

ANALISIS TEGANGAN DI POROS ENKOL YAMAHA RX KING TAHUN 2005 MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK SOLIDWORK

Emanuel G. N Dhey¹, Ishak S. Limbong², Matheus M. Dwinanto³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang NTT, Indonesia

Email: Emanuelgonzalvesnughadhey95@gmail.com

Abstrak

Poros engkol merupakan salah satu komponen utama yang mengkonversi energi potensial bahan bakar menjadi tenaga putar mesin piston. Karena dalam proses kerjanya poros engkol mengubah gerakan maju mundur piston menjadi gerakan putar poros. Untuk meminimalisir efek kerusakan yang terjadi akibat berbagai jenis beban dinamis yang bekerja pada komponen poros engkol maka pada proses perancangannya hendaknya terlebih dahulu mengetahui distribusi tegangan yang bekerja. Sedangkan sebagai alat bantu dalam menganalisisnya maka dipergunakan perangkat lunak Solidworks. Dari hasil analisa ini kerusakan akibat pembebanan yang terlalu tinggi dapat diketahui letak atau posisinya secara dini. Dengan demikian penulis dalam penelitian ini ingin mengangkat sebuah judul yaitu "Analisis Tegangan di Poros Engkol Yamaha Rx-King Tahun 2005 Menggunakan Perangkat Lunak Solidwork". Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis dengan pembebanan gaya radial sebesar 1,4 N diperoleh momen lentur sebesar 10388,1 N/mm, tegangan normal sebesar 33,76 N/mm², tegangan geser sebesar 10,328 N/mm², tegangan maksimum sebesar 33,21 N/mm², dan tegangan minimum sebesar 3,55N/mm². Berdasarkan hasil simulasi dengan software solidwork diperoleh tegangan maksimum sebesar 4,83511e-007 N/m². FOS (factor of safety) berdasarkan analisa menggunakan software diperoleh sebesar 4.339e+004 N/m².

Kata Kunci: poros engkol, software solidwork, Tegangan, faktor keamanan.

Abstract

The crankshaft is one of the main components that converts the potential energy of the fuel into rotating power for the piston engine. Because in the process of working the crankshaft changes the piston's back and forth motion into a rotating motion of the shaft. To minimize the effects of damage that occurs due to various types of dynamic loads acting on the crankshaft components, the design process should first know the working stress distribution. Meanwhile, as a tool in analyzing it, Solidworks software is used. From the results of this analysis, the location or position of the damage due to too high a loading can be identified early. This the authors in this study want to raise a title, namely "Analysis of Stress in the Crankshaft Yamaha Rx-King Year 2005 Using Solidwork Software". Based on the results of the theoretical calculation with the radial force loading of 1.4 N, the bending moment is 10388.1 N/mm, the normal stress is 33.76 N/mm², the shear stress is 10.328 N/mm², the maximum stress is 33.21 N/mm², and the minimum stress is 3.55N/mm². Based on the simulation results with solidwork software, the maximum stress is 4,83511e-007 N/m². FOS (factor of safety) based on analysis using software obtained by 4.339e + 004 N/m².

Keywords: crankshaft, solidwork software, factor of safety.

PENDAHULUAN

Sepeda motor dioperasikan atau dijalankan pada berbagai kondisi jalan. Oleh karena itu, mesin yang berfungsi sebagai penggerak utama sepeda motor harus dapat melakukan dengan baik apa yang menjadi kebutuhan atau tuntutan kondisi jalan. Misalnya,

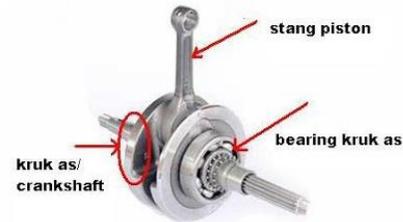
pada saat jalanan mendaki, sepeda motor membutuhkan momen puntir (torsi) yang besar namun kecepatan atau laju sepeda motor yang dibutuhkan rendah. Pada kondisi ini walaupun putaran mesin tinggi karena katup trotel atau katup gas dibuka penuh namun putaran mesin tersebut harus diubah menjadi kecepatan atau laju

sepeda motor yang rendah, sedangkan pada saat sepeda motor berjalan di jalan yang rata, kecepatan Poros engkol (*crankshaft*) merupakan komponen utama dalam sebuah mesin pembakaran dalam karena menjadi pusat poros dari setiap gerakan piston. Pada umumnya poros engkol berbahan besi cor karena harus dapat menampung momen inersia yang dihasilkan oleh gerakan naik turun piston sehingga fungsi utama dari poros engkol adalah mengubah gerakan naik turun yang dihasilkan oleh piston menjadi gerakan memutar yang nantinya akan diteruskan ke transmisi. Poros engkol harus terbuat dari bahan yang kuat, dan mampu menahan beban atau momen yang kuat karena poros engkol harus menerima putaran mesin yang tinggi diperlukan tapi tidak diperlukan torsi yang besar.

