

Analisis Kinerja *Connecting Rod* Menggunakan MEH (Metode Elemen Hingga) dengan Material Baja Paduan

Rifki Zainur Rahman^{1*}, Agus Dwi Putra², Bella Cornelia Tjiptady³

¹Politeknik Mas Ami International, Banyuwangi

^{2,3}Universitas Islam Raden Rahmat, Malang

*Penulis Korespondensi, email: kipokopitaufik@gmail.com

Received: 23/05/2022

Revised: 02/06/2022

Accepted: 03/06/2022

Abstract. This study aims to analyze working of connecting rod with finite element method. Connecting rod analyzed using alloy steel material. This analysis is intended to overcome problem of failure of the connecting rod due to extreme modifications. The finite element method is tested using ANSYS 18.1 software with a compressive force of 12 kg/cm². The meshing process resulted in 6394 elements and 11676 nodes. The simulation using MEH is intended to analyze the total deformation, normal stress, and shear stress. The simulation results show that maximum deformation is 0.0000939, while minimum deformation is 0.0000104 mm. In normal stress simulation analysis, maximum value is 1.351x10¹⁰ Pa and minimum value is -8.460x10¹⁰. Furthermore, maximum shear stress analysis reached 2.848x10¹⁰ Pa and minimum shear stress value was -3.0851x10¹⁰ Pa. From the research on connecting rod performance, it can be concluded that connecting rod with alloy steel material has positive performance results.

Keywords: Connecting rod, Steel alloy, Finite element method, Simulation

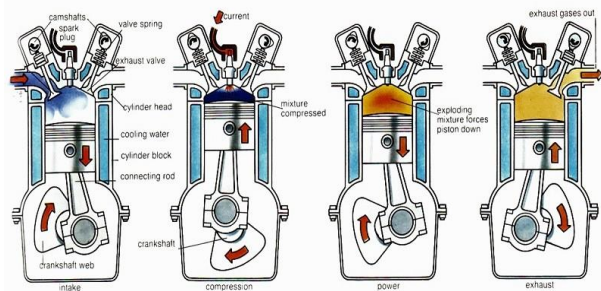
Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerja *connecting rod* dengan metode elemen hingga. *Connecting rod* yang dianalisis menggunakan material baja paduan. Analisis ini dimaksudkan untuk mengatasi masalah kegagalan pada *connecting rod* akibat modifikasi yang ekstrem. Pengujian metode elemen hingga menggunakan software ANSYS 18.1 dengan gaya tekan sebesar 12 kg/cm². Proses *meshing* menghasilkan 6394 elemen dan 11676 nodal. Simulasi menggunakan MEH ditujukan untuk menganalisis total deformasi, tegangan normal, dan tegangan geser. Hasil simulasi menunjukkan bahwa deformasi maksimum sebesar 0,0000939, sedangkan deformasi minimum sebesar 0,0000104 mm. Pada analisis simulasi tegangan normal menunjukkan nilai maksimum sebesar 1,351x10¹⁰ Pa dan nilai minimum sebesar -8,460x10¹⁰. Selanjutnya analisis tegangan geser maksimum mencapai 2,848x10¹⁰ Pa dan nilai tegangan geser minimum sebesar -3,0851x10¹⁰ Pa. Dari penelitian kinerja *connectin rod* dapat diambil keputusan bahwa *connecting rod* dengan material Baja paduan memiliki hasil kinerja yang positif.

Kata Kunci: *Connecting rod*, Baja paduan, Metode elemen hingga, Simulasi

I. PENDAHULUAN

Motor bakar dibagi menjadi dua yaitu motor bakar dua tak dan motor bakar empat tak. Baik empat tak dan dua tak keduanya mempunyai konstruksi yang berbeda dan Langkah kerja yang berbeda [1]. Motor dua tak hanya memerlukan dua kali siklus untuk mencapai 1 langkah kerja sedangkan motor empat tak memerlukan 4 kali siklus untuk mencapai satu kali kerja [2]. Keduanya memiliki perbedaan yang cukup signifikan dimana motor empat tak dinilai paling efisien dalam kinerjanya karena pembakaran yang dihasilkan dan

diperoleh hamper sempurna [3]. Di dalam motor empat tak terdapat komponen dan konstruksi mesin diantaranya dibagi menjadi tiga bagian: 1) Silinder head; 2) Silinder blok; dan 3) *Gear box*



