

ANALISIS TEGANGAN *CONNECTING ROD* PADA MOBIL TIPE X DENGAN MENGGUNAKAN METODE NUMERIK

Rudi Saputra¹, Hudha Nurzaen²

Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta Selatan^{1 2}

email¹ : rudisaputra09@yahoo.com

Abstract

Kemajuan teknologi sekarang ini telah menghasilkan berbagai kreasi dalam segala hal yang bertujuan memudahkan segala aktifitas manusia. Ada berbagai sarana transportasi tersedia, mulai dari darat, udara, dan laut. Kendaraan yang diproduksi massal di negara kita umumnya kendaraan darat, salah satunya adalah kendaraan roda empat yaitu mobil. *Connecting rod* merupakan komponen mesin yang berperan untuk mengubah gerakan resiprok (maju mundur/turun naik) piston menjadi gerakan berputar (*rotary*) pada poros engkol. Dalam tugas akhir ini, menganalisa distribusi tegangan *connecting rod* pada mobil dengan menggunakan metode elemen hingga. *Connecting rod* yang dianalisa adalah *connecting rod* mobil dengan 1500 CC. Adapun material dari *connecting rod* ini ialah AISI 1045 *cold drawn* dengan kekuatan luluh (σ_y) sebesar 530 N/mm². Tujuan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa tegangan yang terjadi pada *connecting rod* setelah dipengaruhi oleh tekanan statis. Setelah itu mencari nilai tegangan *Von Mises* yaitu tegangan maksimum dan tegangan minimum untuk mengetahui *connecting rod* ini dalam keadaan aman atau tidak dengan bantuan dari *software Solidworks 2014*. Setelah dilakukan analisa didapat bahwa tegangan *Von Mises* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 39,74332 N/mm² dan tegangan *Von Mises* minimum yang terjadi yaitu sebesar 0,00169 N/mm². Dari hasil tersebut dapat dilihat nilai tegangan *Von Mises* berada di bawah batas izin tegangan *yield* material baja AISI 1045 sehingga *connecting rod* ini dapat dikatakan dalam keadaan aman.

Keywords: connecting rod, analisis tegangan von mises, metode elemen hingga dan solidworks 2014

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi sekarang ini telah menghasilkan berbagai kreasi dalam segala hal yang bertujuan memudahkan segala aktifitas manusia. Ada berbagai sarana transportasi tersedia, mulai dari darat, udara, dan laut. Kendaraan yang diproduksi massal di negara kita umumnya kendaraan darat, salah satunya adalah kendaraan roda empat yaitu mobil. Agar mobil kita memiliki umur yang lebih panjang maka selain komponen mobil didesain dengan efektif dan efisien, serta tergantung dari material dari komponen tersebut.

Pada saat proses pembakaran yang terjadi di dalam silinder, tenaga yang dihasilkan oleh gas pembakaran sangatlah tinggi. Jika piston dan kelengkapannya tidak mampu menahan daya ledak dari proses pembakaran tersebut, dapat dipastikan kalau piston dan *connecting rod* (batang piston) dapat pecah. *Connecting rod* juga dimaksimalkan untuk mampu menahan gaya dari berat piston dan hasil pembakaran dalam silinder. Akibat gaya tersebut *connecting rod* menerima beban aksial dan lentur sehingga *connecting rod*

harus mampu menerima beban tersebut. Oleh karena itu, dalam skripsi ini penulis ingin mengimplementasikan dari penelitian untuk dapat mengetahui seberapa kuat material *connecting rod* tersebut, bila tekanan desain 2 kali lebih besar daripada tekanan standar pabrik, sedangkan tekanan standar pabrik mempunyai nilai tekanan 219 psi dinaikan 2 kali lebih besar menjadi 438 psi.

Analisis lebih lanjut mengenai kasus kegagalan yang terjadi pada bagian *connecting rod*. Kegagalan *connecting rod* biasanya terjadi karena kelelahan dari material *connecting rod*, serta menentukan tindakan pencegahan yang efektif dan efisien terhadap kasus kegagalan tersebut. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya tegangan berlebihan yang menyebabkan terjadinya tegangan tinggi hingga mencapai harga kritis dari kekuatan materialnya.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dirumuskan

permasalahan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

Bagaimana menganalisis tegangan *connecting rod* yang terjadi pada mobil tipe X serta mengetahui seberapa kuat material *connecting rod* tersebut, bila tekanan desain 2 kali lebih besar daripada tekanan standar pabrik.

Batasan Masalah

Adapun batasan – batasan masalah analisis tegangan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas tentang perpindahan panas yang terjadi pada proses pembakaran.
2. Beban – beban yang terjadi pada struktur *connecting rod* adalah dari daya maksimal mobil yang didapatkan dari sumber/referensi.
3. Analisis tegangan menggunakan program *solidwork 2014*.
4. Analisis yang dilakukan adalah komponen *connecting rod* (batang piston) pada mobil.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut maka tujuan dari skripsi ini adalah:

1. Menghitung distribusi tegangan yang terjadi pada batang penghubung, baik tegangan maksimal maupun daerah-daerah kritis akibat pembebanan statis dengan Metode Numerik menggunakan program *Solidworks 2014*.
2. Mengetahui mekanisme kegagalan *connecting rod*.
3. Mengetahui *yield strength* maksimal dari baja yang digunakan pada batang penghubung sehingga dapat dikategorikan aman atau tidak.

