

PENGUJIAN BATANG PISTON TERHADAP BEBAN GAS PEMBAKARAN DAN KELEMBAMAN

Muhammad Syahrul Akmal^{1*}, I Kadek Bagus Suryanata¹, Riski Rido Utomo¹, Arya Ferdian
Ramadhan Putra¹, Aan Yudianto², I Wayan Adiyasa², Moch. Solikin²

¹Sarjana Terapan Mesin Otomotif, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta

²Laboratorium Desain Otomotif, Universitas Negeri Yogyakarta, Wates

*Email Korespondensi : muhammadsyahrul.2020@student.uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada pengujian beban gas pembakaran maupun kelembaman pada sebuah batang piston. Tujuan penelitian ini adalah memahami dasar cara kerja dari *connecting rod* yang berbahan dasar *Gray Cast Iron* serta memahami perbedaan karakteristik struktur bendanya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *static structural* analisis menggunakan aplikasi ANSYS 2020 R2 untuk mengidentifikasi lokal pembebanan *connecting rod* dan mengevaluasi hasil stress dan deformasi total pada komponen yang disebabkan oleh tekanan gas pembakaran dan gaya inersia (kelembaman). Hasil dari penelitian didapatkan bahwa pengujian *connecting rod* yang disebabkan oleh gas pembakaran dan pembebanan gaya inersia dikategorikan aman. Karena hasil dari kedua pengujian tersebut nilai maksimum dari stress von-miseses dibawah dari tegangan ijin (*yield strength*) dari bahan yang digunakan.

Kata kunci: Batang piston, gaya, kelembaman, gas pembakaran, FEM.

ABSTRACT

This research is focusing on testing the combustion gas load and inertia on a piston rod. The purpose of this study is to understand the basic working of the use of a gray cast iron material that is formed into a piston and to understand the differences of the structural characteristic of the object. The method used in this study is the static structural analysis method using Ansys 2020 R2 application to identify local loading of the connecting rod and evaluate the result of stress and total deformation of the component caused by the combustion gas pressure and inertia force. The Results of the research show that the connecting rod test that caused by the combustion gas and inertia force categorized as safe criteria. Because the result of the two test show that maximum value of stress von-miseses is below the allowable voltage (*yield strength*) of the material used

Keywords: Connecting rod, force, inertia, combustion gases, FEM.

PENDAHULUAN

Alat transportasi saat ini memegang peranan yang sangat penting dalam menunjang aktivitas sehari-hari. Hampir setiap rumah memiliki kendaraan bermotor. Sepeda motor adalah jenis kendaraan yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Berdasarkan data yang dihimpun dari Badan Pusat Statistika (BPS) pada tahun 2018 tercatat mencapai 137,7 juta unit sepeda motor. Serta data AISI mencatat di tahun 2019 ada sekitar 6,05 juta unit sepeda motor terjual ke konsumen. Artinya, secara keseluruhan memasuki awal tahun 2020 ini diperkirakan ada lebih dari 143,75 juta sepeda motor di Indonesia. Sedangkan untuk pengguna kendaraan roda 4 sekitar 16,44 juta unit kendaraan di tahun 2018 dan setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan jumlah lebih dari 1 juta unit kendaraan roda empat [1].

Terdapat dua jenis siklus kerja mesin dalam kendaraan, yaitu mesin empat tak (*4 stroke*) dan dua tak (*2 stroke*). Yang dimaksud dari empat tak dan dua tak yaitu dalam menghasilkan satu siklus kerja pada mesin. Untuk mesin empat tak dalam satu siklus

kerja, mesin melakukan empat tahap yaitu *intake* (penghisapan), *compression* (pengkompresin), *combustion* (pembakaran) dan *exhaust* (pembuangan). Sedangkan pada motor dua tak hanya ada 2 tahap, yaitu langkah hisap dan kompresi saat piston bergerak dari TMB ke TMA serta usaha dan buang saat piston bergerak dari TMA ke TMB [2]. Pada dasarnya dari segi daya yang dihasilkan, mesin dua tak menghasilkan daya lebih besar dari yang empat tak. Karena ada hubungan dengan sistem kerja di mesin dua tak dan empat tak [3]. Akan tetapi tidak berarti untuk mesin yang menggunakan siklus empat tak tidak menghasilkan daya yang maksimal. Mesin yang menggunakan siklus empat tak juga menghasilkan daya yang maksimal. Semua itu juga menyesuaikan dengan kebutuhan apa yang akan kita peruntukan.

