

# Analisis Bentuk Penampang Batang Engkol Menggunakan Metode Elemen Hingga

Mohammad Kurniadi Rasyid<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin ITI ,  
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

<sup>a)</sup> kurniadirasyid@iti.ac.id (*corresponding author*)

## Abstrak

Penelitian ini memfokuskan pada disain batang engkol (*connecting rod*) yang digunakan pada mesin kendaraan baik roda dua maupun roda empat. Latar belakang masalah adalah karena banyak *batang engkol* yang mengalami kerusakan setelah beberapa waktu penggunaannya. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mencari bentuk batang engkol yang lebih tahan terhadap beban yang terjadi selama proses pembakaran dalam ruang bakar mesin. Tiga konsep disain dibuat dan pemilihan konsep terbaik dianalisis menggunakan simulasi numerik. Computer Aided Design (CAD) perangkat lunak digunakan dalam merancang model ini. Kemudian model CAD dianalisis melalui perangkat lunak rekayasa Solidwork. Analisis elemen hingga dilakukan oleh perangkat lunak ini. Analisis dilakukan pada dua jenis bahan yang dipakai, yaitu aluminium dan baja tempa. Beban yang sama diaplikasikan pada ketiga model. Lendutan dan tegangan yang terjadi kemudian di evaluasi. Hasilnya menunjukkan bahwa model nomor satu dengan pengurangan material di bagian tengah penampang adalah model terbaik bila digunakan sebagai batang engkol. Bahan baja tempa lebih tahan terhadap beban yang terjadi pada batang engkol dibandingkan aluminium.

**Kata Kunci :** CAD, *connecting rod*, *elemen hingga*

## Abstract

*This study focuses on modeling the connecting rod used on vehicles. The background of the problem is that many of the connecting rods were damaged after some time of use. The purpose of this paper is to design a connecting rod that is more resistant to loads that occur during combustion processes in the engine combustion chamber. Three design concepts created. Computer Aided Design (CAD) software used in designing this model. Then the CAD models are analyzed through software engineering Solidwork. Finite element analysis is done by this software. The analysis focused on two types of materials used namely aluminum alloy and forged steel. The same vertical force is applied to all models. Deflections and stresses that occurred evaluated. The results show that forged steel is the best material when used as a connecting rod compared to aluminium.*

**Keyword :** CAD, *connecting rod*, finite element

## I. PENDAHULUAN

Latar belakang penelitian ini dibuat adalah karena banyak batang engkol yang dipakai baik untuk roda dua dan roda empat mengalami kerusakan setelah beberapa waktu penggunaannya. Batang engkol adalah batang penghubung yang menghubungkan piston ke poros engkol pada motor bakar. Pada umumnya batang engkol dibuat dari baja, tapi untuk beberapa keperluan yang berbeda bisa juga dibuat dari aluminium, titanium atau besi tuang. Penelitian ini untuk menganalisis pengaruh bentuk terhadap kekuatan batang engkol. Dalam penelitian ini dilakukan penelitian dengan menggunakan dua material yang berbeda untuk menganalisis tegangan yang terjadi. Diharapkan dari hasil penelitian ini maka penelitian terhadap batang engkol menggunakan lebih banyak material bisa dilakukan.

## II. TEORI DASAR

Metode numerik menyediakan alat untuk menganalisis berbagai persoalan mekanika dengan geometri yang kompleks. Diantara metode numerik yang banyak digunakan adalah metode elemen hingga. Metode ini mampu menghemat banyak waktu dan tenaga. Namun metode analisis ini membutuhkan banyak data untuk mendapatkan hasil dan konsumsi yang cukup akurat [1].

Metode elemen hingga pertama diperkenalkan oleh Richard Courant, 1943. Metode ini mendapatkan perkembangan yang cukup signifikan pada tahun 1956. Mulai tahun ini maka analisisnya meliputi juga sistem kekerasan dan defleksi dari material yang berbentuk kompleks. Cara kerja metode elemen hingga adalah dengan memecahkan elemen yang sangat kompleks menjadi suatu elemen yang kecil. Saat ini FEM telah diterapkan untuk menyelesaikan berbagai persoalan teknik: baik untuk menganalisis struktur, dinamika

fluida, perpindahan panas, akustik, maupun elektromagnetik.

