

## Validasi Nilai Simulasi Faktor Keamanan Pada Putaran Kritis Poros ST41

Fajar Anggara\*

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta  
Penulis korespondensi: fajar.anggara@mercubuana.ac.id

Histori artikel: diserahkan 18 Oktober 2020, direviu 20 Oktober 2020, direvisi 25 Oktober 2020

### ABSTRACT

A Shaft has been widely used in machinery construction, transmitting power from one component to another. Firstly, the shaft must be calculated for its safety factor before being used for the actual application. In this study, the specimen used for testing was ST 41 material. The safety factor is essential for engineering design, used to evaluate that machine elements' system is guaranteed safety with minimal dimensions. The way to find the safety factor of this test tool is to use actual calculations and simulations on the Solidworks software. The value of the safety factor obtained from the calculation will be compared with SolidWorks software's simulation results. The results obtained in a calculation analysis for the actual stress of  $6,65 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> and the safety factor of 55, while for the actual stress (von Mises) in a simulation of  $6,8 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> and its safety factor of 54. After validating the data, there is a difference of 1.1% for the actual stress and 0.9% for the value of its safety factor.

**Keywords:** Shaft, ST 41 material, safety factor, SolidWorks

**DOI:** <https://doi.org/10.18196/jqt.020120>

**Web:** <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/10074>

### PENDAHULUAN

Poros merupakan komponen mekanik yang sangat penting dalam sistem poros-rotor yang berfungsi untuk meneruskan daya. Pada kondisi berputar, poros akan menghasilkan getaran karena pada sistem poros-rotor mengalami berbagai jenis beban dinamik yang bekerja pada arah radial, aksial dan torsi. Beban dinamik yang bekerja pada sistem poros-rotor akan menghasilkan getaran dalam bentuk getaran aksial, radial dan torsional yang kemudian ditransmisikan ke struktur pendukung melalui bantalan. Untuk dapat menganalisa getaran dan menentukan batas operasi yang aman pada mesin-mesin rotasi, maka karakteristik dinamik poros perlu diketahui dengan baik. Salah satu karakteristik yang sangat penting untuk perlu diketahui yaitu putaran kritis (Budynas & Nisbett, 2015).

Putaran kritis poros adalah putaran yang mengakibatkan terjadinya defleksi maksimum pada poros. Hal ini dapat mengakibatkan poros berputar dengan amplitudo yang besar, gejala ini disebut dengan *whirling shaft*. Fenomena *whirling* ini terlihat poros 2 berputar pada sumbunya dan pada saat yang sama, poros yang

terdefleksi relatif berputar mengelilingi sumbu poros. Hal ini akan selalu terjadi, bahkan pada sistem yang telah seimbang. Pada sistem yang seimbang, hal ini dapat disebabkan defleksi terjadi terkait dengan nilai batas kekakuan poros (Sularso & Suga, 2002).

Poros harus terlebih dahulu dianalisis faktor keamanannya, sebelum diaplikasikan secara langsung pada suatu sistem. Faktor keamanan berfungsi sebagai pengaman pada poros jika pada suatu keadaan poros tersebut menerima beban diluar atau melebihi dari perhitungan. Tujuannya agar struktur yang telah di desain tidak mengalami kegagalan. Faktor keamanan pada beberapa referensi di definisikan sebagai perbandingan antara *design overload* dengan *normal load*. Penentuan nilai faktor keamanan sangat tergantung pada berbagai parameter dan pengalaman. Parameter-parameter yang harus diperhatikan adalah jenis material, tipe dan mekanisme aplikasi beban, *state of stress*, dan lain-lain.

Berdasarkan pada parameter-parameter tersebut, telah dikembangkan Codes yang memuat cara perhitungan dan penentuan faktor keamanan untuk berbagai aplikasi khusus,

misalnya ASME B16.5 untuk *Flanges*, ASME *Pressure Vessel Codes*, DNV OS F101 *Submarine Pipeline*, ASME B106.1M *Transmission Shaft Design*, ASME-Elliptic dan kode-kode yang lain.