TINJAUAN PUSTAKA

Connecting Rod

Batang penghubung (*Connecting Rod*) merupakan komponen mesin yang berperan untuk mengubah gerakan bolak-balik (maju mundur/turun naik) piston menjadi gerakan berputar (*rotary*) pada poros engkol. Dalam operasinya *rod* menyangga bantalan untuk pena piston dan pena engkol. Panjang minimum batang di tentukan oleh jari-jari piston dan dimensi pada berat yang berlawanan. Selain itu juga batang penghubung juga dapat menyediakan/melengkapi pena piston dengan pelumasan oli dan dalam beberapa hal dengan pendinginan oli. ^[1]Pada Gambar 1. adalah komponen *connecting rod* yang diambil di workshop PT. FHN.



Gambar 1. *Connecting Rod*. ^[11]

Jenis Beban Yang Diterima *Connecting Rod*

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Hal penting yang mendasar adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis.

a. Beban Statis

Beban statis adalah beban yang memiliki perubahan intensitas beban terhadap waktu berjalan lambat atau konstan.

b. Beban Dinamis

Beban dinamis dapat didefinisikan sebagai beban fungsi waktu. Beban dinamis dapat dikelompokkan atas dua jenis pembebanan yaitu pembebanan kejut (*impact*) dan beban berfluktuasi (*fluctuating*) atau disebut juga beban lelah (*fatigue*) karena dapat menyebabkan kelelahan pada material walaupun nilai beban belum mencapai batas maksimum kekuatan materialnya.

Beban kejut adalah beban yang diberikan pada suatu benda/ material dengan kecepatan tinggi, waktu yang sangat pendek, dan tiba-tiba. Beban berfluktuasi adalah beban yang bekerja pada suatu benda/material dengan amplitudo konstan, amplitude dalam bentuk variabel, dan amplitude secara acak.

Beban fluktuasi amplitudo konstan, secara umum mempunyai ciri-ciri:

- 1) Memiliki nilai maksimum
- 2) Memiliki nilai minimum
- 3) Ada model/tipe siklusnya

Pada umumnya, *connecting rod* dibuat menggunakan proses casting atau forging dan menerima beban yang bervariasi, yaitu: ^[11]

- Beban kompresi pada arah longitudinal. Kerusakan yang terjadi pada *connecting rod* disebabkan oleh *stress*, yang dihasilkan dari beban kompresi yang besar dan terjadi pada saat pembakaran di ruang bakar.
- Beban tarik yang lain, seperti perubahan kecepatan pada piston.
- Beban bending pada lengan *connecting rod*, seperti pada saat pergerakan osilasi dari poros pin *small end* maupun *big end*.

Konsep Tegangan

Tegangan adalah suatu ukuran intensitas pembebanan yang dinyatakan oleh gaya dan dibagi oleh luas di tempat gaya tersebut bekerja. Komponen tegangan pada sudut yang tegak lurus pada bidang di tempat bekerjanya gaya tersebut disebut tegangan langsung, dan merupakan tegangan tarik atau tensile (positif), atau tegangan tekan atau compressive (negatif). Menurut Iremonger, MJ. Secara matematis definisi tersebut dapat ditulis pada persamaan 2.1 :^[7]

$$\text{Tegangan}(\sigma) = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Dimana :

σ = Tegangan Normal (N/m^2)

F = Gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan (N)

A = Luas bidang (m^2)

Konsep Regangan

Regangan adalah suatu bentuk tanpa dimensi untuk menyatakan perubahan bentuk (deformasi). Regangan dinyatakan sebagai pertambahan panjang per satuan panjang. Hukum Hooke menyatakan bahwa dalam batas-batas tertentu, tegangan pada suatu bahan adalah berbanding lurus dengan regangan. Secara matematis, regangan dapat ditulis pada persamaan 2.2 :^[7]

$$\epsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2.2)$$

Dimana :

ϵ = Regangan

δ = Pertambahan panjang total (m)

L = Panjang mula – mula (m)

Metode Elemen Hingga

Salah satu metode komputasional yang sering digunakan untuk menganalisis masalah struktur adalah metode elemen hingga. Untuk menganalisa pengaruh gaya, temperatur dan aliran air atau angin terhadap besaran-besaran seperti deformasi, tegangan, temperatur, tekanan dan kecepatan air dan sebagainya. Sifat-sifat distribusi pengaruh tersebut, dalam suatu massa tergantung dari pada karakteristik sistem gaya dan sistem massa itu sendiri. ^[13]

Metode elemen hingga membagi (*diskrit*) struktur menjadi kecil tetapi terbatas, yang didefinisikan dengan baik, substruktur elastic (elemen). Dengan menggunakan fungsi polynomial dan dengan operasi matriks, perilaku elastis setiap elemen terus menerus dikembangkan dalam hal material elemen dan sifat geometris. Beban dapat diterapkan dalam elemen (gravitasi, dinamis, termal, dll), pada permukaan elemen, atau di nodal elemen.