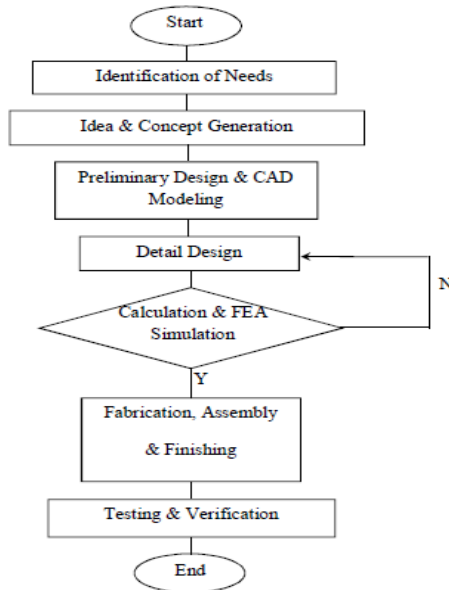
A. Penelitian sebelumnya

Batang engkol pada motor bakar adalah komponen yang sangat kritis [2]. Batang engkol harus mempunyai ketahanan yang sebaik-baiknya mengingat komponen ini menerima beban tinggi dan kerusakannya dapat merusak mesin yang merupakan elemen yang sangat penting pada kendaraan. Selain itu juga harus mempunyai berat seringan-ringannya yang mungkin. Dimungkinkan untuk mendeteksi lebih awal terhadap bahaya keretakan yang akan terjadi pada batang engkol melalui penelitian elemen hingga [3]. Berdasar penelitian, bagian penampang yang terkecil mempunyai resiko bahaya terbesar dalam menerima pembebanan [4].

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Gambar 1 menunjukkan tahapan desain yang digunakan untuk melakukan simulasi numerik terhadap batang engkol pada motor bakar. Dimulai dengan mengidentifikasi persyaratan berdiri yang dapat digunakan oleh satu pengguna. Ide dan konsep yang dihasilkan sebelum dipilih dengan menggunakan metode pemilihan matriks keputusan Pugh [5] dan [6].



Gambar 1. Disain Penelitian

B. Desain dan Pemodelan

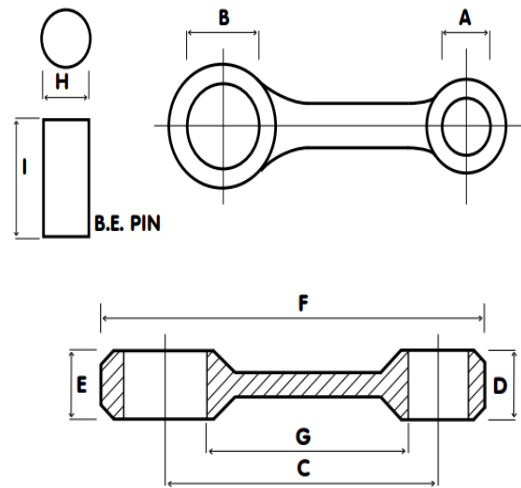
Dua konsep desain dibuat dan pemilihan konsep terbaik menggunakan Pugh's concept. Computer Aided Design (CAD) perangkat lunak digunakan dalam merancang model ini. Kemudian model CAD dianalisis melalui perangkat lunak rekayasa Solidwork. Analisis elemen hingga dilakukan oleh perangkat lunak ini. Analisis difokuskan pada dua jenis bahan yang dipakai, yaitu paduan aluminium dan stainless steel. Batang engkol yang dianalisis adalah batang engkol yang biasa dipakai untuk Honda Vision dan Peugeot ST/SC50L.

