

ANALISA KEGAGALAN POROS DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN HINGGA

Jatmoko Awali, Asroni

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hjar Dewantara No. 116 Kota Metro

E-mail : asroni49@yahoo.com

ABSTRAK

Poros bekerja dengan menerima beban berupa lentur, tarikan, tekan dan puntiran. Berdasarkan pembebanannya poros dibedakan dalam beberapa macam, diantaranya poros transmisi, gandar, poros spindel. Pada poros transmisi biasa dikenal dengan sebutan shaft. Shaft akan mengalami beban puntir berulang, beban lentur ataupun keduanya. Pada shaft daya ditransmisikan melalui pulley. didapatkan beberapa nilai diantaranya ialah, safety factor, tegangan geser maksimum, dan von mises sebelum terjadi kegagalan pada momen torsi sebesar 1600 Nm. dan Semakin tinggi momen torsi yang diberikan maka nilai safety factor yang dihasilkan semakin rendah yaitu sebesar 0,74 dimana nilai awal sebesar 1,49, hal ini menjelaskan bahwa beban torsi yang diterima akan mempengaruhi kegagalan poros tersebut.

Kata kunci : Poros, von mises, Safety Factor

PENDAHULUAN

Poros adalah suatu bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros ini bekerja dengan menerima beban berupa lentur, tarikan, tekan dan puntiran. Berdasarkan pembebanannya poros dibedakan dalam beberapa macam, diantaranya poros transmisi, gandar, poros spindel. Pada poros transmisi biasa dikenal dengan sebutan shaft. Shaft akan mengalami beban puntir berulang, beban lentur ataupun keduanya. Pada shaft daya ditransmisikan melalui pulley.

Pulley dapat digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros satu ke poros yang lain, dalam suatu perencanaan ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu kekuatan poros, kekakuan poros, putaran poros, putaran kritis, korosi, material poros.

Pada Kekuatan poros akan terjadi pada jenis Poros transmisi dimana akan menerima beban puntir (*twisting moment*), beban lentur (*bending moment*) ataupun gabungan antara beban puntir dan lentur. Dalam perancangan poros perlu memperhatikan beberapa faktor, misalnya : kelelahan, tumbukan dan pengaruh konsentrasi tegangan bila menggunakan poros bertangga

ataupun penggunaan alur pasak pada poros tersebut. Poros yang dirancang tersebut harus cukup aman untuk menahan beban-beban tersebut.

Salah satu alternatif untuk melakukan suatu perhitungan dan dibandingkan dengan kondisi nyata adalah melalui simulasi komputer. Hal ini merupakan jenis penelitian, sehingga dapat dikembangkan terus sebelum dibuat pada benda kerja sebenarnya. Simulasi dapat mengetahui daerah yang akan terjadi tegangan puntir terbesar pada poros hasil distribusi daya dari pulley.

Permodelan tiga dimensi menggunakan finite element method dapat digunakan untuk mengetahui distribusi moment torsi, von mises, tegangan geser maksimum yang terjadi pada poros.

LANDASAN TEORI

Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama – sama dengan putaran utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros. Dalam aplikasinya perlu diperhatikan beberapa hal dalam merencanakan sebuah poros diantaranya adalah :

1. Kekuatan Poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau lentur gabungan antara puntir dan lentur. Juga ada poros yang mendapat beban tarik atau tekan seperti potos baling-baling kapal atau turbin.

2. Kekakuan Poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup tinggi tetapi jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktepatan, atau menimbulkan getaran dan suara.

3. Putaran Kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut dengan putaran kritis.

4. Korosi

Bahan-bahan tahan korosi harus dipilih untuk propeler dan pompa bila terjadi kontak dengan media yang korosif. Demikian pula untuk poros yang terancam kavitasasi dan poros mesin yang sering berhenti lama.

Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi. Misalnya: sambungan keling, gunting, dan sambungan baut.

Dalam aplikasinya tegangan geser dapat dibedakan berdasarkan jenis gaya yang bekerja pada elemen yaitu :

1. Tegangan geser langsung
2. Tegangan geser puntir

Pada poros tegangan yang terjadi yaitu tegangan geser puntir yang nilainya akan bervariasi tergantung beban yang diterima.

Von Mises

Tegangan efektif Von Mises (σ') didefinisikan sebagai tegangan tarik uniaksial yang dapat menghasilkan energi distorsi yang sama dengan yang dihasilkan oleh kombinasi tegangan yang bekerja.