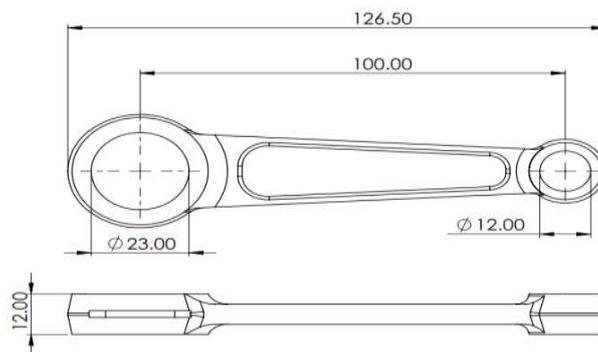
Pada siklus mesin dua tak yang memiliki daya kecepatan yang besar maka perlu mengetahui karakteristik mesin dari masing-masing kendaraan. Untuk itu perlu adanya suatu percobaan perhitungan mengenai karakteristik dari bahan mesin salah satunya adalah *connecting rod*. *Connecting rod* merupakan komponen yang berfungsi untuk meneruskan tekanan dari piston ke poros engkol dengan mengubah gerak translasi pada piston menjadi gerak rotasi pada poros engkol [4].

Beberapa penelitian terdahulu yang meneliti hal yang sama diantaranya adalah Optimasi Dimensi *Connecting Rod* Al2024 dan Tulangan Baja 4340 pada Kawasaki Ninja 150 R menggunakan software ANSYS yang ditulis oleh Alfan E.L dan Nuha D.A Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITENAS, Bandung [4]. Dan Analisa Tegangan Piston dan *Connecting Rod* Pada Motor Diesel 4 Langkah 125 Hp yang ditulis Firdha F, dkk Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) [5].

Penelitian ini bertujuan untuk menguji batang piston dengan menggunakan software ANSYS terhadap beban dari gas pembakaran serta pembebanan akibat inersia atau kelembaman, yang nantinya akan diketahui kondisi yang terjadi pada *connecting rod* ketika mengalami proses pembakaran di dalam mesin. Evaluasi dilakukan dengan mencermati hasil distribusi stress dan deformasi pada batang piston.

METODE PENELITIAN

Penjelasan Model



Gambar 1. Model conecting rod

Connecting rod atau sering disebut dengan batang piston, merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah gerakan bolak-balik dari piston menjadi gerak putar yang selanjutnya disalurkan ke poros engkol. Secara bentuk, *connecting rod* memiliki dua buah lingkaran yaitu *small end* dan *big end*. *Small end* berfungsi sebagai tempat untuk piston nantinya yang dikunci dengan pin piston. Sedangkan *big end* untuk menghubungkan *connecting rod* dengan poros engkol. Model batang piston yang digunakan dalam penelitian ini memiliki dimensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Kondisi Pembebanan

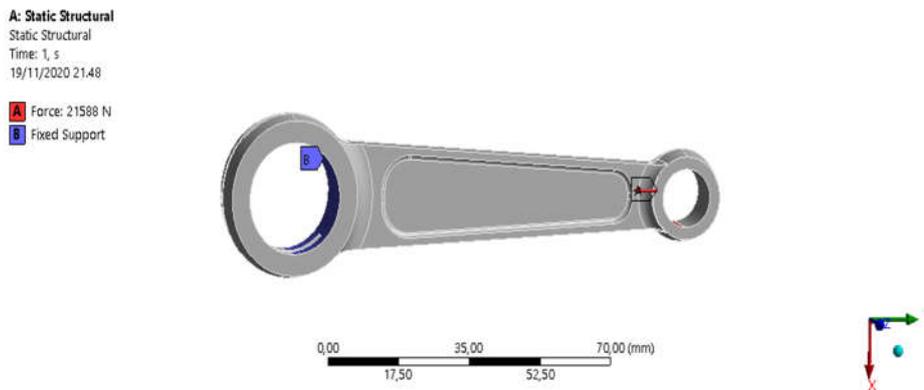
Data yang digunakan dalam simulasi

Tabel berikut adalah data yang digunakan dalam perhitungan dan pengujian batang piston.