Berdasarkan penjelasan di atas, sepeda motor harus dilengkapi dengan suatu sistem yang mampu menjembatani antara *output* mesin (daya dan torsi mesin) dengan tuntutan kondisi jalan. Sistem ini dinamakan dengan sistem pemindah daya atau pemindah tenaga. Ketika poros engkol (*crankshaft*) diputar oleh pedal *kick starter* atau dengan motor starter, maka piston akan bergerak naik turun (TMA dan TMB). Pada saat piston bergerak ke bawah, terjadi kevakuman di dalam silinder (*crankcase*). Kevakuman tersebut selanjutnya menghisap campuran bahan bakar dan udara yang melalui karburator (bagi sistem bahan bakar konvensional).

Ketika piston bergerak ke titik mati atas (TMA) campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder dikompresi. Kemudian campuran dinyalakan oleh busi dan terbakar dengan cepat (peledakan). Gas hasil pembakaran tersebut melakukan ekspansi dan mendorong piston ke titik mati bawah (TMB). Tenaga ini diteruskan melalui batang piston (*connecting rod*), lalu memutar *crankshaft* untuk menekan piston naik untuk mendorong gas hasil pembakaran. Selanjutnya piston melakukan langkah yang sama. Gerak piston naik turun yang berulang-ulang diubah menjadi gerak putar yang halus. Tenaga putar dari *crankshaft* ini akan dipindahkan ke roda belakang melalui roda gigi reduksi, kopling, *gear box* (transmisi), *sprocket* penggerak, rantai dan roda *sprocket*. Gigi reduksi

berfungsi untuk mengurangi putaran mesin agar terjadi penambahan tenaga.



Gambar 1. Poros engkol (*crankshaft*) sepeda motor

Poros engkol merupakan salah satu komponen utama yang mengkonversi energi potensial bahan bakar menjadi tenaga putar mesin piston. Karena dalam proses kerjanya poros engkol mengubah gerakan maju mundur piston menjadi gerakan putar poros. Adapun efek guncangan dalam bentuk vibrasi akibat gerakan bolak balik piston akan diseimbangkan (*balance*) oleh roda gila (*flywheel*).

Sepeda motor pada kondisi kecepatan tinggi tentunya harus memenuhi persyaratan yang ketat agar layak digunakan, salah satunya adalah kendaraan harus stabil pada putaran tinggi, artinya getaran yang di timbulkan oleh putaran mesin harus dalam batas yang di tentukan. Agar mekanisme yang terdapat di sistem poros engkol memiliki umur yang panjang, maka tentunya komponen tersebut harus di desain dengan efektif dan efisien, baik dari segi analisa pembebanan maupun pemilihan material komponen tersebut. Untuk meminimalisir efek kerusakan yang terjadi akibat berbagai jenis beban dinamis yang bekerja pada komponen poros engkol maka pada proses perancangannya hendaknya terlebih dahulu mengetahui distribusi tegangan yang bekerja. Sedangkan sebagai alat bantu dalam menganalisisnya maka dipergunakan perangkat lunak *Solidworks*. Dari hasil analisa ini kerusakan akibat pembebanan yang terlalu tinggi dapat diketahui letak atau posisinya secara dini tujuan penelitian berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah:

- Menghitung distribusi tegangan maksimum di pen akibat ledakan di dalam ruang bakar.
- Menganalisis tegangan maksimum, minimum, dan faktor keamanan di poros

engkol menggunakan simulasi perangkat lunak *Solidworks*.

METODE PENELITIAN

Spesifikasi Sepeda Motor RX King

Spesifikasi sepeda motor RX King yang akan dianalisis dalam penelitian ini pada Tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel 1. Spesifikasi sepeda motor RX King

Tipe Mesin	2 Langkah, Berpendingin Udara
Diameter x Langkah	58,0 x 50,0 mm
Volume Silinder	132 CC
Perbandingan Kompresi	6,9 : 1
Daya Maksimum	18,5 PS/9.000 rpm
Torsi Maksimum	1,54 kgf.m/8.000 rpm
Kapasitas Oli Mesin	Penggantian Berkala 1 liter
Kopling Otomatis	Manual, Basah, <i>Multiplate</i>
Sistem Starter	Kick Starter
Gigi Transmisi	5 Kecepatan
Karburator	Vm 26 x 1 Mikuni

Tahapan Penelitian

Studi pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mendukung proses analisis tegangan di poros engkol Yamaha RX. Studi pustaka dilakukan dengan mencari informasi yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas dalam analisis. Pencarian informasi ini dilakukan melalui jurnal, dan buku-buku sehingga diperoleh referensi yang dapat digunakan untuk mendukung analisis ini.

Pemilihan perangkat lunak *Solidworks*

Solidworks dipilih untuk analisis dikarenakan perangkat lunak ini dapat mensimulasikan dengan baik desain dan perhitungan gaya-gaya di alat dan elemen mesin. *Solidworks* berisi kumpulan program simulasi yang mudah digunakan dan kuat secara numerik, dan dapat digunakan untuk membuat model bagian (*part*) dan pemilihan material yang digunakan. Kemudian *part-part* tersebut digabungkan menjadi satu kesatuan dalam sebuah *assembly* serta mendokumentasikan dalam bentuk *drawing*. Selanjutnya digunakan untuk analisis gaya mekanis yang bekerja sehingga diperoleh tegangan (*stress*), perubahan bentuk (*displacement*), dan faktor keamanan (*factor of safety*).