Analisis Stress Tiga Dimensi

Persamaan umum untuk menganalisa stress dari suatu continuum tiga dimensi, identik dengan persamaan yang dipakai pada kasus dua dimensi dan kasus-kasus yang sebelumnya. Dalam bentuk simbolik, diulang kembali persamaan-persamaan yang berlaku juga untuk kasus tiga dimensi. Persamaan-persamaan menurut Sukatio, Yerri Ir. MT. tersebut adalah :

Persamaan Keseimbangan :^[16]

$$[K]\{q\} = \{Q\}_{temp} + \{Q\}_{NF} + \{Q\}_T + \{Q\}_{BF} \quad (2.5)$$

Matrik Kekakuan :^[16]

$$[K] = \int_{\Omega} [B]^T [c] [\epsilon_T] d\Omega \quad (2.3)$$

Vektor Beban Temperatur Nodal :^[16]

$$\{Q\}_{temp} = \int_{\Omega} [B]^T [c] [\epsilon_T] d\Omega \quad (2.4)$$

Vektor Gaya Nodal :^[16]

$$\{Q\}_{NF} = \text{Gaya Yang dikenakan pada node} \quad (2.5)$$

Vektor Traksi Pada Permukaan :^[16]

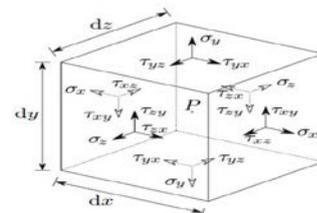
$$Q_T = \int_A [N]^T \begin{Bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{Bmatrix} dA \quad (2.6)$$

Vektor Body Force :^[16]

$$Q_{BF} = \int_{\Omega} [N]^T \begin{Bmatrix} B_x \\ B \\ B_z \end{Bmatrix} d\Omega$$

5.1. Stress Dan Strain Tiga Dimensi

Tinjauan dimulai dengan memperhatikan elemen dengan ukuran dx,dy,dz dalam koordinat *Cartesius*. Perhatikan Gambar 2.



Gambar 2. Stress tiga dimensi pada sebuah elemen. ^[16]

Normal stress, berarah tegak lurus pada permukaan elemen dinyatakan dalam $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ dan seterusnya. Dari keseimbangan moment diperoleh :

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}, \quad \tau_{yz} = \tau_{zy}, \quad \tau_{zx} = \tau_{xz}$$

Oleh karenanya hanya ada tiga tegangan geser yang independen, dan ada tiga normal stress.

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \quad (2.8)$$

Dimana u, v dan w adalah displacement pada arah sumbu x, y, dan z. Tegangan geser (*shear stress*) γ diberikan dalam persamaan 2.9 :^[16]

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = \gamma_{yx} \quad (2.9)$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} = \gamma_{zy}$$

$$\gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = \gamma_{xz}$$

Dalam bentuk matrik kolom, *stress* dan *strain* dinyatakan persamaan 2.10 :^[16]

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \sigma_{xy} \\ \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} \end{Bmatrix} \text{ dan } \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{yz} \\ \varepsilon_{zx} \end{Bmatrix} \quad (2.10)$$

Untuk material Isotropik, hubungan antara *stress* dan *strain* didapat persamaan pada 2.11:^[16]

$$\{\sigma\} = [C]\{\varepsilon\} \quad (2.11)$$

Matrik konstitutif [C] ditunjukkan pada persamaan 2.12:^[16]

$$[C] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ & & & \frac{1-2\nu}{2} & 0 & 0 \\ & & & & \frac{1-2\nu}{2} & 0 \\ & & & & & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix}$$

symetri

Software Solidworks

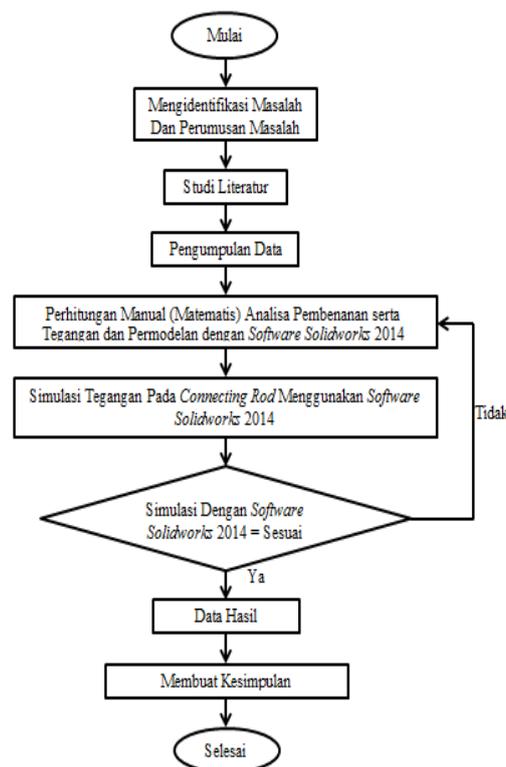
Solidworks merupakan program rancang bangun yang banyak digunakan untuk mengerjakan desain produk, desain mesin, desain mould, desain konstruksi, ataupun keperluan teknik yang lain. Solidworks dilengkapi dengan tool yang digunakan untuk menghitung dan analisis hasil desain seperti tegangan, regangan, maupun pengaruh suhu, angin, dll. Solidworks adalah program pemodelan yang berbasis fitur parametrik, maksudnya semua objek dan hubungan antar geometric dapat dimodifikasi kembali meskipun geometriknya sudah jadi tanpa perlu mengulang lagi dari awal. Dengan metode ini sangat memudahkan dalam proses desain suatu produk atau rancangan.