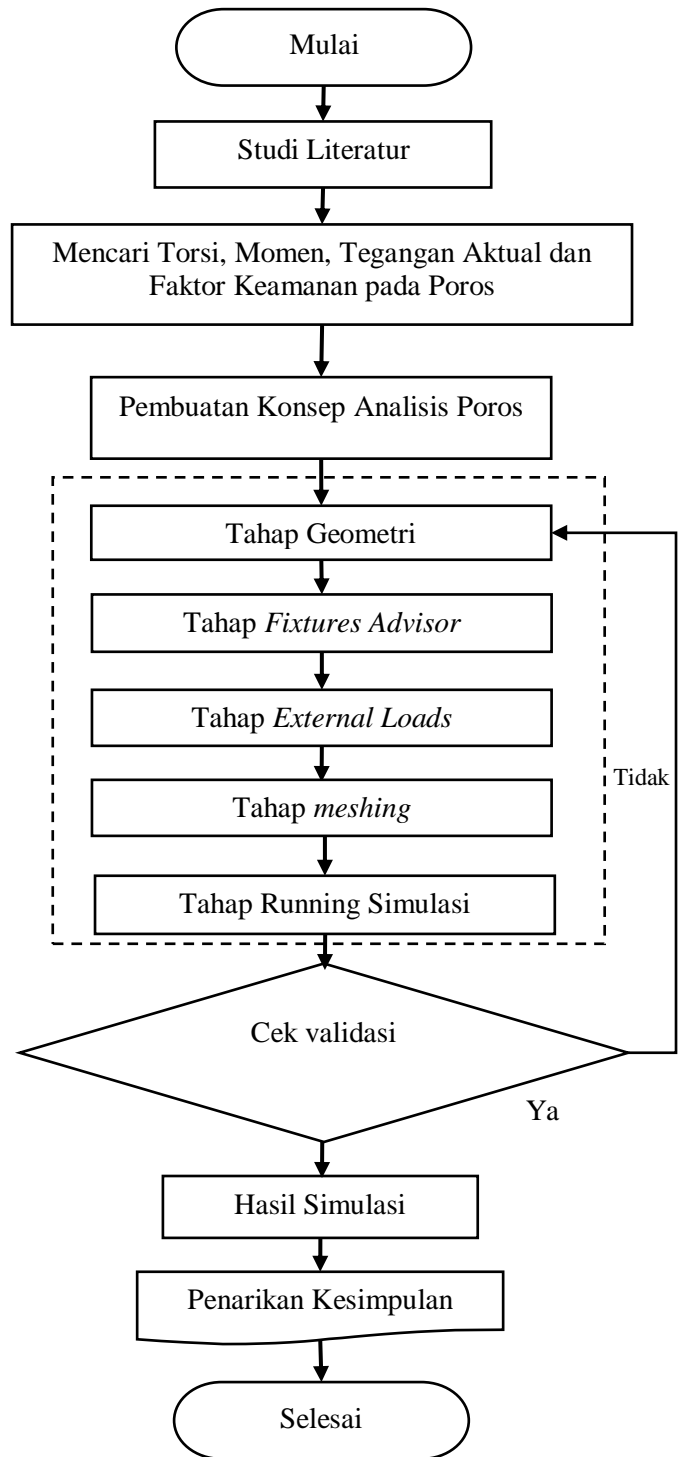
Sandar faktor keamanan yang digunakan pada alat uji putaran kritis poros ini adalah ASME B106.1M *Transmission Shaft Design* dan ASME-Elliptic. Dimana nilai faktor keamanan yang digunakan sekitar 1,3 sampai 6,0 berdasarkan penggunaan kritikal. Tetapi dalam keadaan khusus penggunaan nilai faktor keamanan dibawah 1,5 tidak dianjurkan.