Tabel 1. Data yang digunakan pada simulasi

Geometri dan kondisi kerja	besaran	unit
Stroke – panjang langkah (l)	52	mm
Bore – diameter piston (D)	50	mm
p _{max} – tekanan gas maksimal (p)	110	bar@1900rpm
rpm maksimal (n)	4000	rpm
Massa piston, ring piston dan pin piston (m)	0,42	kg
Jarak Small end ke big end	100	mm

Pembebanan oleh gas pembakaran



Gambar 2. Kondisi pembebanan oleh gas pembakaran

Untuk kondisi pembebanan yang pertama, dimana *connecting rod* saat mengalami pembebanan oleh gas. Yaitu pada saat piston bergerak dari TMA menuju TMB. Pada *small end* terdapat gaya tekanan berlawanan sumbu Y. Dan pada saat bersamaan pada *big end* terdapat *fixed support* yang hanya sebagian dari big end, atau lebih tepatnya pada bagian atas yang bersentuhan langsung dengan poros engkol. Perhitungan dalam menentukan nilai force karena gas pembakaran menggunakan rumus:

$$F_{p\ max} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} P_{max} \tag{1}$$

Langkah pertama yaitu merubah satuan pada setiap nilai ke Satuan Internasional (SI).

Diketahui :

$\pi = 3,14$

$D = 50\ mm \rightarrow 0,05\ m$

$P_{max} = 110\ Bar \rightarrow 11.000.000\ Pa$

Ditanya:

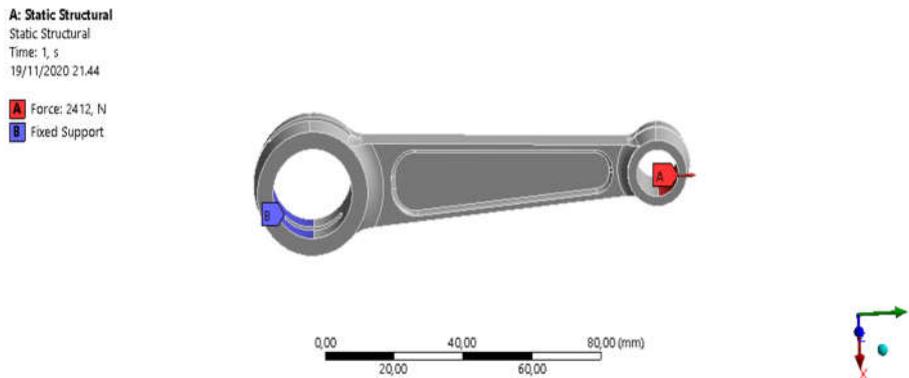
$F_{Pmax} = ?$

Jawab....

$$F_{p\ max} = \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} 11.000.000$$

$$= 21.588\ N$$

Pembebanan karena kelembaman



Gambar 3. Kondisi pembebanan pada kelembaman

Seperti halnya kondisi pembebanan oleh gas pembakaran, selanjutnya yaitu kondisi pembebanan karena kelembaman, yaitu disaat piston bergerak dari TMB ke TMA. Sehingga pada *small end* terdapat gaya dorongan searah sumbu Y. Dan pada saat bersamaan di *big end* terdapat *fixed support* yang hanya sebagian dari *big end*, atau lebih tepatnya pada bagian bawah yang bersentuhan langsung dengan poros engkol.

Perhitungan dalam menentukan nilai force karena kelembaman yaitu menggunakan rumus:

$$F_{inersia} = m.a \quad (2)$$

Pastikan satuan pada setiap nilai sudah dirubah ke Satuan Internasional (SI). Sebelumnya sudah diketahui massa dari *connecting rod*. Selanjutnya yaitu mencari a_{TDC} .