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. *Solidworks* cocok untuk mahasiswa yang sedang menempuh pendidikan di jurusan teknik sipil, teknik industri dan teknik mesin, karena proses penggunaan *solidworks* lebih cepat dibanding *vendor-vendor software* CAD lain yang lebih dulu ada. *Solidworks* juga dapat melakukan simulasi pada desain yang dibuat dengan *solidworks*. Analisis kekuatan desain juga dapat dilakukan secara sederhana dengan *solidworks*, dan yang paling penting, *solidworks* dapat membuat disain animasi menggunakan fitur yang telah disediakan oleh *software solidworks*.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir metodologi penelitian merupakan gambaran dari langkah-langkah penelitian. Secara garis

besar metode penelitian yang akan dilaksanakan seperti pada gambar 3. :



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian.

Dalam melakukan analisa pada *connecting rod* ini, dibuat urutan proses agar dalam pengerjaan skripsi ini dapat berjalan dengan baik. Dalam skripsi ini, penulis melakukan pemodelan dengan *software solidworks 2014*.

Data Sifat Material Paduan Baja Aisi 1045 Cold Drawn

Properti dari material model harus disesuaikan dengan material sesungguhnya yaitu Baja AISI 1045 Cold Drawn seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja AISI 1045 (%)^[17]

Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Brinell	179	179
Hardness, Knoop	200	200
Hardness, Rockwell B	88	88
Haedness, Vickers	188	188
Tensile Strength, Ultimate	625 MPa	90600 psi
Tensile Strength, Yield	530 MPa	76900 psi
Elongation At Break	12,0%	12,00%
Reduction Of Area	35,0%	35,00%
Modulus Of Elasticity	205 GPa	29700 ksi
Bulk Modulus	140 GPa	20300 ksi
Poissons Ratio	0,290	0,290
Machinability	55%	55%
Shear Modulus	80,0 GPa	11600 ksi

Perhitungan Gaya yang Terjadi pada *Connecting Rod*

Gaya yang diterima oleh *connecting rod* ini dapat diketahui melalui persamaan 3.1 :^[12]

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

Dimana :

P = Tekanan dari ruang bakar (N/mm²)

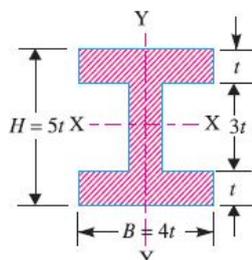
F = Gaya yang diterima (N)

A = Luasan daerah yang menerima gaya (mm²)

Tekanan yang terjadi sebesar 438 Psi = 3,019 N/mm² akibat ledakan yang terjadi di ruang bakar. Diketahui luas dari piston yang berdiameter 74 mm kemudian mencari luas dari piston melalui persamaan 3.2 :^[12]

$$L = \pi r^2 \quad (3.2)$$

Menentukan Ketebalan Shank



Gambar 4. I-Section of connecting rod.^[14]

Dapat ditentukan luas dari potongan *connecting rod* dari gambar 4..^[14]

$$A = 2(4t \times t) + 3t \times t = 11t^2 \quad (3.3)$$

Lalu *moment of inertia* dari potongan *connecting rod* dari sumbu X.^[14]

$$I_{xx} = \frac{1}{12} [4t(5t)^3 - 3t(3t)^3] = \frac{419}{12} t^4 \quad (3.4)$$

Dan *moment of inertia* dari potongan *connecting rod* dari sumbu Y.^[14]

$$I_{yy} = \left[12 \times \frac{1}{12} t \times (4t)^3 + \frac{1}{12} (3t)^3 \right] = \frac{131}{12} t^4 \quad (3.5)$$

Kemudian menemukan dimensi pada *I-section*. Karena batang penghubung dirancang dengan mengambil gaya pada batang penghubung (FC) sama dengan gaya maksimum pada piston (FL) karena tekanan gas, oleh karena itu didapat persamaan 3.6.^[14]

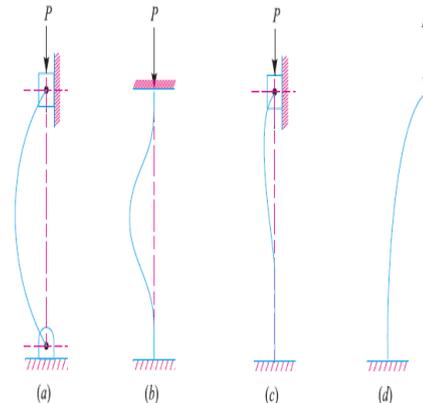
$$F_c = F_L = \frac{\pi D^2}{4} \times P \quad (3.6)$$

Buckling Load

Buckling Stress atau tegangan Tekuk adalah ketidakstabilan yang mengarah ke modus kegagalan. Secara teoritis, Tegangan tekuk disebabkan oleh bifurkasi dalam solusi untuk persamaan keseimbangan statis.