Analisis faktor keamanan pada poros ST 41 menggunakan perhitungan secara aktual dan simulasi menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Pemilihan perangkat lunak SolidWorks ini karena sudah banyak digunakan pada perusahaan-perusahaan besar seperti Astra Honda Motor dan Toyota Astra Motor, karena memiliki berbagai keunggulan yaitu dapat memprediksi sejak awal berbagai dampak dari desain yang sedang dikerjakan serta berbagai perubahannya, baik dari segi kekuatan, tampilan, material yang dibutuhkan, keterkaitan dengan bagian atau komponen lainnya, bahkan sampai ke implikasi biaya (Abidin & Rama, 2015).

Simulasi sangat berguna selain menghemat biaya dan waktu juga membantu memahami suatu fenomena secara fisis. Sebelum digunakan lebih jauh lagi simulasi membutuhkan validasi nilai. Untuk itu penelitian ini dilakukan sebagai tahapan awal untuk menguji kepercayaan hasil simulasi dengan eksperimen.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah cara atau prosedur yang berisi tahapan-tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Dalam penyusunan penelitian ini dimulai dengan *study literature* dan pengumpulan data pengukuran poros yang selanjutnya digunakan untuk mencari faktor keamanannya. Untuk diagram alir dari proses menentukan faktor keamanan pada putaran kritis poros ST 41 secara aktual dan menggunakan perangkat lunak SolidWork adalah seperti pada Gambar 1 berikut ini:



GAMBAR 1. Diagram alir penelitian

*Mencari Faktor Keamanan dengan Perhitungan Aktual*

Poros yang berputar, biasanya dapat berputar searah dan berputar bolak balik tergantung dari kebutuhan fungsi konstruksi poros. Dengan demikian tegangan yang terjadi pada poros adalah tegangan puntir, untuk putaran poros

yang searah akan terjadi tegangan puntir berulang sedangkan untuk putaran poros yang bolak balik terjadi tegangan puntir berganti, dan bila ada gaya diantaranya maka akan terjadi tegangan bengkok. Pada transmisi dengan sumber penggerak motor, biasanya momen puntir yang terjadi adalah perbandingan antara daya motor dengan kecepatan putar (Hidayat, 2013).

$$T = \frac{P 60}{2\pi n} \tag{1}$$

dengan P adalah daya motor dan n adalah putaran motor. Karena pada penelitian ini poros menerima pembebanan terpusat maka untuk mencari momen lentur dari poros menggunakan persamaan berikut:

$$M = \frac{WL}{4} \tag{2}$$

dengan W adalah total beban pada poros dan L adalah panjang poros. Setelah torsi yang bekerja pada poros dan momen lentur yang terjadi pada poros diketahui, selanjutnya mencari tegangan aktual yang terjadi pada poros dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma_a = \frac{5,1}{d^3} \sqrt{M^2 + T^2} \tag{3}$$

dengan M adalah momen lentur dan T adalah torsi. Untuk jenis material poros yang digunakan pada penelitian adalah material ST 41. ST 41 atau AISI 1018 merupakan baja karbon rendah yang memiliki *weldability* yang baik dan merupakan jenis baja terbaik untuk bagian penambahan karbon (*carburized*). AISI 1018 memiliki kesetimbangan yang baik dari ketangguhan, kekuatan dan daktilitas. Dilengkapi dengan sifat mekanik yang lebih tinggi, AISI 1018 baja *hot rolled* juga mendapatkan peningkatan kekerasan *Brinell*. Nilai dari karakteristik material AISI 1018 dapat dilihat pada Tabel 1. Setelah tegangan aktual yang terjadi pada poros telah diketahui, maka selanjutnya mencari nilai faktor keamanan. Faktor keamanan dikenal juga sebagai faktor keselamatan, yang digunakan untuk menentukan kapasitas kekuatan dari suatu sistem dalam menahan beban aktual.