Proses desain poros engkol

Desain poros engkol adalah tahapan paling dasar dalam penelitian yang dilakukan, dalam hal ini adalah desain poros engkol sesuai

dengan dimensi dan ukuran poros engkol Yamaha RX King. Hasil desain ini nantinya akan digunakan sebagai acuan pada tahap penggabungan komponen-komponen atau *part-part*, dimana part-part tersebut adalah torak, batang torak, pen, dan poros engkol.

Proses *assembly* dan *drawing*

Assembly merupakan proses menggabungkan *part-part* yang sudah dimodelkan menjadi satu kesatuan sehingga menjadi sebuah poros engkol secara utuh. Selanjutnya poros engkol yang telah jadi dilakukan *assembly* sehingga menjadi utuh dan selanjutnya didokumentasi ke dalam bentuk *drawing* sehingga menjadi sebuah gambar dalam bentuk 3 dimensi.

Penentuan material poros engkol

Pemilihan material poros engkol didasarkan pada jenis-jenis material yang terdapat pada perangkat lunak *Solidworks*. Dalam penelitian ini material yang dipilih adalah *alloy steel* dimana berdasarkan pada beberapa jurnal yang dijadikan referensi. Pemilihan material dapat juga dilakukan dengan bantuan *Solidworks Materials Web Portal*.

Pemberian beban

Dalam pemberian beban diasumsikan beban maksimum yang dihasilkan oleh proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Ledakan yang terjadi di dalam ruang bakar akan menghasilkan gaya tekan yang mendorong torak untuk menghasilkan langkah kerja.

Analisis tegangan, *displacement*, dan faktor keamanan

Dalam *Solidworks*, analisis dilakukan pada *tab simulation*. Analisis dalam penelitian ini merupakan analisis gaya mekanis yang bekerja pada komponen-komponen yang diam (statis), dan menghasilkan 4 macam variabel utama, yaitu:

- Tegangan Von-mises, yaitu kumpulan gaya (force) pada permukaan poros engkol. Semakin sempit luas permukaan namun gaya tetap maka tegangan semakin besar. Tegangan terbesar akan ditunjukkan oleh gradasi warna paling merah, dan yang terkecil adalah warna yang paling biru, sedangkan luasan dengan

tegangan sedang ditunjukkan oleh warna kuning-hijau-biru muda.

- b. *Displacement* (perubahan bentuk), yaitu perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya, dalam hal ini adalah melengkung. Bagian yang paling melengkung dari poros engkol adalah daerah yang ditunjukkan oleh gradasi warna paling merah, dan daerah yang paling lurus ditunjukkan oleh warna paling biru.
- c. Faktor keamanan, yaitu patokan utama yang digunakan dalam menentukan keamanan poros engkol. Patokannya, jika nilai faktor keamanan minimal kurang dari 1, maka struktur rangka tersebut kualitasnya jelek, tidak aman untuk digunakan, dan cenderung membahayakan. Sebaliknya, jika nilai faktor keamanan lebih dari 1 (biasanya antara 1-3) maka struktur rangka tersebut memiliki kualitas yang baik, aman, dan layak untuk digunakan.
- d. Tegangan geser, yaitu tegangan yang bekerja secara horizontal dengan permukaan poros engkol. Sama seperti tegangan, tegangan geser terbesar akan ditunjukkan oleh gradasi warna paling merah, dan yang terkecil adalah warna yang paling biru, sedangkan luasan dengan tegangan sedang ditunjukkan oleh warna kuning-hijau-biru muda.

Penyajian hasil analisis

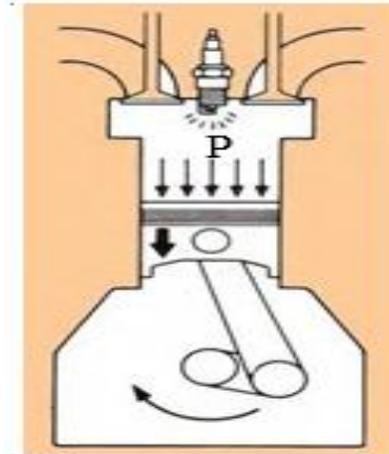
Keempat hasil analisis ini dapat disimulasikan, dan untuk melihatnya menggunakan *animate* pada setiap hasil analisis. Selanjutnya, untuk menyimpan hasil analisis dalam 1 dokumen maka digunakan *report*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

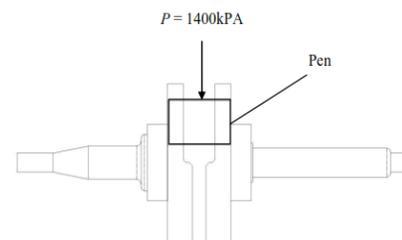
Momen Lentur Akibat Ledakan Dalam Ruang Bakar

Sebuah poros engkol motor bakar yang sedang melakukan kerja akan mendapatkan pembebanan berupa gaya radial akibat ledakan dalam ruang pembakaran. ledakan tertinggi ruang bakardengan tipe mesin 2 langkah rata-rata sebesar 1400 kpa, efek ledakan dari piston berdiameter 58,0 mm. tekanan ledakan yang diterima piston akan diteruskan *connecting road* terhadap pen berukuran panjang 55,91 mm dan diameter 21,36 mm dalam bentuk gaya radial.