Adapun definisi lain mengenai tegangan tekuk adalah suatu proses dimana suatu struktur tidak mampu mempertahankan bentuk aslinya. Konsekuensi buckling pada dasarnya adalah masalah

geometrik dasar, dimana terjadi lendutan besar sehingga akan mengubah bentuk struktur.



Gambar 5. Tipe dari beban buckling.^[14]

Kita tahu bahwa batang penghubung dirancang untuk *buckling* pada sekitar sumbu X (yaitu di bidang gerak batang penghubung) dengan asumsi kedua ujungnya berengsel. Karena faktor keamanannya itu adalah F.S = 10 yang didapat dari *compression ratio* 10:1, maka *buckling load* didapat dengan persamaan 3.7.^[14]

$$W_B = F_C \times F.S. \quad (3.7)$$

Untuk persamaan 3.7 dapat dituliskan melalui tegangan langsung dengan luas penampang.

$$\sigma_E = \frac{W_B}{A} \quad (3.8)$$

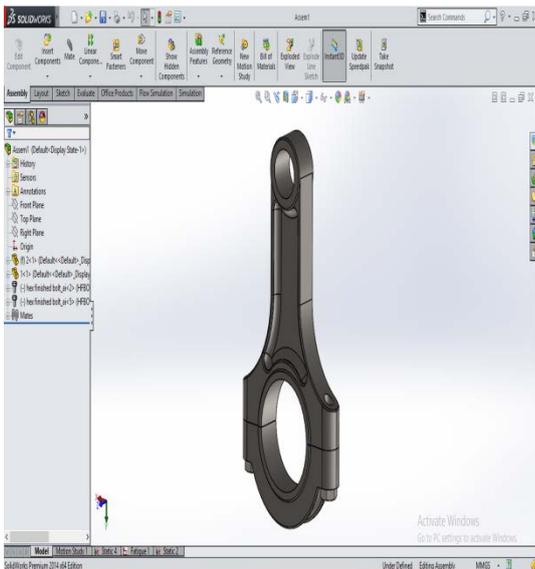
Dimana :

σ_E = Tegangan Euler (N/mm²)

Pemodelan *Connecting Rod* Dengan Menggunakan *Solidworks 2014*

Untuk melakukan analisa pada *connecting rod*, maka diperlukan permodelan *connecting rod* yang akan dinalisa. *Connecting rod* pada skripsi ini akan dibuat permodelan dan analisisnya dengan menggunakan *Software Solidworks 2014*.

Connecting rod tersebut dibuat dalam beberapa komponen, komponen yang dibuat itu antara lain adalah *Small End*, *Big End*, dan batang penampangnya. Setelah semua komponen itu dibuat, komponen tersebut akan diassembly atau disatukan menjadi satu komponen utuh untuk memudahkan pada saat dianalisis terlihat pada Gambar 6.



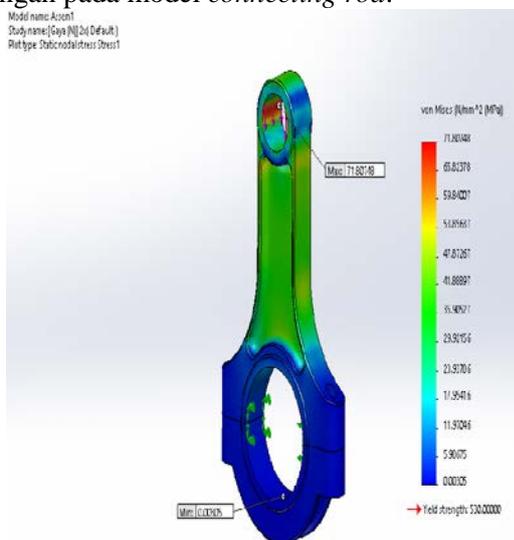
Gambar 6. Pemodelan *connecting rod* keseluruhan.

Pada gambar 6. dilihat bahwa *connecting rod* tersebut telah dimodelkan secara keseluruhan atau komponennya telah disatukan. Pemodelan *connecting rod* tersebut dibuat secara solid menjadi satu komponen utuh. pemodelan *connecting rod* ini cukup penting karena akan menentukan analisa yang akan dilakukan selanjutnya.