Diketahui

$$m = 0,42 \text{ Kg}$$

$$a = \dots?$$

Ditanya :

$$F_{inersia} = \dots?$$

Jawab:

“Mencari nilai **a** terlebih dahulu”

$$\text{Rumus } a_{TDC} = (1+\lambda).R. \omega^2$$

$$\omega = \frac{2\pi.n}{60}$$

$$\pi = 3,14$$

$$n = 4000 \text{ rpm}$$

$$\omega = \frac{2.3,14.4000}{60}$$

$$= 418,66 \text{ rad/s}$$

$$R = \frac{\text{Stroke}}{2}$$

$$\text{Stroke} = 52 \text{ mm} \rightarrow 0,052 \text{ m}$$

$$R = \frac{0,052}{2}$$

$$= 0,026 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{R}{L}$$

$$R = 0,026 \text{ m}$$

$$L = 100 \text{ mm} \rightarrow 0,1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{0,026}{0,1}$$

$$= 0.026 \text{ m}$$

Maka

$$a_{TDC} = (1+\lambda).R. \omega^2$$

$$a_{TDC} = (1+0.26) \times 0,026 \times$$

$$418,66^2$$

$$= 5.742,04818 \text{ m}^2 \text{ rad/s}$$

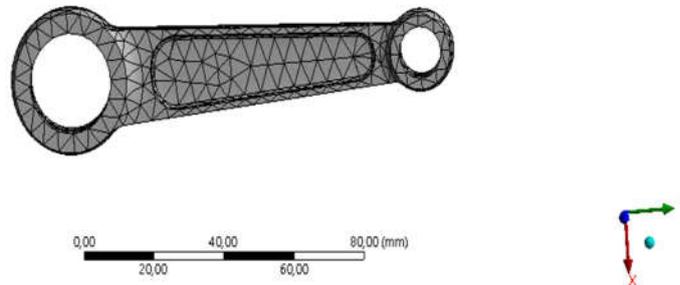
Sehingga penyelesaiannya

$$F_{inersia} = m.a$$

$$= 0,42 \times 5,742,048.18$$

$$= \mathbf{2411,66 \text{ N}}$$

Mesh pada Komponen

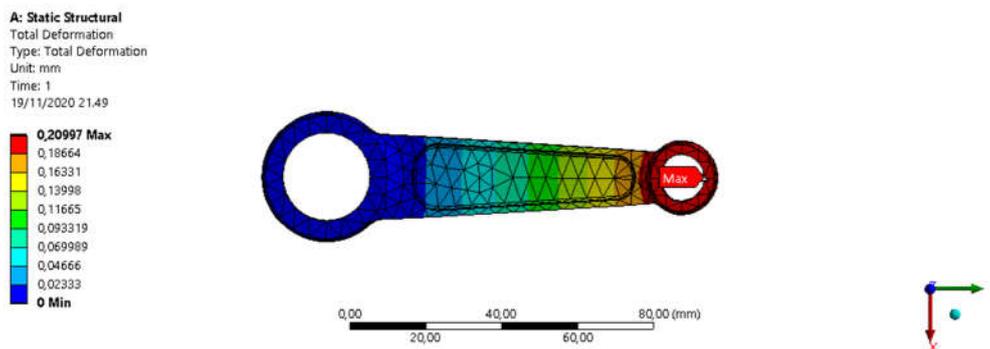


Gambar 4. Mesh pada komponen *connecting rod*

Saat pengujian, mesh yang digunakan yaitu menggunakan jenis elemen *tetrahedral* (*tetrahedrons*) dengan ukuran mesh 5 mm. Sehingga pada statistiknya menghasilkan 4413 nodes dan 2222 element.