untuk lebih jelasnya lihat pada gambar 2 dan 3 berikut ini:



Gambar 2. ledakan piston



Gambar 3. Besar Ledakan Piston Terhadap Pen
 Untuk mengetahui besarnya momen lentur akibat gaya radial yang diterima oleh pen berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 P &= \text{ledakan pembakaran Kpa} \\
 &= 1400 \text{ kpa} \\
 &= 1400 \times 1000 \\
 &= 1,4 \times 10^6 \text{ N/M}^2 = 1,4 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka gaya Radial yang diterima oleh Piston

$F_R = \text{Gaya Radial}$

$A = \text{Luas Penampang Piston}$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 = \frac{3,14}{4} \times (58,0)^2 = 2640,74 \text{ mm}^2$$

Maka:

$$F_R = P \times A$$

$$= 1,4 \times 2640,74 \text{ mm}^2 = 3697,03 \text{ N/mm}^2$$

Distribusi momen lentur terbesar pada pen:

$$M_L = F_R \times L/2$$

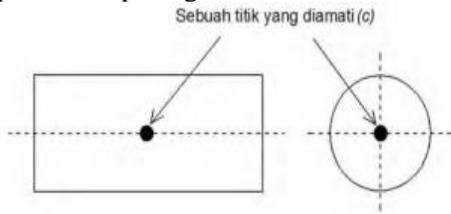
$$= 3697,03 \times 55,90/2 = 10388,1 \text{ N/mm}$$

Setelah monmen lentur diketahui maka tahap berikutnya untuk mendapatkan tegangan normal dan momen inersia yang terjadi sepanjang pen dengan diameter 21,36 mm sebagai berikut:
 Momen inersia pada penampang bulat (pen):

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$= \frac{3,14 \times 21,36^4}{64} = 32681,70 \text{ mm}^4$$

Titik yang diamati besaran tegangan normal dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. titik yang diamati pada pen

C = Jarak titik berat pada penampang yang diamati.

$$C = \frac{d}{2}$$

$$C = \frac{21,36 \text{ mm}}{2} = 10,68 \text{ mm}$$

Maka tegangan normal akibat momen lentur :

$$\sigma = \frac{M \cdot x}{I}$$

$$= \frac{10333,1 \times 10,68}{32681,70} = 3,376 \text{ N/mm}^2$$

Dari hasil perhitungan tegangan normal yang diterima oleh pen akibat tekanan ledakan bahan bakar pada piston adalah sebesar $\sigma = 33,76 \text{ N/mm}^2$.

Analisa Gaya Geser

Besarnya tegangan geser dapat diketahui dengan mencari luas penampang pen terlebih dahulu. Diketahui pen dengan diameter 21,36 mm dan gaya radial akibat ledakan pembakaran terhadap selinder sebesar $F_R = 3697,03 \text{ N}$.

Berikut perhitungannya:

$$A_s = \text{luas penampang geser}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 21,36^2 \text{ mm}$$

$$= 0,785 \times 456 = 357,96 \text{ mm}^2$$

Maka tegangan geser yang terjadi adalah:

$$\tau = \frac{F_R}{A_s}$$

$$= \frac{3697,03}{357,96} = 10,328 \text{ N/mm}^2$$

Untuk lebih jelas distribusi tegangan yang terjadi pada pen dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. tegangan distribusi pada Pen

Panjang Pen (mm)	Momen lentur (N/mm ²)	Tegangan Normal (N/mm ²)	Tegangan Geser (N/mm ²)
55,90	10388,1	33,76	10,328

Analisa Tegangan Gabungan

Untuk mengetahui nilai distribusi tegangan normal dan geser dilihat pada tabel 3.

Tegangan utama maksimum

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$= \frac{33,76 + 0}{2} + \sqrt{\left(\frac{33,76 - 0}{2}\right)^2 + 10,328^2}$$

$$= 16,88 + 13,33$$

$$= 30,21 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan utama minimum

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$= \frac{33,76 + 0}{2} - \sqrt{\left(\frac{33,76 - 0}{2}\right)^2 + 10,328^2}$$

$$= 16,88 - 13,33$$

$$= 3,55 \text{ N/mm}^2$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat tegangan maksimum terjadi untuk panjang pen L = 55,91 mm adalah sebesar $\sigma_1 = 33,21 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan tegangan minimum didapat $\sigma_2 = 3,55 \text{ N/mm}^2$. Untuk lebih jelas lihat tabel 3 distribusi tegangan yang terjadi pada Pen:

Panjang pen (mm)	Tegangan Maksimum (N/mm ²)	Tegangan Minimum (N/mm ²)
55,91	33,21	3,55

SAFETY FACTOR

Untuk menghitung kekuatan pada pen maka dilakukan persamaan *safety factor*. Untuk mengetahui besar kekuatan material.