Pemodelan Tegangan Pada *Connecting Rod* Dengan *Software Solidworks 2014*

Perhitungan yang dilakukan adalah dengan memodelkan persoalan tersebut kedalam model metode elemen hingga dengan perangkat *solidworks 2014*. Properti dari material model tersebut disesuaikan dengan material sesungguhnya yaitu paduan Baja AISI 1045 *cold drawn*. Spesifikasi sifat materialnya dapat dilihat pada table 1.

Hasil tegangan dengan mengguakan perangkat lunak sangat peka terhadap model, jenis tahanan dan pembebanan yang dilakukan. Dalam hal distribusi tegangan pada model *connecting rod*.



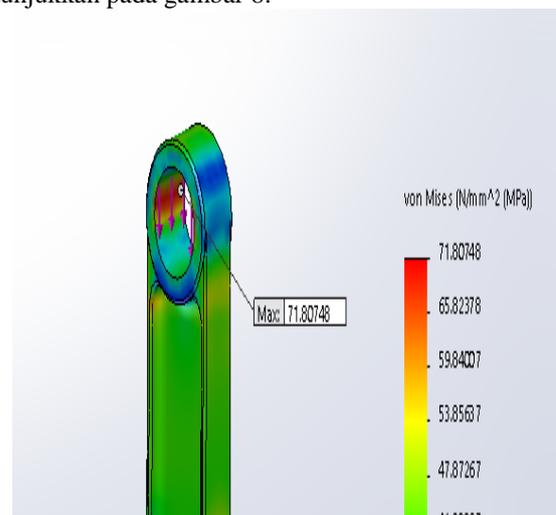
Gambar 7. Distribusi tegangan pada *connecting rod*.^[19]

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada saat menganalisis tegangan dengan menggunakan *Software Solidworks 2014* adalah membuat geometri pada *connecting rod* sebagai tahapan *Study*, setelah komponen-komponen dari *connecting rod* sudah dibuat lalu pilih *Simulation* lalu klik *Study Advisor>NewStudy* >lalu pilih type *static* untuk jenis simulasinya.

Setelah itu klik kanan pada bagian *Parts* untuk memilih jenis material yang digunakan > klik kanan juga pada bagian *Fixtures* lalu pilih *Fixed Geometry*, yaitu *big end*> klik *External Loads* dengan memilih opsi *force* lalu pilih bagian *small end* sebagai permukaan yang terkena tekanan dengan hasil perhitungan sebesar 12977,654 N > Klik *Mesh* and *Run*.

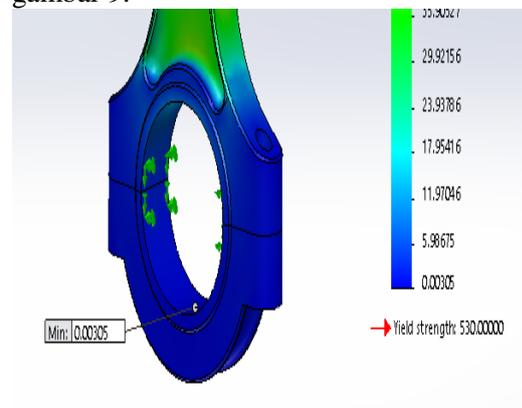
Analisis Tegangan Von Mises Pada *Connecting Rod* Dengan *Software Solidworks 2014*

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa batang penghubung tersebut mengalami tegangan maksimum sebesar 71,80748 N/mm² yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar 8.



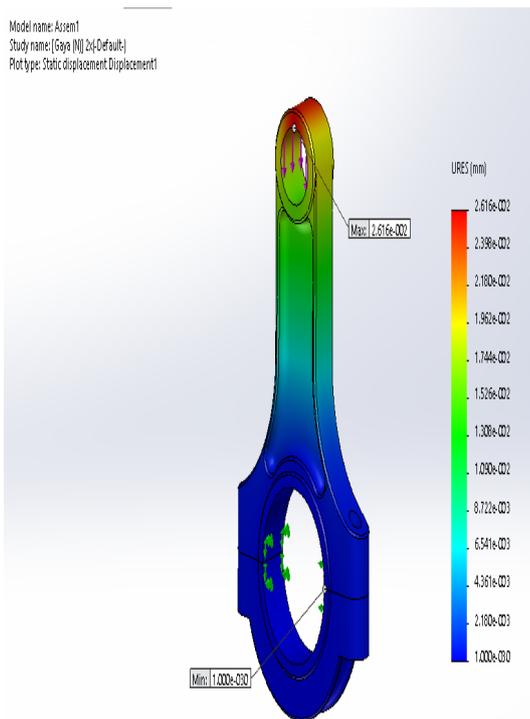
Gambar 8. Tegangan maksimum pada *connecting rod*.^[19]

Sedangkan tegangan minimumnya adalah sebesar 0,00305 N/mm² yang ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Tegangan minimum pada *connecting rod*.^[19]

Analisis Simulasi Hasil Translation Displacement Dengan Software Solidworks 2014



Gambar 10. Translation displacement connecting rod. [19]

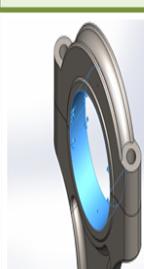
Dari gambar 10 dapat diketahui bahwa besarnya perpindahan translasi maksimum pada deformasi gambar 4.4 adalah 2616e-002 mm. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk maksimum yang terjadi pada struktur batang penghubung Baja AISI 1045 cold drawn adalah sebesar 2616e-002 mm dari bentuk awalnya yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah.