Gaya yang bekerja pada batang engkol dianggap sebagian besar karena gaya dorong melalui piston akibat tekanan gas hasil pembakaran dan gaya inersia daribagian yang bergerak turun naik. Sementara gaya-

gaya lain baik karena gesekan cincin piston dan piston serta akibat gesekan pada bantalan pin piston dan bantalan engkol dianggap kecil dan bisa diabaikan. Gaya vertikal maksimum 20.000 N diasumsikan bekerja pada batang engkol. Lentutan dan tegangan yang terjadi kemudian di evaluasi.

C. Model Elemen Hingga dan Analisis

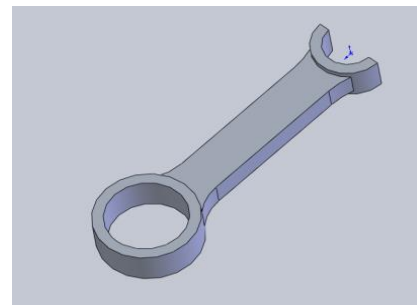
Guna menganalisis tekanan maksimum yang bekerja pada batang engkol yang dirancang, dilakukan software FEA (*Finite Element Analyze*) pada model 3D CAD. Menggunakan salah satu paket perangkat lunak CAE SOLIDWORKS, model elemen hingga dibuat. Pada gambar 2 dan tabel 2 dapat dilihat model rancangan dan dimensinya berdasarkan tabel yang dikeluarkan pabrik untuk *batang engkol* dari Honda Vision dan Peugeot ST/SC50L. Sementara pada gambar 3 ditunjukkan model desain CAD untuk menganalisis menggunakan simulasi numerik.



Gambar 2. Model yang dikonep

Tabel 2. Dimensi *batang engkol* yang dianalisis

A	B	C	D	E
14	22	75	12	12
F	G	H	I	
99	57	16	33	



Gambar 3. Model CAD yang akan dianalisis

Material yang digunakan baik baja maupun aluminium bisa dilihat karakteristiknya pada tabel 3 dan tabel 4. *Forged steel* dan *aluminium alloy* digunakan sebagai bahan batang engkol. Dengan pengurangan berat

pada forged steel, dapat mengurangi bahaya keretakan [7].

**Tabel 3.** Mechanical properties of forged steel

Mechanical Properties	Metric
Tensile Strength, Yield (Mpa)	625
Average hardness(HRB)	101
Reduction of Area	58.0 %
Modulus of Elasticity	221
Gpa Density( g/cc)	7.7
Poissons Ratio	0.290

**Tabel 4.** Mechanical properties of Alumunium Alloy

Mechanical Properties	Metric
Tensile Strength, Ultimate	195Mpa
Tensile Strength, Yield	160Mpa
%Reduction of Area	14 %
Modulus of Elasticity	69.5Gpa
Poissons Ratio	0.290

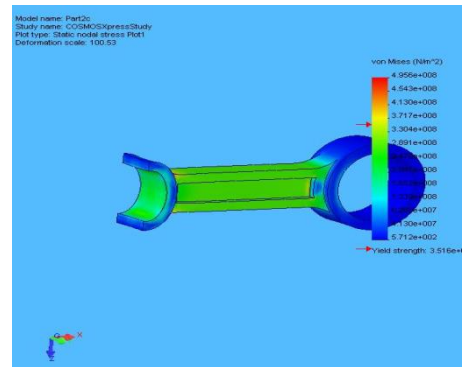
Berat model ditunjukkan pada tabel 5. Model 2 mempunyai berat paling ringan karena ada pengurangan material pada bagian tengah batang.

**Tabel 5.** Berat model

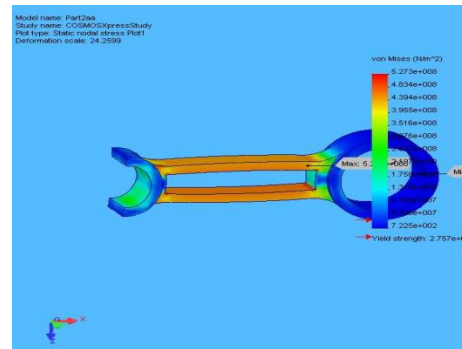
Model	Berat
Model 1 baja	0.061 kg
Model 2 baja	0.051 kg
Model 3 baja	0.070 kg
Model 1 alumunium	0.020 kg
Model 2 alumunium	0.017 kg
Model 3 alumunium	0.24 kg