Kegagalan akan terjadi bila :

$$\sigma' \geq \frac{S_y}{n_s}$$

$$S_y = \text{Tensile Yield Strength}$$

$$N_s = \text{Safety Factor}$$

Tegangan Puntir

Sebuah poros mendapat pembebanan utama berupa momen puntir, seperti poros motor, dan kopling. Berikut adalah perhitungan dari tegangan puntir dengan perubahan moment torsi dengan diameter poros yang ditentukan.

$$\tau_t = \frac{5.1 Mt}{D_s^2}$$

$$\tau_t = \text{Tegangan puntir (Mpa)}$$

$$Mt = \text{Moment Torsi (Nm)}$$

$$D_s^2 = \text{Diameter Poros (m)}$$

Safety Factor

Faktor Keamanan (*Safety factor*) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum^[2].

$$\eta = \frac{Y_s/2}{\tau_{max}}$$

$$\eta = \text{Safety Factor}$$

$$Y_s = \text{Kekuatan tarik benda kerja (Mpa)}$$

$$\tau_{max} = \text{Tegangan geser maksimum (Mpa)}$$

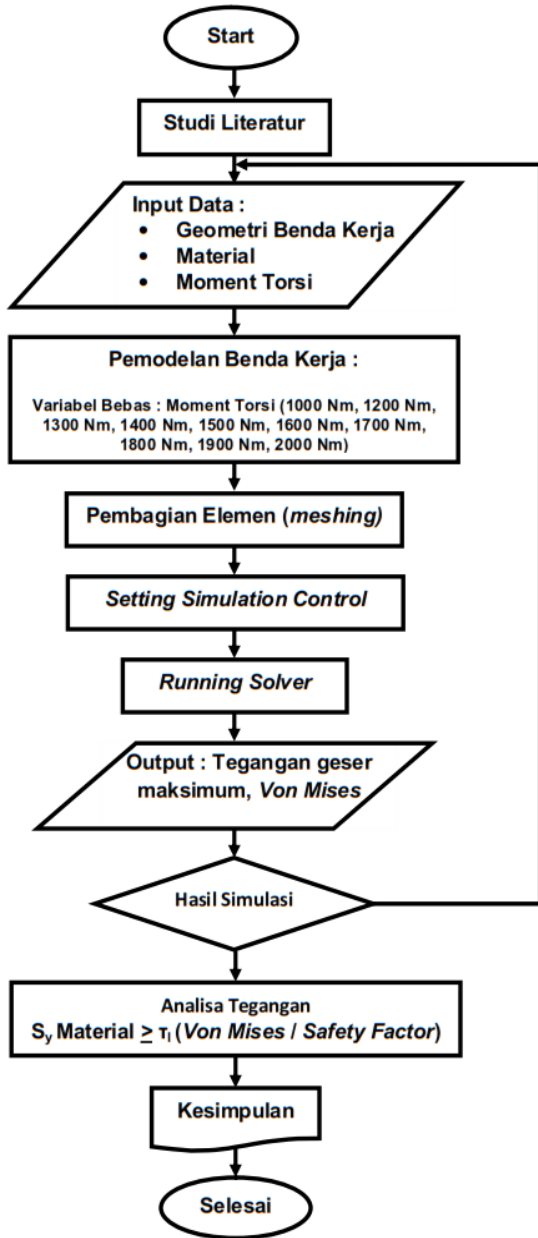
Dalam perhitungan nilai kegagalan tegangan puntir dengan syarat bila *Tensile Yield Strength* Material lebih rendah dibandingkan dengan nilai von mises per safety factor, maka dapat disimpulkan pada persamaan berikut :

$$S_y \text{ Material} \geq \tau_t (\text{Von Mises} / \text{Safety Factor})$$

METODOLOGI

Diagram Alir

Untuk mengetahui hubungan moment torsi terhadap tegangan geser maksimum dan von mises yang terjadi dengan simulasi komputer dilakukan dengan memodelkan momen torsi yang terjadi pada poros dengan memanfaatkan software berbasis metode elemen hingga. Langkah - langkah yang dilakukan dijelaskan oleh diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1 : Diagram Alir

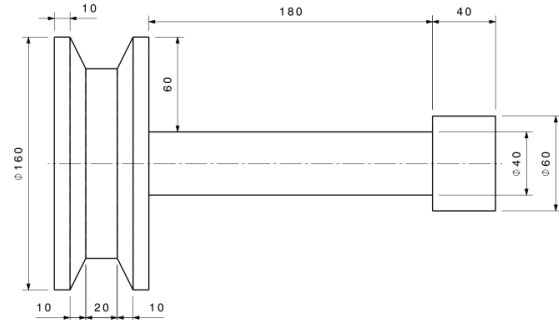
Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas :
 Moment Torsi (Nm) : (1000 Nm, 1200 Nm, 1300 Nm, 1400 Nm, 1500 Nm, 1600 Nm, 1700 Nm, 1800 Nm, 1900 Nm, 2000)
2. Variabel terikat :
 Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Tegangan geser maksimum, *Von mises*.