Hasil Print Out Analisis Connecting Rod Dengan Software Solidworks 2014

Tabel 2. Material Properties [19]

Model Reference	Properties
	Name: AISI 1045 Steel, cold drawn Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 5.3e+008 N/m ² Tensile strength: 6.25e+008 N/m ² Elastic modulus: 2.05e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.29 Mass density: 7850 kg/m ³ Shear modulus: 8e+010 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.2e-005 /Kelvin

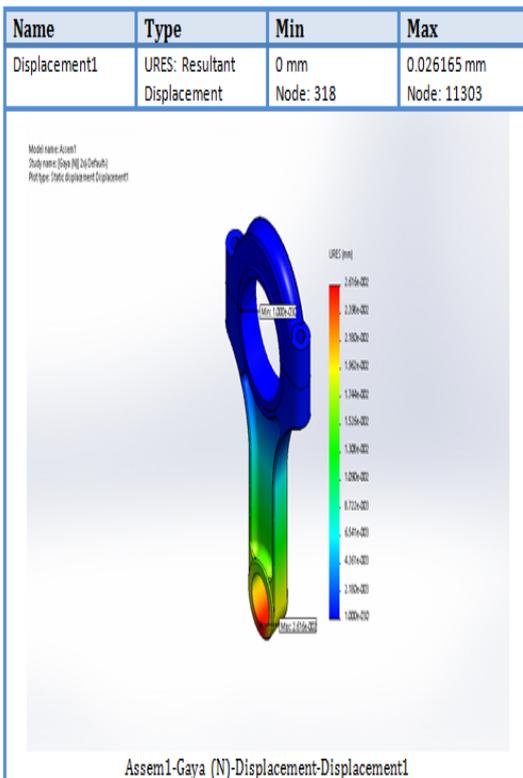
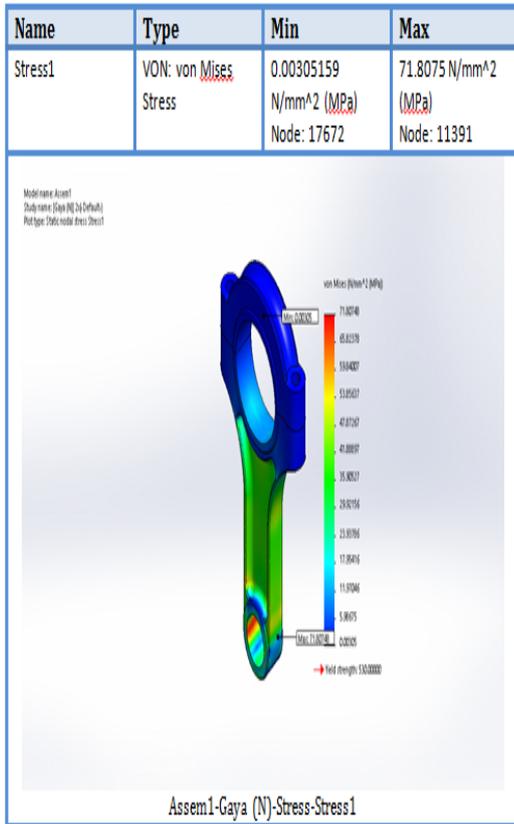
Tabel 3. Loads and Fixtures [19]

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.0547654	-12977.5	0.0194665	12977.5
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0
Load name	Load Image	Load Details		
Force-1		Entities: 1 face(s), 1 plane(s) Reference: Top Plane Type: Apply force Values: ---, ---, 12977.7N		

Tabel 4. Mesh Information [19]

Total Nodes	18777
Total Elements	10845
Maximum Aspect Ratio	20.482
% of elements with Aspect Ratio < 3	84.4
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.498
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:14
Computer name:	USER
	

Tabel 5. Study Result^[19]



PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan tekanan yang terjadi pada *connecting rod* diketahui bahwa tekanan yang terjadi pada *connecting rod* yaitu tekanan kerja akibat tekanan dari *pressure* yang bekerja pada saat

mesin terjadi ledakan saat piston berada pada posisi kompresi atau titik mati atas (TMA).

Beban akibat tekanan *pressure* pada saat *connecting rod* beroperasi yaitu beban kompresi pada arah longitudinal. Kerusakan yang terjadi pada *connecting rod* disebabkan oleh *stress*, yang dihasilkan dari beban kompresi yang besar dan terjadi pada saat pembakaran di ruang bakar. Pada saat dilakukan analisis dengan menggunakan *Software Solidworks 2014* besar tegangan akibat tekanan *pressure* sebesar 438 Psi dan menerima gaya yang sudah diketahui pada perhitungan analitik yaitu sebesar 12977,654 N maka tegangan maksimum yang terjadi pada *connecting rod* sebesar 71,80748 N/mm² pada titik nodal 17672, sedangkan tegangan minimum yang terjadi pada *connecting rod* sebesar 0,00305 N/mm² pada titik nodal 11391.