HASIL DAN PEMBAHASAN

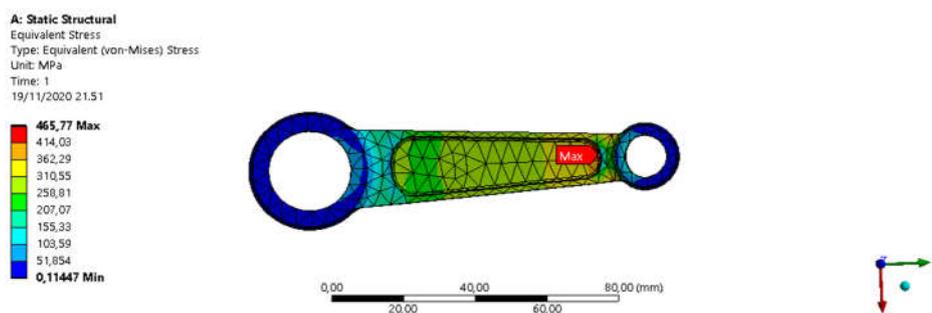
Total deformasi pembebanan oleh gas pembakaran



Gambar 5. total deformasi pada gas pembakaran

Setelah semua hasil sudah dihitung dan semua gaya dan *fixed support* dimasukkan, selanjutnya yaitu *connecting rod* akan diuji. Pada pengujian yang pertama yaitu total deformasi. Dimana perubahan bentuk pada saat kondisi pembebanan oleh gas pembakaran terjadi perubahan bentuk maksimum terjadi pada *small end*. Dengan nilai sebesar **0,20997 mm**.

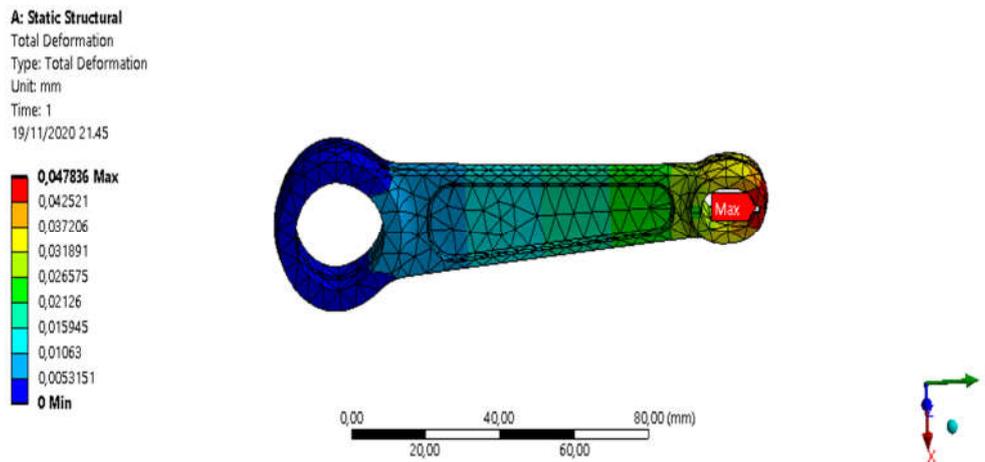
Stress von-misses pembebanan oleh gas pembakaran



Gambar 6. Equivalent Stress pada gas pembakaran

Saat diberikan gaya sebesar **21.588 N**, Pada saat pengujian nilai stress maksimumnya yaitu **465,77 MPa**. Untuk batasan estimasinya menggunakan 80% dari *compressive ultimate strength*, yaitu 656 Mpa. Sehingga pada kondisi pembebanan oleh gas pembakaran dengan penerapan gaya sebesar **21.588 N** maka dapat dikatakan *connecting rod* aman dan tidak ada kemungkinan untuk patah.