$$\text{Factor of Safety} = \frac{\text{Yield Strengh}}{\text{Design load}}$$

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}}$$

$$= \frac{620,42 \text{ N/mm}^2}{33,21 \text{ N/mm}^2} = 18,68$$

Semakin besar nilai *safety factor* pada material maka akan semakin aman digunakan. Faktor keamanan dapat dengan cepat diperkirakan dengan lima ukuran sebagai berikut. Diketahui:

$$SF_{\text{material}} = 1,1$$

$$SF_{\text{tegangan}} = 1,2$$

$$SF_{\text{geometri}} = 1,0$$

$$SF_{\text{analisa kegagalan}} = 1,3$$

$$SF_{\text{kehandalan}} = 1,2$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Sf &= SF_{\text{material}} \times SF_{\text{teganagan}} \times SF_{\text{geometri}} \times SF_{\text{analisa}} \\
 &\text{kegagalan} \times SF_{\text{kehandalan}} \\
 &= 1,1 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,3 \times 1,2 \\
 &= 2,0592
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perkiraan faktor keamanan menurut jenis material, tegangan, geometri, analisa kegagalan, dan kehandalan sebesar 2,0592

Analisa Simulasi Menggunakan Software Solidwork

Untuk perbandingan analisa teori maka analisa selanjutnya menggunakan bantuan software solidwork untuk mengetahui besarnya tegangan yang terjadi pada poros engkol secara keseluruhan.

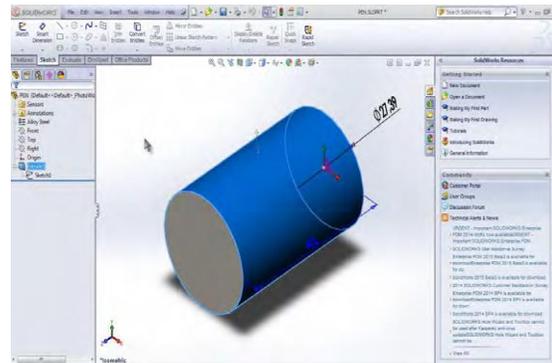
Pemodelan Pen, Cranksaft Dan Proses Simulasi Dengan Software Solidwork

Pada bagian ini menggambarkan pemodelan poros engkol yang akan dianalisa gaya reaksinya menggunakan solidwork sehingga gambar menjadi tiga dimensi. Berikut tahapan analisa pemodelan dengan solidwork.

1. Pemodelan Pen.
2. Pemodelan poros engkol.
3. Assembly pen dan poros engkol.
4. Simulasi cranksaft dan pemilihan material.
5. Menginput gaya pada tumpuan.
6. Menginput gaya luar.
7. Penggabungan pen dan poros engkol (connections).
8. Menjalankan run
9. Hasil result
 - Stress
 - Factor of safety

Berikut adalah tahap-tahap proses analisa dan pemodelan:

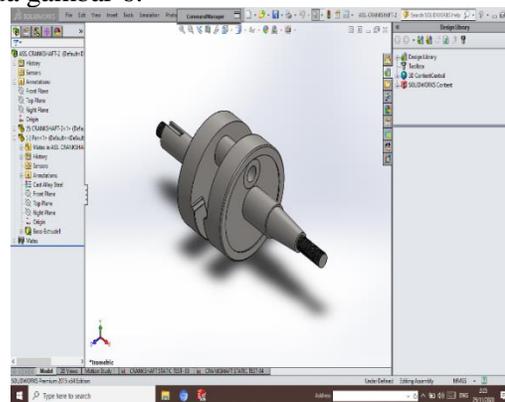
1. Pemodelan pen
 Proses pemodelan pen ini menggunakan fitur sebagai berikut: *circle* dengan diameter 21,36 mm kemudian *ekstrude* dengan panjang 55,90 mm, sehingga menghasilkan gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan pen

Pemodelan poros engkol

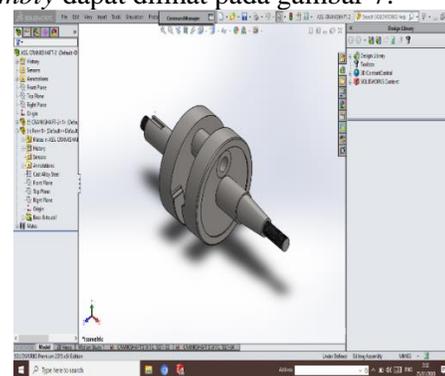
Proses pemodelan poros engkol ini menggunakan fitur bsebagai berikut:
Line > revolve > cut extrude > mirror > fillet > chamfer. sehingga menghasilkan gambar seperti pada gambar 6.



Gambar 6. pemodelan poros engkol

Assembly pen dan poros engkol

Setelah pen dan poros engkol terbentuk kemudian part – part tersebut disatukan menggunakan perintah “Mate” untuk membentuk sebuah assembling dan mekanisme poros engkol. Hasil assembly dapat dilihat pada gambar 7.