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

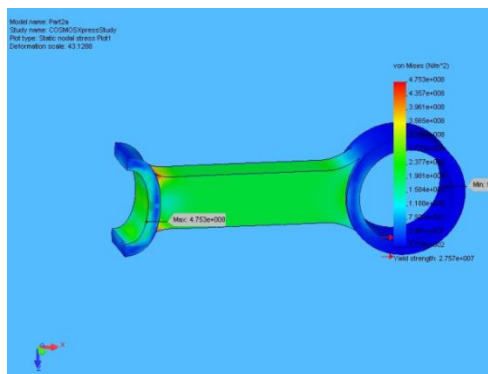
Hasil analisis terdiri atas analisis tegangan dan analisis yang terjadi pada model 3D CAD [8]. Untuk batang engkol yang telah didesain, hasilnya diperoleh melalui simulasi FEA menggunakan software SOLIDWORKS. Gambar 4 menunjukkan tegangan yang terjadi pada model 1 dengan bahan *forged steel* dengan nilai maksimum tegangan von Mises;  $4.95 \cdot 10^8$  N/m<sup>2</sup>. Gambar 5 menunjukkan tegangan von Mises pada model 2. Area merah mewakili maksimum stres von Mises;  $5.30 \cdot 10^8$  N/m<sup>2</sup>. Gambar 6 menunjukkan tegangan yang terjadi pada model 3 dengan bahan *forged steel* dengan nilai maksimum tegangan von Mises;  $4.82 \cdot 10^8$  N/m<sup>2</sup>. Secara keseluruhan hasil untuk tegangan von Mises dapat dilihat di tabel 6.



**Gambar 4.** Analisis Tegangan Model 1



**Gambar 5.** Analisis Tegangan Model 2



**Gambar 6.** Analisis Tegangan Model 3

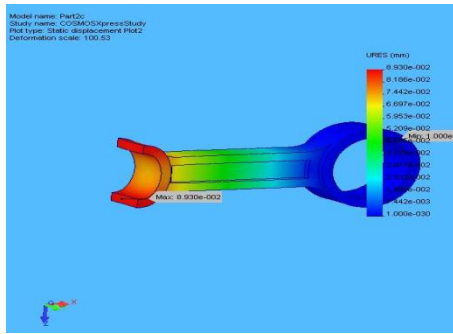
**Tabel 6.** Tegangan Von Mises yang Terjadi pada Model

Model	Tegangan (N/m <sup>2</sup> )
Model 1 baja	$4.95 \cdot 10^8$
Model 2 baja	$5.30 \cdot 10^8$
Model 3 baja	$4.82 \cdot 10^8$
Model 1 alumunium	$4.88 \cdot 10^8$
Model 2 alumunium	$5.27 \cdot 10^8$
Model 3 alumunium	$4.75 \cdot 10^8$

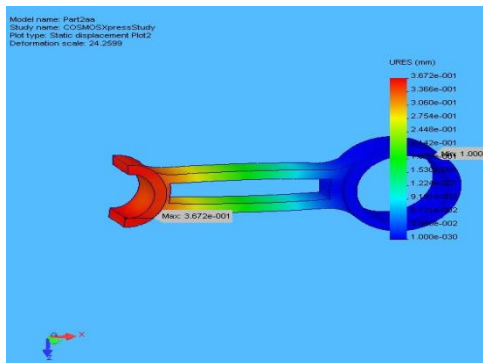
Pada ketiga model berbahan *forged steel*, tegangan yang terjadi masih dibawah *yield stress*. Namun untuk model berbahan aluminium tegangan yang terjadi diatas *yield stress* sehingga aluminium tidak bisa digunakan untuk bahan batang engkol.