Spesifikasi Material Benda Kerja

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Structural Steel* dengan geometri pada gambar berikut.



Gambar 2 : Dimensi benda kerja

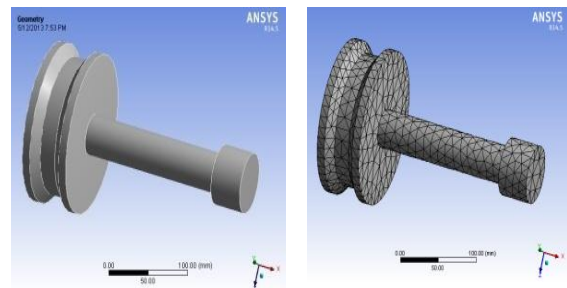
Sifat mekanik material uji :

- Densitas = 7.85 g/cc
- Kekuatan tarik = 250 MPa
- Modulus Young = 200000 Mpa
- Elongation = 28 %
- Poisson's ratio = 0,3

Pemodelan Pulley & Poros

Geometri dan Mesh

Pemodelan *pulley* dan poros secara 3 dimensi, pada permodelan ini permodelan *pulley* dan poros menjadi satu tanpa penggabungan. Pembagian geometri menjadi lebih kecil biasa disebut mesh dapat dilihat pada gambar 3.

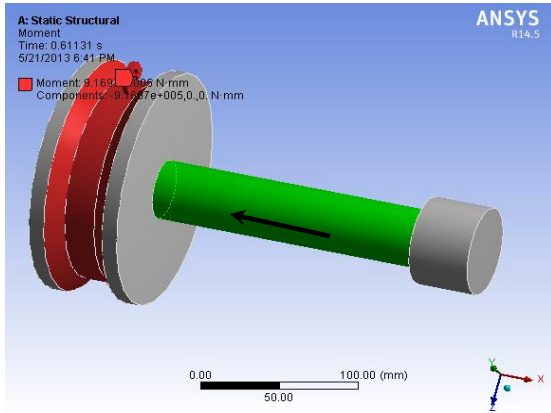


Gambar 3 : Permodelan dan pola meshing benda kerja

Gambar 3 pada permodelan (atas) dan pola meshing (bawah) pada pemrograman ansys sebelum dilakukannya pemberian beban torsi maka perlu yang pembagian elemen atau meshing. semakin kecil pembagiannya maka nilai yang didapatkan pada saat proses solver selesai semakin akurat.

Pemberian Moment Torsi

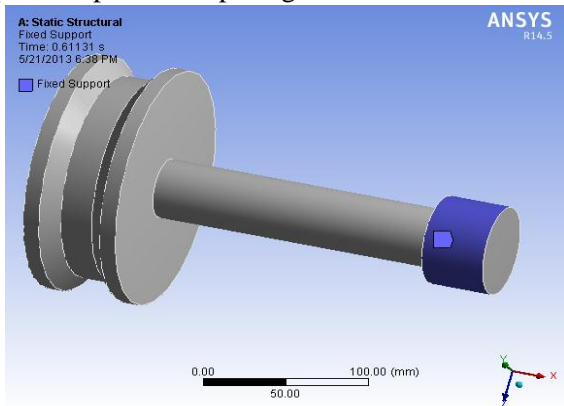
Pada proses simulasi ada beberapa tahap sehingga mendekati dengan permasalahan sebenarnya, pada poros akan terjadi beban torsi yang ditransmisikan oleh *pulley*, moment torsi terjadi pada seluruh bagian *pulley*, sehingga dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4 : Daerah pembebanan moment torsi (merah) dan Daerah arah pembebanan (hijau)

Tumpuan Poros

Poros yang bekerja setelah menerima putaran dari *pulley* harus dapat berputar pada sumbunya, sehingga diperlukan yang nama tumpuan berupa bearing, oleh karena itu tumpuan harus dapat disimulasikan berdasarkan kondisi sebenarnya, berikut tumpuan yang terjadi pada poros dapat dilihat pada gambar 5 :



Gambar 5 : Daerah tumpuan pada poros (biru)

Pada pemodelan dengan menggunakan software ANSYS daerah tumpuan biasa dijelaskan dengan nama *fixed support* atau tumpuan diam.