Gambar 1. Siklus kerja motor 4 tak
 (Sumber: Putra, 2020)

Dalam prakteknya motor bakar memanfaatkan perubahan energi kimia menjadi energi panas dan menghasilkan energi gerak mekanik. Dari proses tersebut dilalui siklus yang mana terdapat perubahan kerja dari gerak bolak-balik piston dirubah menjadi gerak putar oleh *crankshaft* [4]. Kinerja piston didukung oleh performa pengapian yang mumpuni dan kompresi yang yang bagus agar performa mesin selalu prima [5]. Namun di dalam prakteknya terdapat kondisi dimana kondisi beberapa khusus system pengapian dimodifikasi agar lebih cepat dan lebih maju yang mana membutuhkan dan memuntut kinerja piston lebih besar juga [6]. Dari hal tersebut membuat kinerja piston lebih keras dan emngakibatkan dalam beebepara khusus gagalnya komponen mesin dalam piston yaitu *connecting rod* [7]. *Connecting rod* gagal dalam menjalankan fungsinya atau disebut *connecting rod* rusak [8].



Gambar 2. Kegagalan *connecting rod*
 (Sumber: Putra, 2020)

Dari gambar di atas dapat diamati dampak kerusakan akibat modifikasi yang tidak memperhatikan kinerja dan performa dari mesin. Modifikasi berlebihan dapat merusak mesin oleh karena itu harus menyesuaikan kemampuan dari mesin sebelum memodifikasi mesin itu sendiri [9].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan kinerja *connecting rod* dengan material baja. Yang mana simulasi ini dapat dijadikan masukkan untuk para insinyur dalam memilih bahan untuk *connecting rod* di masa depan.

II. METODOLOGI

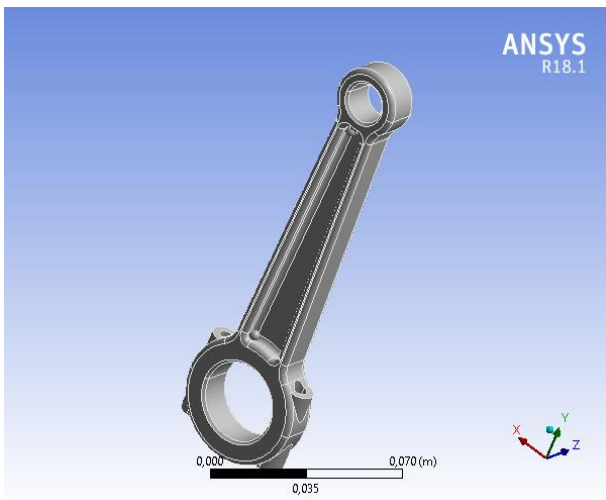
Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga atau sering disebut dengan metode MEH. Tujuan MEH adalah untuk meng-simulasikan kinerja *connecting rod* di dalam computer sebelum tahap uji coba sehingga meminimalisir adanya kegagalan dan pengeluaran biaya yang besar.

Material dalam *connecting rod* menggunakan material baja paduan dengan komposisi material properties sebagai berikut:

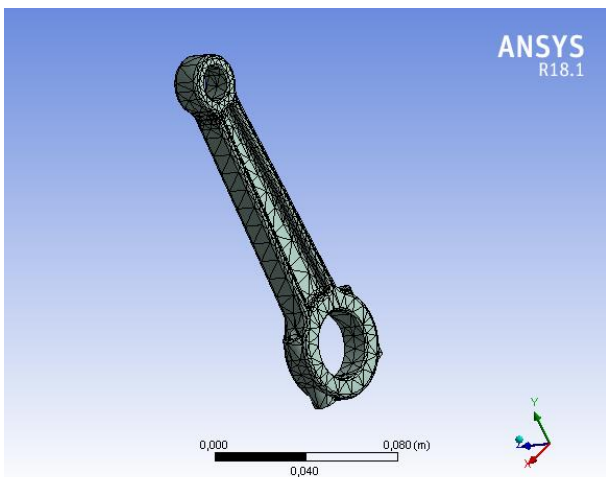
Tabel 1. *Mechanical properties of connecting rod*