TABEL 1. *Mechanical properties* spesimen

No.	<i>Mechanical Properties</i>	Metric
1	<i>Hardness, Brinell</i>	126
2	<i>Hardness, Knoop (Converted from Brinell Hardness)</i>	145
3	<i>Hardness, Rockwell B (Converted from Brinell Hardness)</i>	71
4	<i>Hardness, Vickers (Converted from Brinell Hardness)</i>	131
5	<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	440 MPa
6	<i>Tensile Strength, Yield</i>	370 MPa
7	<i>Elongation at Break (in 50 mm)</i>	0.15
8	<i>Reduction of Area</i>	0.4
9	<i>Modulus of Elasticity (Typical for steel)</i>	205 GPa
10	<i>Bulk Modulus (Typical for steel)</i>	140 GPa
11	<i>Poisson Ratio (Typical for steel)</i>	0,290
12	<i>Machinability</i>	0.7
13	<i>Shear Modulus (Typical for steel)</i>	80 GPa

Pada dasarnya sistem dibangun jauh lebih kuat dari pada penggunaan normal, untuk menghindari dari kemungkinan situasi darurat, beban tidak terduga, penyalahgunaan dan degradasi. Faktor keamanan juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan maksimum (*yield strength*) dan tegangan kerja aktual atau tegangan ijin dari suatu material.

$$SF = \frac{S_y}{\sigma_{aktual}} \tag{4}$$

dengan  $S_y$  adalah *tensile strength* dan  $\sigma$  adalah tegangan aktual.

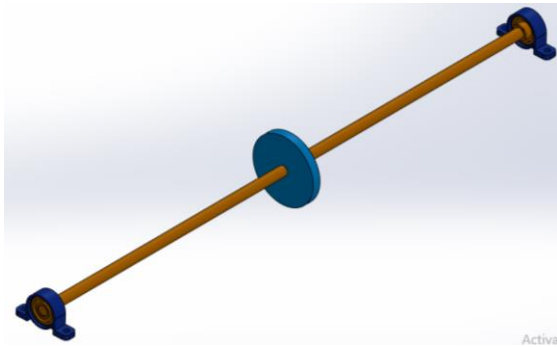
#### *Mencari Faktor Keamanan dengan Simulasi*

Proses simulasi dilakukan untuk memperoleh data yang berkaitan dengan analisis poros-rotor yang bertumpuan oleh dua bearing. Proses simulasi menggunakan perangkat lunak Solidworks 2018. Tahapan-tahapan simulasi dijelaskan sebagai berikut:

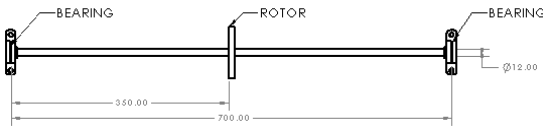
##### 1. *Poses Geometri*

- Tahap geometri adalah proses memasukan pemodelan yang telah dibuat di perangkat lunak Solidworks 2018 seperti pada Gambar
- 2. Variasi desain yang dilakukan ialah

dengan jenis spesimen poros ST 41, diameter poros sebesar 12 mm dan panjang 700 mm, menerima beban terpusat sebesar 0,4 kg seperti pada Gambar 3.



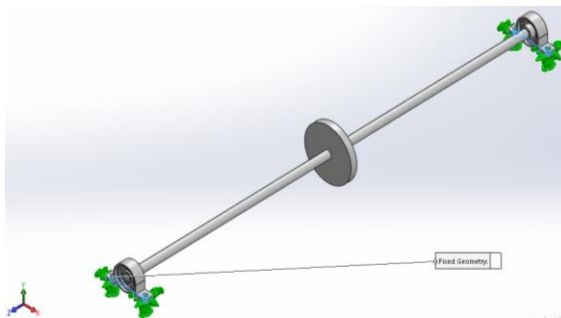
GAMBAR 2. Tampilan geometri pada SolidWorks 2016



GAMBAR 3. Model geometri pada simulasi SolidWorks 2016

#### 2. Proses Fixtures Advisor

Tahapan selanjutnya adalah memasukan kondisi batas geometri. Dengan memasukan kondisi fixed pada bagian permukaan *block bearing* di menu *fixtures advisor* dan bisa dilihat pada Gambar 4.