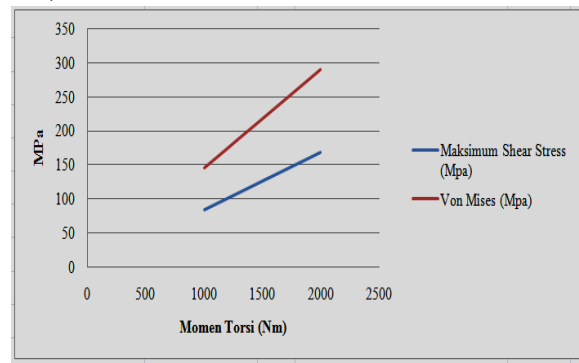
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan variasi momen torsi, didapatkan hasil tegangan geser maksimum, *von mises*, yang dapat dilihat pada tabel1.

Tabel 1 Tegangan geser maksimum dan *von mises*

No	Moment Torsi (N m)	Maksimum Shear Stress (Mpa)	Von Mises (Mpa)
1	1000	83.94	145.4
2	1100	92.339	159.94
3	1200	100.73	174.48
4	1300	109.13	189.12
5	1400	117.52	203.56
6	1500	125.92	218.09
7	1600	134.31	232.63
8	1700	142.71	247.17
9	1800	151.1	261.71
10	1900	159.5	276.25
11	2000	167.89	290.79

Dari tabel 1 memperlihatkan nilai tegangan geser maksimum dan *von mises*, hal ini menjelaskan bahwa semakin meningkatnya moment torsi yang diterima poros maka akan semakin meningkat pula nilai tegangan geser maksimum dan *von mises*nya, nilai tegangan tertinggi yaitu pada 2000 Nm adalah 167,89 MPa, dan 290,79 Mpa yang semula pada 1000 Nm hanya menampilkan nilai 83,94 MPa dan 145,4 MPa.



Gambar 6 Pengaruh momen Torsi terhadap tegangan geser maksimum dan *von mises*

Grafik pada gambar 6 menunjukkan kenaikan nilai tegangan geser maksimum dan *von mises*, nilai terus meningkat karena beban yang terus diberikan.

Safety factor

Dengan menggunakan rumus sebelumnya dapat diketahui nilai *safety factor* pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai *safety factor*

No	Moment Torsi (N m)	Safety Factor
1	1000	1.49
2	1100	1.35
3	1200	1.24
4	1300	1.15
5	1400	1.06
6	1500	0.99
7	1600	0.93
8	1700	0.88
9	1800	0.83
10	1900	0.78
11	2000	0.74

Tabel safety factor menjelaskan bahwa moment torsi berbanding terbalik, dimana semakin meningkatnya beban yang diterima maka akan menurunkan nilai safety factor. Hal ini terjadi karena juga semakin meningkatnya tegangan geser maksimum (tabel 1), sehingga menyebabkan nilai kegagalan yang terjadi akan semakin besar.

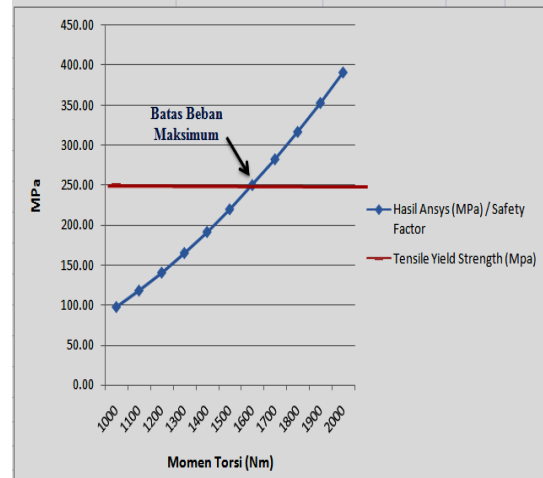
Data dan perhitungan kegagalan poros.

Perhitungan data dilakukan untuk mencari nilai *Safety factor*, tegangan puntir perhitungan manual, dan tegangan puntir hasil simulasi dibagi dengan *safety factor*.