<i>Young modulus s (Pa)</i>	<i>Poisson ' Ratio</i>	<i>Bulk Modulus (Pa)</i>	<i>Shear stress (Pa)</i>
2e+011	0,3	1,6667e+01	7,6923e+01
		1	0

Berikutnya kontruksi dari *connecting rod* dapat dilihat pada gambar 3. Pada gamabr 3 Memperlihatkan secara 3 dimensi gambar kontruksi dari *connecting rod*. Sedangkan hasil *meshing* pada kontruksi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Kontruksi *connecting rod*



Gambar 4. Hasil *mesh* dari *connecting rod*

Proses *meshing* menghasilkan 6394 elemen dan 11676 nodal. Simulasi pada penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan software ANSYS 18.1. simulasi ditujukan untuk menganalisis kinerja *connecting rod* meliputi analisis total deformasi, tegangan utama, dan tegangan geser dengan gaya sebesar 12 kg/cm^2 sesuai dengan tekanan kompresi mesin.

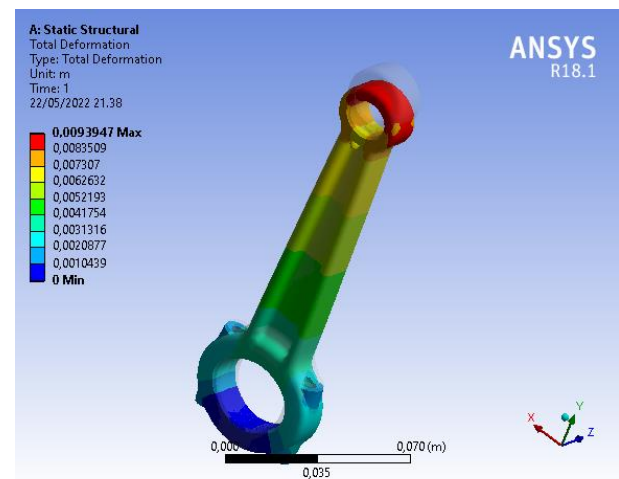
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan pada bab ini dibagi menjadi 3 bagian dengan masing-masing bagian membahas hasil analisis deformasi, tegangan normal, dan tegangan geser.

A. Deformasi

Proses analisis MEH menggunakan Ansys 18.1 menghasilkan deformasi *connecting rod* maksimum sebesar $0,0000939 \text{ mm}$ dan deformasi minimum sebesar $0,0000104 \text{ mm}$. Hasil ini sekaligus menunjukkan bahwa *connecting rod* dengan bahan baja paduan sangat kuat dan direkomendasikan untuk dijadikan bahan dasar pembuat *connecting rod*.

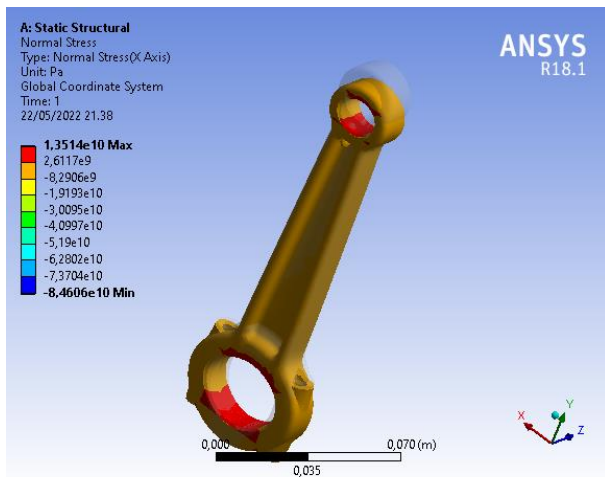
Hasil simulasi total deformasi dapat dilihat pada gambar 5. Pada gambar 5 dapat diamati bahwa gambar dengan bagian warna merah menunjukkan bagian yang terkena deformasi maksimum sedangkan gambar dengan warna biru menunjukkan deformasi minimum.