Pada perhitungan analitik besar tegangan langsung akibat buckling load sebesar 30,190 N/mm² dan mengalami perubahan bentuk atau *displacement* minimum 0 mm pada titik nodal 318 sedangkan maksimumnya 0.026165 mm pada titik nodal 11303. Material yang digunakan pada *connecting rod* tersebut adalah Baja AISI 1045 *cold drawn* yang mempunyai nilai yield Strength sebesar 530 Mpa, dan Tensile Strength sebesar 625 Mpa. Dari data tegangan yang didapat akibat tekanan *pressure* pada saat *connecting rod* beroperasi yaitu beban kompresi pada arah longitudinal maka dapat disimpulkan tegangan yang terjadi pada *connecting rod* saat beroperasi masih dibawah batas tegangan maksimum pada *connecting rod* dan masih dibawah nilai batas yield strength dan tensile strength pada material maka dapat disimpulkan bahwa *connecting rod* ini aman.

Tetapi jika beban tinggi ini terus menerus terjadi dalam jangka waktu yang lama maka akan mengakibatkan *fatigue*, *fatigue* inilah yang mengakibatkan terjadinya *fracture* pada *connecting rod* dan jika dibiarkan maka akan menyebabkan terjadinya kemungkinan patahnya *connecting rod*.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari analisis mengenai tegangan pada *connecting rod* pada mobil tipe x adalah sebagai berikut:

1. Parameter utama yang dimasukan untuk menghitung suatu tegangan pada *solidworks 2014* adalah gaya dengan perhitungan analitik yaitu sebesar 12977,654 Newton.
2. Material yang digunakan adalah Baja AISI 1045 *cold drawn* mempunyai nilai *yield strength* sebesar 530 Mpa, dan *tensile strength* 625 Mpa. Sedangkan tegangan langsung akibat buckling load sebesar 30,190 N/mm², maka dapat disimpulkan *connecting rod* dapat terbukti aman karena tegangan *buckling load*

yang terjadi pada perhitungan analitik masih dibawah yield strength pada material yang digunakan.

3. Berdasarkan analisis *stress* dengan menggunakan *software solidworks* 2014 didapat hasil tegangan akibat tekanan atau *pressure* yang terjadi di ruang bakar, bagian yang mendapatkan tegangan yang terbesar adalah pada bagian *small end* (gambar 4.2). Tegangan yang diterima pada *small end* adalah sebesar 71,80748 N/mm² pada titik nodal 11391 (tabel 4.4).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abidin, Zainal. 2015. *Analisis Tegangan dan Defleksi Pada Connecting Rod Sepeda Motor 100cc*. Sumatera Selatan: Universitas Sriwijaya.
- [2] Brooks, Charlie R. Choudhury, Ashok. 2008. *Failure Analysis of Engineering Materials*. McGraw-Hill.
- [3] Engine Mechanical Manual Book ESM Nissan March MY13.
- [4] Engine Mechanical Manual Book. 2009. PT. Nissan Motor Indonesia.
- [5] Hamrock, B.J., Jacobson, Bo dan Schmid, S.R. 1999. *Fundamentals Of Machine Elements*. Singapore: McGraw-Hill.
- [6] H.S, Hendry. 2011. Pengetahuan Bahan dan Teknik.
- [7] Iremonger, MJ. 1990. Dasar Analisis Tegangan. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [8] Khovakh, M. 1979. *Motor Vehicle Engines*. Moscow: MIR Publisher.
- [9] Laintarawan I Putu, Nyoman Suta dan Wayan Artana. 2009. *Buku Ajar Elemen Hingga*. Denpasar: Universitas Hindu Indonesia.
- [10] New Step 1 Manual Book Toyota Astra Motor
- [11] Nurdiansyah, Rendy. 2012. *Tegangan Pada Connecting Rod*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [12] Petrovsky, M. 1973. *Marine Internal Combustion Engine*. Moscow: MIR Publisher.
- [13] Professor Olek Zienkiewicz: Founder of Finite Element Method.
- [14] R. S. Khurmi dan J. K. Gupta. 2005. *A Text Book Of Machine Design*. India: Eurasia Publishing House.
- [15] Shigley Joseph E, Mitchell Larry D, Harahap Gandhi. 1984. Perencanaan Teknik Mesin, Edisi ke empat, Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- [16] Sukatio, Yerri Ir. MT. 2004. *Dasar-Dasar Metode Elemen Hingga*. Yogyakarta: Andi.
- [17] Matweb Material Property Data. <http://matweb.com>
- [18] Widajaya. 2012. *Perancangan dan Pengembangan Connecting Rod dan Crankshaft Mesin Otto Satu Silinder Empat Langkah Berkapasitas 65 CC*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [19] Computer Program Solidworks 2014 Versi SP 2.0
- [20] <https://www.slideshare.net/cruzsarwan/buku-soliworks>