Tabel 3 Hasil Ansys (MPa) / Safety Factor

No	Hasil Ansys (MPa) / Safety Factor
1	97.64
2	118.15
3	140.60
4	165.11
5	191.38
6	219.70
7	249.96
8	282.19
9	316.36
10	352.50
11	390.57

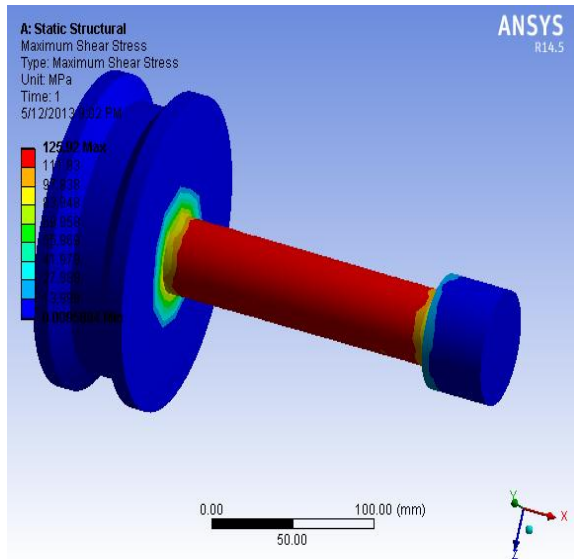
Tabel 3 memperlihatkan nilai tegangan (merah) merupakan nilai kegagalan yang terjadi, hal ini terjadi karena melebihi 250 MPa.



Gambar 7 Grafik batas beban maksimum hasil ansys / safety factor.

Seperti yang dijelaskan pada tabel 3 memperlihatkan bahwa nilai beban maksimum yaitu pada moment torsi sebesar 1600 Nm, namun ketika pembebanan yang diterima dibawahnya, maka nilai tegangan *von mises / safety factor* (MPa) berada pada dibawah tegangan puntir hasil perhitungan, dan berlaku sebaliknya.

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai kegagalan terjadi bila *Von Mises per Safety Factor* lebih besar dibandingkan dengan *Tensile Yield Strength* material, sehingga pada rumusan yang ada maka nilai momen torsi maksimum adalah pada 1600 Nm, dengan nilai sebesar 249,96 Mpa, dan ketika pembebanan yang diberikan melebihi nilai 250 MPa, maka terjadi kegagalan dimana hal ini terjadi pada momen torsi 1700 yaitu 282,19 MPa. Dari gambar Pengaruh momen Torsi terhadap tegangan geser maksimum dan *von mise*, nilai *von mises* memiliki nilai yang tinggi, dan pada gambar Grafik batas beban maksimum hasil ansys / safety factor, dapat dilihat pada nilai *von mises* pada awal memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan tegangan puntir perhitungan, namun setelah menerima momen torsi hingga 2000 Nm, maka terjadi perubahan yang menyebabkan terjadinya titik pertemuan, sehingga titik ini menunjukkan nilai beban torsi maksimum sebelum material tersebut mengalami kegagalan.



Gambar 8 distribusi tegangan geser yang terjadi pada pulley yang ditransmisikan oleh poros.

Dari gambar tersebut menjelaskan distribusi tegangan geser yang terjadi yaitu pada poros, pada daerah yang berwarna merah mengalami tegangan geser terbesar dibandingkan dengan daerah yang lain. semakin tinggi momen torsi yang dialami benda kerja maka tegangan geser yang terjadi akan semakin meningkat.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa melalui simulasi dan perhitungan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Didapatkan beberapa nilai diantaranya ialah, *safety factor*, tegangan geser maksimum, dan *von mises* sebelum terjadi kegagalan pada momen torsi sebesar 1600 Nm.
- Semakin tinggi momen torsi yang diberikan maka nilai *safety factor* yang dihasilkan semakin rendah yaitu sebesar 0,74 dimana nilai awal sebesar 1,49, hal ini menjelaskan bahwa beban torsi yang diterima akan mempengaruhi kegagalan poros itu tersebut.
- Hasil pemodelan ansys dapat memprediksi kegagalan material ketika diberi beban berlebih, sehingga dapat dihindari.

Daftar Pustaka

1. Achmad, Zainul. (1999). Elemen Mesin I. Bandung : Refika Adita
2. Moaveni, Saeed. 1999. *Finite Element Analysis Theory and Application with ANSYS*. New Jersey : Prentice Hall.
3. Oksataria. (2007). Elemen Mesin - Poros (Shaft) <http://okasatria.blogspot.com/2007/10/engineering-knowledge.html> diakses pada tanggal 15 mei 2013 jam 16.00
4. Robert D. Cook, David S. Malkus dan Michael E. Plesha. 1989. *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*. Canada : Wiley
5. Segerlind, Larry J. 1984. *Applied Finite Element Analysis*. Canada : John Wiley & Sons.