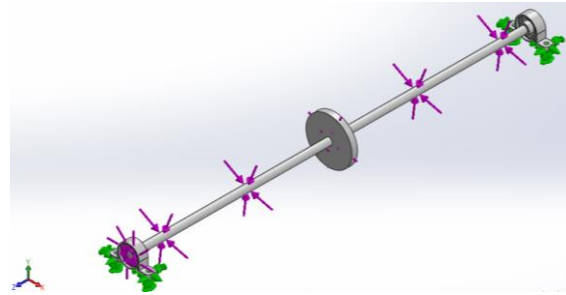


GAMBAR 4. Letak posisi *fixed* pada geometri

#### 3. Proses External Loads Advisor

Pada tahapan ini memberikan pembebanan yang terjadi pada geometri, karena pada

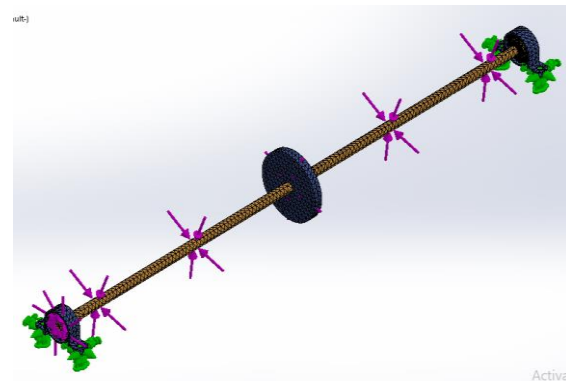
analisis ini poros menerima pembebanan torsi, maka pilih *force* sebagai *torque* pada menu *external loads advisor* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



GAMBAR 5. Letak posisi *force* pada geometri

#### 4. Proses Meshing

Tahap selanjutnya membuat *meshing*. Tahap pembuatan *meshing* akan membagi domain menjadi bagian-bagian kecil. Bentuk *mesh* yang dibuat adalah *tetrahedral* dan Semakin kecil elemen *meshing* maka akan semakin akurat hasil yang diperoleh. Bentuk *mesh* bisa dilihat pada Gambar 6.



GAMBAR 6. Bentuk *mesh* yang dibuat pada Geometri

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pembahasan untuk nilai faktor keamanan dari putaran kritis poros yang terjadi pada spesimen poros ST 41 dengan menggunakan perhitungan aktual dan proses simulasi pada perangkat lunak SolidWorks adalah sebagai berikut:

*Nilai Faktor Keamanan secara Perhitungan Aktual*

Dengan menggunakan data dari Tabel 2 maka bisa dilakukan perhitungan. Beban yang diterima oleh poros adalah total beban poros dan rotor yaitu 9.81 N. Torsi yang bekerja untuk memutar poros dengan menggunakan persamaan (1) didapat 1.461 Nm. Momen maksimum dan tegangan aktual dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2) dan (3). Didapat momen maksimum adalah 1.72 N.m dan tegangan aktual  $6,65 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup>. Sehingga faktor keamanan yang diijinkan dengan menggunakan persamaan (4) didapat 55.