Lendutan yang terjadi pada ketiga model ditunjukkan pada gambar 7, 8 dan 9. Lendutan pada model 1, model 2, dan model 3 dengan bahan Aluminium berturut-turut

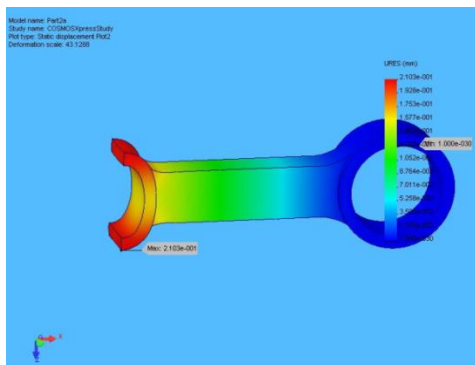
0.257 mm, 0.267 mm dan 0.21 mm. Pada tabel 7 ditunjukkan keseluruhan hasil lendutan pada model 1.



Gambar 7 . Analisis Lendutan Model 1



Gambar 8 . Analisis Lendutan Model 2



Gambar 9. Analisis Lendutan Model 3

Tabel 7. Lendutan yang terjadi pada model

Model	Lendutan (mm)
Model 1 baja	0.089
Model 2 baja	0.127
Model 3 baja	0.057
Model 1 aluminium	0.257
Model 2 aluminium	0.367
Model 3 aluminium	0.21

**V. KESIMPULAN**

Batang engkol dengan model 3 menerima tegangan paling kecil dibandingkan model-model yang lain yaitu 475 Mpa pada bahan aluminium dan 482 Mpa pada bahan baja. Namun karena model 3 lebih berat dari model-model yang lain maka dalam pertimbangan untuk keperluan keringanan dan kemampuan menyerap beban *high impact* untuk meningkatkan daya tahan mesin maka

model nomor 1 sangat dianjurkan untuk dipilih. Hal ini karena lendutan dan selisih tegangan yang terjadi tidak terlalu berbeda dengan model 3 tapi mempunyai berat lebih ringan. Selain itu model yang dibuat dari aluminium campuran biasa ternyata kurang mampu menahan tegangan, kecuali jika menggunakan aluminium *alloy* dengan sifat-sifat properties yang lebih baik dalam menahan tegangan.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya terhadap semua pihak yang telah membantu khususnya Institut Teknologi Indonesia baik dari jurusan Mesin ITI juga LP3M-ITI.

**REFERENSI**

- [1] H. Andruet, "Special 2-D and 3-D Geometrically Nonlinear Finite Elements for Analysis of Adhesively Bonded Joints," *Unpublished Doctoral Dissertation*, Virginia Polytechnic Institute, USA, 1998.
- [2] Vivek. C. Pathade, Bhumeswar Patle, Ajay N. Ingale, "Stress Analysis of I.C.Engine Connecting Rod by FEM" ISSN: 2277-3754, *International Journal of Engineering and Innovative*.
- [3] M.N. Mohammed, M.Z. Omar, Zainuddin Sajuri, A. Salah, M.A. Abdelgnei, M.S. Salleh, "Failure Analysis of Fractured Connecting Rod" *Journal of Asian Scientific Research* 2(11):737-741.
- [4] Bin Zheng, Yongqi Liu and Ruixiang Liu, "Stress and Fatigue of Connecting Rod in Light Vehicle Engine" *The Open Mechanical Engineering Journal*, 2013, 7, 14-17.
- [5] Thakker, A., Jarvis, J., Buggy, M. and Sahed, A. 2009. 3D-CAD conceptual design of the next-generation impulse turbine using the Pugh decision-matrix. *Materials & Design*, 30(7): 2676-2684.
- [6] Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D. 2008. Product design and development. 4th Edition. New York: McGraw-Hill.
- [7] Pushpendra Kumar Sharma and Borse Rajendra R, 2012 fatigue analysis and optimization of connecting rod using finite element analysis, *International Journal Of advance research in Science and Engineering* 1(1) 3367-337.
- [8] Mingzhou, S., Qiang, G. and Bing, G. 2002. Finite element analysis of steel members under cyclic loading. *Finite Elements in Analysis and Design*, 39 (1): 43-54.