks 2012. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 1(1), 131–139. <https://doi.org/doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2435>