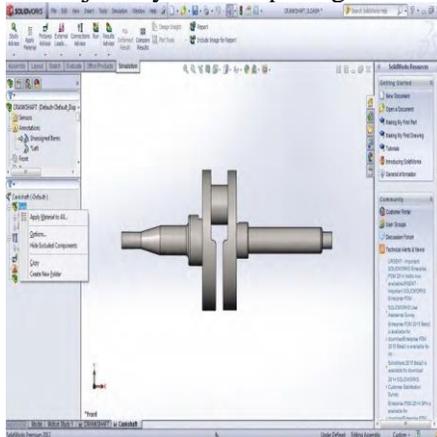
Gambar 7. assembly pen dan poros engkol

Simulasi *crankshaft* dan pemilihan material

Setelah proses *assembly* selesai maka proses selanjutnya yaitu proses simulasi, yang mana pada proses simulasi ini guna untuk mengetahui besar gaya reaksi pada *crankshaft*. Sebelum melakukan simulasi ada beberapa fitur yang harus diaktifkan, diantaranya bahan yang akan dianalisa. Untuk menjalankan simulasi digunakan sebagai berikut:

Simulasi > studi advisor > part klik kanan > apply edit material > alloy steel.

Untuk lebih jelasnya dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. *assembly crankshaft* dan pemilihan material

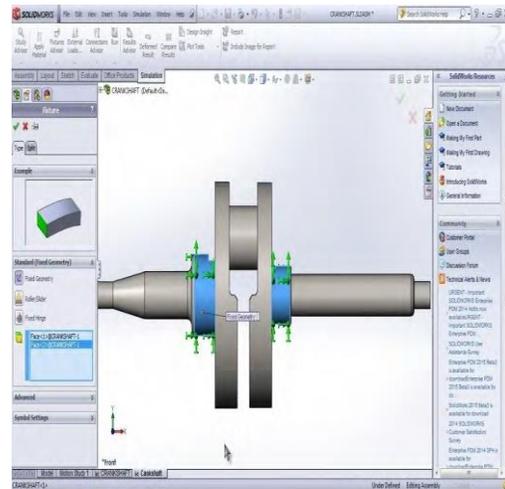
Menginput gaya pada tumpuan

Tahap selanjutnya adalah menginput gaya tumpuan pada poros engkol. fitur pada proses tumpuan dilakukan sebagai berikut:

Fixtures > fixed geometry > pilih tumpuan > Ok. Untuk lebih jelasnya dilihat pada gambar 9 dan 10.

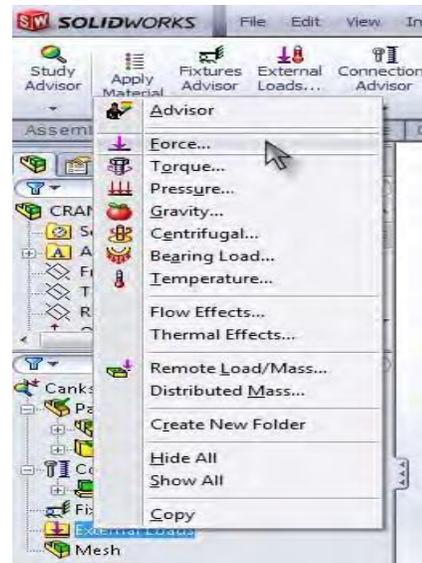


Gambar 9. menginput gaya tumpuan

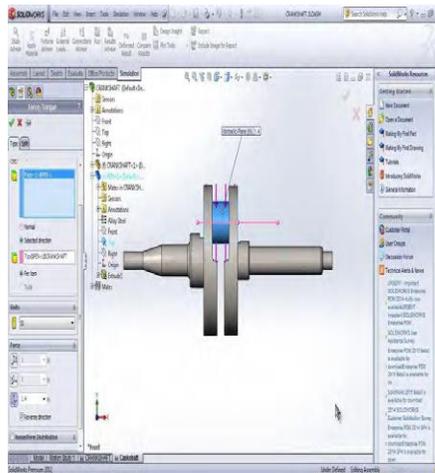


Gambar 10. proses *fixed geometri* Menginput gaya luar

Setelah tumpuan ditentukan maka dilanjutkan dengan penginputan gaya luar pada batang yang akan dianalisa. Pada proses ini dapat dilihat sebagai berikut: Klik kanan pada *external load > force > select direction > top plane pada part pen > normal to plane* masukan besar gaya (1,4 N) > ok. Untuk lebih jelasnya dilihat pada gambar 11 dan 12:



Gambar 11. proses *external load*



Gambar 12. proses *input external load*

Penggabungan Pen dan Poros Engkol

Penggabungan pen dan poros engkol akan menghasilkan reaksi terhadap pembebanan. Pada proses ini dapat dilihat sebagai berikut: Klik kanan *connections* > *component contact* > klik *part pen dan poros engkol* > *ok*. untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 13 berikut:

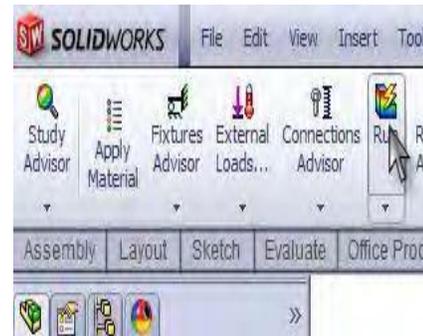


Gambar 13. proses *conection*

Menjalankan Run

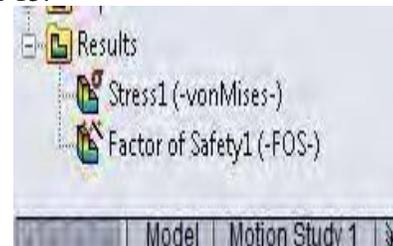
Pada bagian ini berfungsi untuk menjalankan hasil analisa sehingga didapat data (*Report Document*). Untuk menjalankan proses Run digunakan fitur sebagai berikut:

Klik *Run* > *ok*. Selama proses *Run* akan menunggu beberapa saat bertanda analisa sedang berjalan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 14 dan 15 berikut:



Gambar 14. proses *Run*

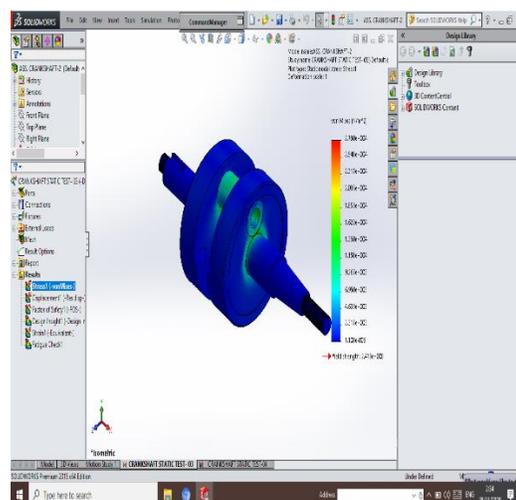
Ketika proses analisa selesai akan ada keterangan *result* disamping kiri dan akan menampilkan tegangan dan *safety factor*. Lihat gambar 15.



Gambar 15. tampilan *result*.

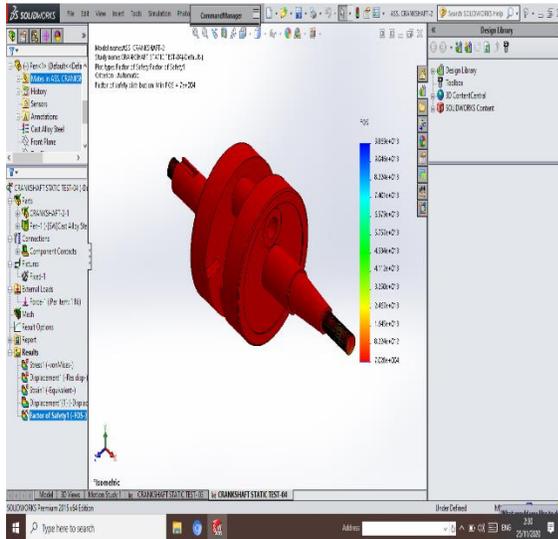
Hasil Result

Pada bagian ini berguna untuk melihat hasil analisa tegangan yang terjadi pada *crankshaft* dengan menggunakan pewarnaan pada *crankshaft* besar nilai tegangan dapat dibandingkan dengan nilai warna yang dikeluarkan pada sebelah kanan gambar. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 16.



Gambar 16. Hasil *stress*

Klik kanan *diResult* > pilih *factor of safety*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. *factor of safety*

Dari hasil simulasi dapat dianalisa distribusi tegangan yang terjadi pada crankshaft. Untuk tegangan maksimal atau maksimum pada *crankshaft* sebesar 5559,99 N/mm².

Hasil Analisa Secara Teori Dan Software

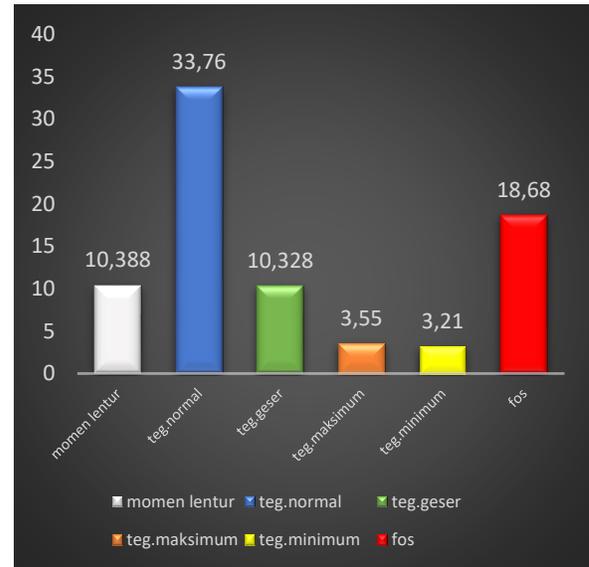
Dari hasil analisa secara teori dan *software* tegangan maksimal yang diterima oleh pen dengan panjang pen 50,91 mm dan diameter 21,36 mm akibat gaya - gaya radial yang diakibatkan oleh ledakan dalam ruang bakar sebesar $\sigma_1 = 33,21$ N/mm².

Untuk lebih lengkapnya dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 3. Data hasil Analisa Secara Teori dan secara Software.