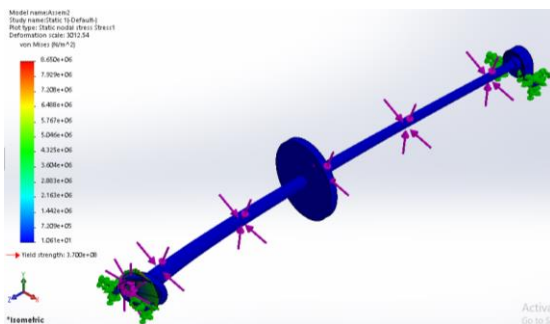
TABEL 2. *Properties* penelitian

Properties	Nilai	Keterangan
Daya	300 Watt	(Daya motor)
Putaran	1951 rpm	(Putaran Kritis)
Diameter poros	12 mm	(Pengukuran komponen)
Sy poros ST 41	370 MPa	(Tabel 1)
Panjang Poros	700 mm	(Pengukuran komponen)
Berat Poros (m1)	0,6 kg	(Pengukuran komponen)
Beban Rotor (mr)	0,4 kg	(Pengukuran komponen)

*Nilai Faktor Keamanan dari SolidWorks*

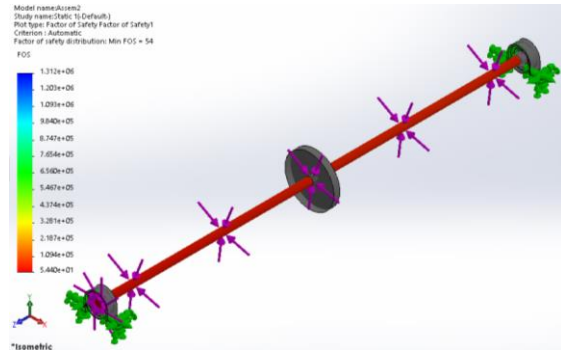
Pada saat proses simulasi untuk gaya dan torsi yang bekerja pada poros dimasukkan sesuai dengan perhitungan aktual. Sehingga untuk hasil simulasi, besarnya von Mises dan faktor keamanan yang diketahui sebagai berikut:

Pada Gambar 7 merupakan hasil simulasi untuk von mises, dimana diketahui von Mises yang terjadi pada spesimen poros sebesar  $6,8 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup>.



GAMBAR 7. Kontur von Mises pada simulasi

Sedangkan untuk gambar 8 merupakan hasil simulasi untuk nilai faktor keamanan yang terjadi pada spesimen poros, dimana besarnya nilai faktor keamanan adalah minimal 54.



GAMBAR 8. Kontur *safety factor* pada simulasi

Setelah data dari perhitungan secara aktual dan simulasi pada perangkat lunak solidworks telah didapat, maka Langkah selanjutnya adalah validasi data yang berfungsi sejauh mana penyimpangan yang terjadi pada kedua proses tersebut. Dimana hasil validasi pada Tabel 3 memberikan *error* 1.1 % untuk tegangan aktual sedangkan 0.9 % untuk *safety factor*.

TABEL 3. Validasi perhitungan aktual dengan simulasi

No	Analisis Poros	Perhitungan Aktual	Hasil Simulasi	Validasi
1	Tegangan			
	Aktual (N/m <sup>2</sup> )	$6,65 \times 10^6$	$6,8 \times 10^6$	1,1
2	Faktor Keamanan	55	54	0,9

KESIMPULAN

Hasil validasi terhadap besarnya penyimpangan untuk tegangan aktual yang terjadi yaitu sebesar 1,1%, sedangkan untuk faktor keamanan dari poros spesimen ST 41 sebesar 0,9%. Dengan melihat hasil eror validasi bahwa hasil simulasi dapat dinyatakan sangat baik. Hasil simulasi ini dapat digunakan untuk memprediksi nilai tegangan aktual dan *safety factor* pada putaran motor belum mencapai putaran kritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., & Rama, B. R. 2015. Analisa Distribusi Tegangan Dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 Cc Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 30-39.
- AZoM. 2012. AISI 1018 Mild/Low Carbon Steel. Retrieved from AZO MATERIALS:  
<https://www.azom.com/amp/article.aspx?ArticleID=6115>
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. 2015. Mechanical Engineering Design, Tenth Edition. New York: McGraw-Hill.
- Hidayat, S. 2013. Kaji Teoritis Kekuatan Hand Tractor Gear Box [Doctoral dissertation]. Bandung: Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
- Sularso & Suga, K. 2002. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.