Gambar 5. Hasil simulasi deformasi

B. Tegangan normal

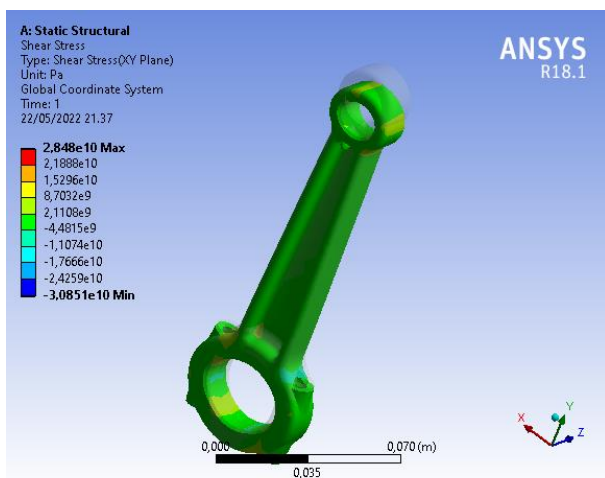
Hasil simulasi tegangan normal pada *connecting rod* dapat dilihat pada gambar 6. Gambar 6 menunjukkan total tegangan normal dari *connecting rod*. Tegangan normal maksimum ditandai dengan bagian *connecting rod* berwarna merah yang mana total maksimum tegangan normalnya mencapai $1,351 \times 10^{10} \text{ Pa}$. Sedangkan hasil tegangan normal minimum mencapai $-8,460 \times 10^{10} \text{ Pa}$, hasil tegangan normal minimum tersebut ditandai dengan warna biru pada gambar *connecting rod*. Hasil negatif dan positif pada tegangan normal ini sekaligus menunjukkan adanya fenomena Tarik dan tekan.



Gambar 6. Hasil simulasi tegangan normal

C. Tegangan geser

Hasil simulasi menggunakan Ansys 18.1 menunjukkan bahwa tegangan geser maksimum ditandai dengan bagian gambar *connecting rod* berwarna merah dengan nilai tegangan geser sebesar $2,848 \times 10^{10}$ Pa. Sedangkan nilai tegangan geser minimum ditandai dengan bagian *connecting rod* berwarna biru dengan nilai tegangan geser maksimum sebesar $-3,0851 \times 10^{10}$ Pa. Hasil tersebut juga menunjukkan adanya nilai + dan - yang mana menandakan adanya tarikan dan tekan. Hasil tersebut dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil simulasi tegangan geser

D. Pembahasan

Hasil simulasi secara berturut-turut menunjukkan nilai yang positif yang mana deformasi maksimum tidak mencapai 1 mm. Sehingga material Baja

dianggap cocok untuk dijadikan sebagai bahan pembuat piston. Begitupun juga dengan nilai tegangan geser dan tegangan maksimum yang mana gambar hasil simulasi tidak menunjukkan adanya warna merah yang berarti tidak ada *danger*. Tidak hanya itu saja baja juga sering dijadikan sebagai bahan material pembuat kapal [10]. Baja juga sering terlibat dalam dunia otomotif sering dijadikan sebagai bahan dasar pembuat lokomotif [11]. Baja juga memiliki nilai titik leleh yang tinggi dan tidak mudah patah, nilai titik leleh baja mencapai 1300°C – 1500°C [12]. Hoffmeyer [13] juga meneliti bahwa crankshaft berbahan baja paduan memiliki kekuatan mekenikal yang bagus dan tahan terhadap panas.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil simulasi menunjukkan adanya deformasi maksimum dari *connecting rod* sebesar 0,0000939, sedangkan deformasi minimum sebesar 0,0000104 mm. Pada analisis simulasi tegangan normal menunjukkan nilai maksimum sebesar $1,351 \times 10^{10}$ Pa dan nilai minimum sebesar $-8,460 \times 10^{10}$. Selanjutnya analisis tegangan geser maksimum mencapai $2,848 \times 10^{10}$ Pa dan nilai tegangan geser minimum sebesar $-3,0851 \times 10^{10}$ Pa.