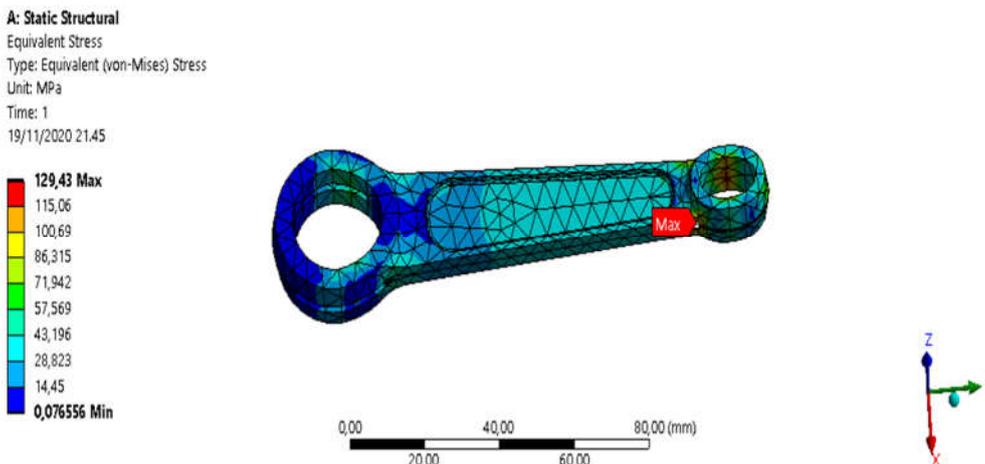
Total deformasi pembebanan karena kelembaman



Gambar 7. Total Deformation pada kelembaman

Analisis total deformasi pada saat kondisi pembebanan karena kelembaman. Pada kali ini perubahan bentuk maksimumnya juga terjadi pada *small end*. Dengan nilai maksimumnya **0,047836 mm**. Titik maksimum dapat dilihat pada anak panah yang terdapat tulisan *max* pada gambar.

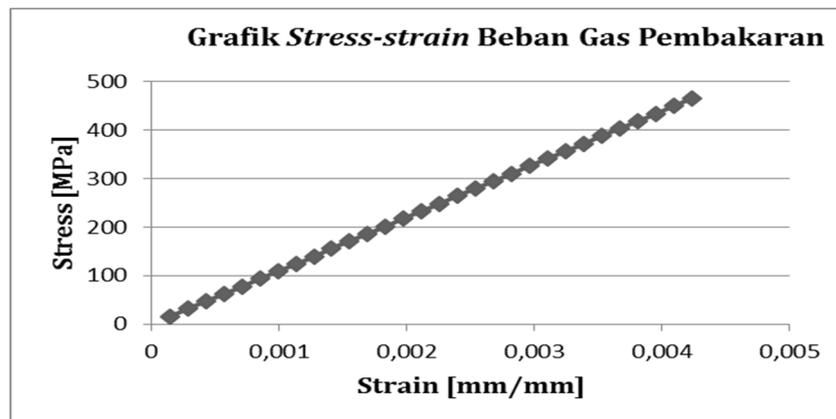
Stress von-misses pembebanan karena kelembaman



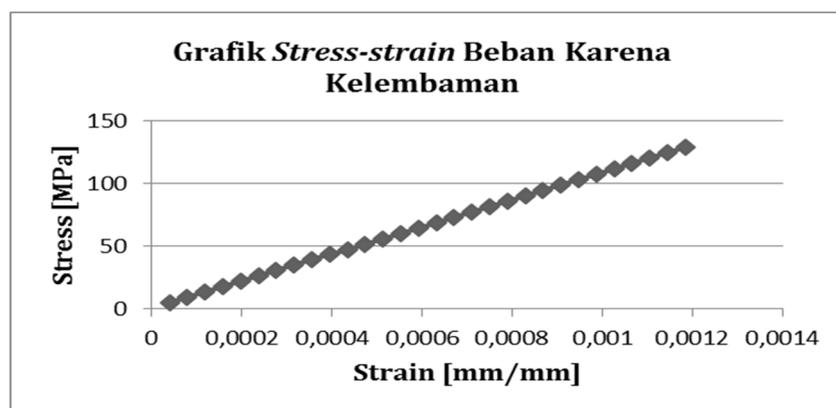
Gambar 8. Equivalent Stress pada kelembaman

Saat diberikan gaya sebesar **2412 N**, Pada saat pengujian nilai stress maksimumnya yaitu **129,43 MPa**. Untuk batasan estimasi stressnya menggunakan 90% dari *tensile ultimate strength*, yaitu 216 Mpa. Sehingga pada kondisi pembebanan pada kelembaman dengan penerapan gaya sebesar **2412 N** maka dapat dikatakan *conecting rod* aman dan tidak ada kemungkinan untuk patah.