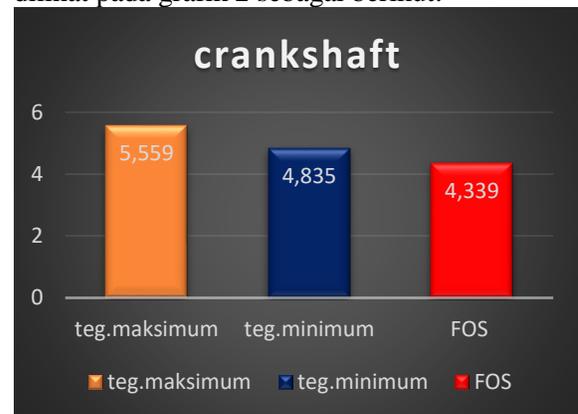
Hasil Analisa Teori	Momen Lentur (N/mm ²)	Tegangan Normal (N/mm ²)	Tegangan Geser (N/mm ²)	Tegangan Maksimum (N/mm ²)	Tegangan Minimum (N/mm ²)	Factor Keamanan
Pen	10388,1	33,76	10,328	33,21	3,55	18,68
Hasil Analisa software	Momen Lentur (N/mm ²)	Tegangan Normal (N/mm ²)	Tegangan Geser (N/mm ²)	Tegangan Maksimum (N/mm ²)	Tegangan Minimum (N/mm ²)	Factor Keamanan
Poros engkol		1,459e-18	7.8e+010 N/m ²	5559.99 N/m ²	4.83511e-007 N/m ²	4.339e+004 N/m ²

Berikut adalah grafik 1 analisa pada pen secara teori:



Grafik 1. Analisa pada pen secara teori.

Sedangkan yang menggunakan software akan menghasilkan tegangan maksimal sebesar akan menghasilkan tegangan maksimal sebesar Analisa software difokuskan pada pen dan poros engkol (*crankshaft*) yang sudah diassembly dan akan menghasilkan gaya reaksi pada poros engkol akibat gaya aksi yang diberikan pada pen sebesar 1,4 N. untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik 2 sebagai berikut:



Grafik 2. analisa *crankshaft* menggunakan software.

KESIMPILAN

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan akibat pembebanan gaya radial sebesar 1,4 N yang terjadi pada Pen dan *crackshaft* sebagai berikut:

- 1). Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis dengan pembebanan gaya radial sebesar 1,4 N diperoleh momen lentur sebesar 10388,1 N/mm, tegangan normal sebesar 33,76 N/mm², tegangan geser sebesar 10,328 N/mm², tegangan maksimum sebesar 33,21 N/mm², dan tegangan minimum sebesar 3,55 N/mm².
- 2). Berdasarkan hasil simulasi dengan software *solidwork* diperoleh tegangan maksimum sebesar 4.83511e-007 N/m².
- 3). FOS (factor of safety) berdasarkan analisa menggunakan *software* diperoleh sebesar 4.339e+004 N/m².

DAFTAR PUSTAKA

1. Montazersadgh, F. H., and Fatemi, A., 2007, Dynamic Load and Stress Analysis of a Crankshaft, *SAE World Congress and Exhibition, SAE Technical Paper 2007-01-0258*, pp. 1 – 8.
2. Nudehi, S. S., and Steffen, J. R., 2017, *Analysis of Machine Elements using Solidworks Simulation 2017*, SDC Publications.
3. Balamurugan, C. M., et al, 2011, Computer Aided Modeling and Optimization of Crankshaft, *International Journal of Scientific and Engineering Research*, Volume 2, Issue 8, August, pp. 1 – 6.
4. Garg, R., and Baghla, S., 2012, Finite Element Analysis and Optimization of Crankshaft Design, *International Journal of Engineering and Management Research*, Volume 2, Issue 6, pp. 26 – 31.
5. Helmiyansah, 2016, Analisa Tegangan pada Crankshaft Sepeda Motor Suzuki Smash Menggunakan Software Solidworks, *Jurnal Teknik Mesin*, Volume 5, Nomor 3, Oktober, hal. 16 – 19.
6. Chaudhari, J. K., and Barjibhe, R. B., 2016, Experimental and Numerical Analysis of Crankshaft used in Hero Honda Splendor Motorcycle, *International Journal of New Technology and Research*, Volume 2, Issue 7, July, pp. 83 – 94.
7. Nargolkar, P. M., 2017, Analysis Crankshaft, *International Journal of Scientific Engineering and Research*, Volume 5, Issue 4, April, pp. 122 – 127.
8. Grujic, I., et al., 2018, Stress Analysis of the Crankshaft of IC Engine, *Machine Design*, Volume 10, Nomor 2, pp.69 – 72.
9. Arismunandar, W., 2002, *Motor Bakar Torak (Penggerak Mula)*, Edisi Kelima, Cetakan Kesatu, Penerbit ITB Bandung, hal. 105 – 106.
10. Beer, F., Johnston, Jr, E. R., DeWolf, J. T., and Mazurek, D. F., 2017, *Statics and Mechanics of Materials*, Second Edition, McGraw-Hill Education, New York, pp. 15 – 62; 338 – 375.
11. Oberg, E., Jones, F. D., Horton, H. L., and Ryffel H. H., 2000, *Machinery's Handbook*, 26th Edition, Industrial Press, Inc., New York, pp. 218.