Saran untuk penelitian selanjutnya supaya material yang digunakan lebih divariasikan dengan gaya-gaya yang bervariasi agar dapat dipertimbangkan mengenai material-materialnya sesuai dengan kebutuhan.

REFERENSI

- [1] G. A. Nassef, A. Elkhatib, and M. Yakout, "Analysis of a failed rocker arm shaft of a passenger car engine," *Case Stud. Eng. Fail. Anal.*, vol. 5–6, pp. 10–14, 2016, doi: 10.1016/j.csefa.2016.01.001.
- [2] A. D. Putra and Y. F. Pradani, "Simulasi Batang Penghubung Piston Dengan Variasi Material Al Alloy Dan Ti Alloy Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Teknol. Terap. G-Tech*, vol. 4, no. 1, pp. 279–285, 2020, doi: 10.33379/gtech.v4i1.545.
- [3] N. E. Saputro, "Strength analysis of connecting rods with pistons using finite element method," vol. 07009, pp. 1–6, 2018.
- [4] N. E. Saputro, "Failure simulation of

- connecting rods without pistons using finite element method,” vol. 07010, pp. 1–5, 2018.
- [5] A. D. Putra, M. Rohman, and M. Sulaiman, “Simulasi Pengaruh Waktu dan Gerak Terhadap Desain Implan Sendi Pinggul,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 09, no. 01, pp. 23–31, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.23887/jptm.v9i1.28885>.
- [6] B. Krstic, B. Rasuo, D. Trifkovic, I. Radisavljevic, Z. Rajic, and M. Dinulovic, “Failure analysis of an aircraft engine cylinder head,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 32, pp. 1–15, 2013, doi: [10.1016/j.engfailanal.2013.03.004](https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.03.004).
- [7] D. D. Boyd, “General aviation accidents related to exceedance of airplane weight/center of gravity limits,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 91, pp. 19–23, 2016, doi: [10.1016/j.aap.2016.02.019](https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.02.019).
- [8] Andoko and P. Puspitasari, “Finite element analysis of surface tension on piston due to pressure variation,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1778, 2016, doi: [10.1063/1.4965798](https://doi.org/10.1063/1.4965798).
- [9] A. D. Putra, M. Rohman, and A. Wahab, “Analisis Desain Excavator Bucket Menggunakan Metode Elemen Hingga dengan Material Baja,” vol. 16, pp. 4–7, 2020.
- [10] R. V Fedorenko, A. A. Kudryavtsev, V. S, and I. R. Murtazin, “ScienceDirect ScienceDirect Strength analysis of nuclear power plant structures in case of aircraft crash impact modeling of a high a pressure turbine blade,” *Procedia Struct. Integr.*, vol. 6, pp. 244–251, 2017, doi: [10.1016/j.prostr.2017.11.037](https://doi.org/10.1016/j.prostr.2017.11.037).
- [11] G. Dundulis, R. F. Kulak, A. Marchertas, and E. Uspuras, “Structural integrity analysis of an Ignalina nuclear power plant building subjected to an airplane crash,” *Nucl. Eng. Des.*, vol. 237, no. 14, pp. 1503–1512, 2007, doi: [10.1016/j.nucengdes.2007.01.007](https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2007.01.007).
- [12] P. Lindholm and F. Svahn, “Study of thickness dependence of sputtered-carbon coating for low friction valve lifters,” *Wear*, vol. 261, no. 3–4, pp. 241–250, 2006, doi: [10.1016/j.wear.2005.10.002](https://doi.org/10.1016/j.wear.2005.10.002).
- [13] J. Hoffmeyer, R. Döring, T. Seeger, and M. Vormwald, “Deformation behaviour, short crack growth and fatigue lives under multiaxial nonproportional loading,” *Int. J. Fatigue*, vol. 28, no. 5, pp. 508–520, May 2006, doi: [10.1016/j.ijfatigue.2005.05.014](https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2005.05.014).