Pembandingan tegangan dan renggangan material



Gambar 9. Grafik *stress-strain* beban gas pembakaran



Gambar 10. Grafik *stress-strain* beban karena kelembaman

Grafik diatas menunjukkan bahwa peningkatan *stress* dan *strain* terjadi secara konsisten pada masing-masing percobaan. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, kondisi komponen masih berada pada batas linier atau elastis. Artinya *connecting rod* tersebut hanya mengalami perubahan bentuk yang sangat kecil. sehingga kondisi material yang digunakan masih berada dalam kategori aman atau tidak ada kemungkinan untuk patah baik dalam kondisi pembebanan karena gas pembakaran maupun pembebanan karena kelembaman.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Setelah dilakukannya pengujian pada *connecting rod* dengan bantuan *software ANSYS* pada saat mengalami kondisi pembebanan karena gas pembakaran mengalami deformasi terbesar pada bagian *small end* sebesar 0,20997 mm dan stress maksimal sebesar 465,77 MPa.
2. Untuk batasan aman pengujian stress maksimal pada saat kondisi pembebanan karena gas pembakaran, estimasinya menggunakan 80% dari *compressive ultimate strength*, yaitu 656 Mpa. Sehingga pada kondisi pembebanan oleh gas pembakaran dengan penerapan gaya sebesar 21.588 N maka dapat dikatakan *connecting rod* aman dan tidak ada kemungkinan untuk patah.
3. Sedangkan pada kondisi pembebanan karena kelembaman maka diperoleh hasil total deformasi sebesar 0,047836 mm dan juga terjadi pada bagian *small end*. Untuk stress maksimalnya diperoleh sebesar 129,43 MPa.

4. Untuk batasan estimasi stressnya pada saat pembebanan karena kelembaman menggunakan 90% dari *tensile ultimate strength*, yaitu 216 Mpa. Sehingga pada kondisi pembebanan pada kelembaman dengan penerapan gaya sebesar 2412 N maka dapat dikatakan *connecting rod* aman dan tidak ada kemungkinan untuk patah akibat dari tekanan yang disebabkan karena kelembaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT. karena kehendak dan ridha-Nya. peneliti dapat menyelesaikan artikel ini. Peneliti sadari artikel ini tidak akan selesai tanpa doa, dukungan, dan dorongan dari berbagai pihak. Adapun dalam kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Aan Yudianto S.Pd.,M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan juga motivasi dalam bimbingan kepada penulis dalam menyusun artikel ini.
2. I Wayan Adiasa M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingannya dalam menyelesaikan artikel ini.
3. Drs. Ir. Moch. Solikin M. Kes. sekaligus dosen pembimbing III yang telah memberikan bimbingannya serta selalu memberikan bantuan, semangat serta dorongan selama pelaksanaan penelitian dalam menyelesaikan artikel ini.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segalanya.

REFERENSI

- [1] Korps Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia (2018). Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis. [Online]. Tersedia pada : <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133> [20 November 2020]
- [2] Heriyanto M. (2011) Motor 2 Tak , Motor 4 Tak dan Motor Diesel. Jurnal Motor 1(1),1-6.
- [3] Pratama, D. A. (2020). Kenapa Motor 2 tak Bisa Lebih Kencang Dari 4 tak Walau Kubikasi Mesinnya Sama?. [Online]. Tersedia pada : <https://www.gridoto.com/read/222336146/kenapa-motor-2-tak-bisa-lebih-kencang-dari-4-tak-walau-kubikasi-mesinnya-sama-ini-penjelasan> [2020 Desember 20].
- [4] Latief, A. E., & Anggraeni, N. D. (2019). Optimasi Dimensi Connecting Rod Al2024 dan Tulangan Baja 4340 pada Kawasaki Ninja 150 R Menggunakan ANSYS. Jurnal Rekayasa Hijau ,3(1), 2-9.
- [5] Fauzie, F., Soeprajitno, T., & Ariana, I. M. (2016). Analisa Tegangan Piston dan Connecting Rod Pada Motor Diesel 4 Langkah125 Hp. 3-6.