

STRESS ANALYSIS PISTON SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR 2015

Asroni^{1*}, Dwi Irawan²

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2}
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Metro, Lampung
e-mail : asroni@engineer.com¹, dwi_irawan@yahoo.co.id²

Abstrak

Modifikasi adalah cara merubah bentuk suatu benda atau barang dari bentuk awal dengan bentuk selanjutnya yang berbeda agar berbeda tanpa menghilangkan fungsi asli dari benda atau barang tersebut. Objek yang sering digunakan biasanya sepeda motor, sebagai contoh modifikasi ruang bakar. Melihat kondisi di lapangan seringkali pada saat modifikasi tidak menghiraukan atau tidak mengetahui bagaimana kerusakan akibat dari hasil modifikasi ruang bakar tersebut. Akibatnya kerusakan pada ruang bakar sering terjadi seperti rusaknya piston akibat thermal ataupun tekanan yang berlebihan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh modifikasi ruang bakar terhadap tegangan, regangan, dan deformasi pada piston. Penelitian ini menggunakan metode simulasi, dengan jenis sepeda motor merk Honda tipe Revo 100cc tahun 2008, dengan cara mengikis pada *head cylinder*. Nilai pengikisan tidak dikikis (*standard*); 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 mm. Hasil penelitian ini mengakibatkan perubahan nilai kompresi di tiap ukuran pengikisannya dan akibat dari pengikisan tersebut yaitu: 147 Psi dengan nilai tegangan 633,64 Mpa, regangan 0,00573415 ul, deformasi 0,0228577 mm. 156 Psi dengan nilai tegangan 672,434 Mpa, regangan 0,00608522 ul, deformasi 0,0242572 mm. 167 Psi, dengan nilai tegangan 719,849 Mpa, regangan 0,0065143 ul, deformasi 0,025976 mm. 177 Psi, dengan nilai tegangan 762,954 Mpa, regangan 0,00690438 ul, deformasi 0,0275228 mm. 186 Psi, dengan nilai tegangan 801,748 Mpa, regangan 0,00725545 ul, deformasi 0,028922 mm. 192 Psi, dengan nilai tegangan 827,611 Mpa, regangan 0,0079895 ul, deformasi 0,029855 mm..

Kata kunci: Piston, Motor Bakar, Simulasi, *Autodesk Inventor 2015*, Modifikasi Ruang Bakar.

Pendahuluan

Motor bakar adalah salah satu jenis dari mesin kalor [1]. Rasio kompresi pada motor bakar dipengaruhi oleh volume ruang bakar yang berubah, semakin kecil volume ruang bakar, maka rasio kompresi akan semakin tinggi. Kompresi yang semakin tinggi tentu akan mengakibatkan karakteristik pada piston [2].

Tinjauan Teoritis

Pada penelitian sebelumnya oleh Aprinaldi; 2015, penelitian dengan menganalisa pengaruh modifikasi kepala silinder terhadap campuran bahan bakar-udara pada mesin Honda GX-160.

Penelitian itu dilakukan dengan cara memotong kepala silinder sebesar 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, dan 0,5 mm yang akan memperkecil ruang bakar sehingga mempertinggi kompresi [3]. penelitian terdahulu oleh Asep Syarif Hidayattullah; 2012, penelitian ini menganalisa Pengaruh Proses *Oversize Piston* Terhadap Kinerja Motor dan Pengujian Ketahanan Mekanik Piston dengan Menggunakan Perangkat Lunak *Catia V5R14*. Proses analisa tersebut lebih tertuju pada *oversize piston* serta analisis pengujian ketahanan mekanik piston dengan menggunakan perangkat lunak *Catia* [4].

Piston

Adalah komponen penghisap bahan bakar, menghasilkan kompresi, menerima tenaga hasil pembakaran, dan membuang gas hasil pembakaran. Piston berfungsi menjaga tekanan kompresi dan menyalurkan panas piston ke blok silinder [5].

Kepala Silinder

Kepala silinder berfungsi sebagai tempat ruang bakar, tutup blok silinder, dan tempat komponen-komponen mekanik katup [5].

Kompresi

Kompresi pada mesin merupakan tekanan udara dan bahan bakar pada ruang bakar. Ada pula pengertian rasio kompresi, rasio kompresi adalah perbandingan volume ruang bakar saat piston di titik mati bawah (TMB) dengan volume ruang bakar saat titik mati atas (TMA). Semakin besar perbandingan rasio kompresi maka pada saat piston berada di titik mati atas (TMA) akan memiliki tekanan dan suhu yang semakin besar pula [3].

Pembebanan

Pembebanan pada sebuah komponen dapat dibagi dalam beberapa model pembebanan seperti pembebanan aksial, pembebanan dengan momen tekuk (*bending moment*), dan pembebanan dengan torsi. Model-model pembebanan ini pada suatu komponen, mempunyai pengaruh yang besar dalam desain suatu komponen [6]. Tegangan dan Regangan adalah konsep yang penting dalam peninjauan baik kekuatan maupun kekakuan. Keduanya merupakan konsekuensi yang tidak dapat dipisahkan dari bekerjanya suatu beban terhadap suatu bahan struktur. Tegangan dapat dianggap sebagai sebuah energi yang menahan beban; Regangan adalah ukuran deformasi yang terjadi sebagai akibat tegangan. Dalam suatu elemen struktur,

tegangan adalah gaya dalam dibagi dengan luas penampang di mana gaya itu bekerja. Oleh karena itu, Tegangan dianggap sebagai efek bertumpuk dari tegangan.

Kekuatan bahan dapat diukur dengan tegangan maksimum yang dapat ditahannya-kekuatan ini disebut juga tegangan runtuh (gagal). Kekuatan dari suatu elemen struktur diukur dari gaya dalam maksimum yang dapat ditahannya. Hal ini tergantung pada kekuatan bahan penyusunnya dan ukuran serta bentuk penampangnya. Kekuatan puncak dari elemen dicapai ketika tegangan melebihi tegangan runtuh dari bahan [7].

Metode Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian yaitu:

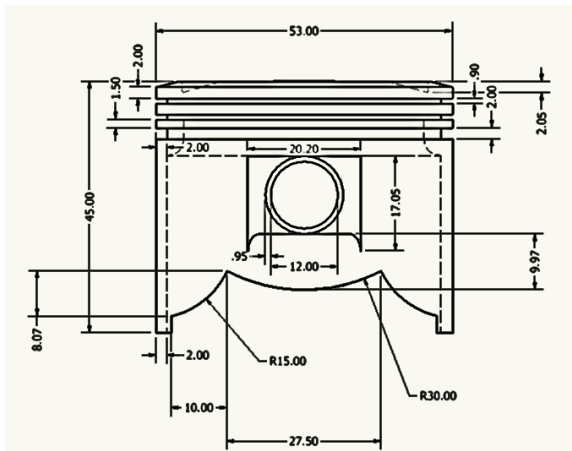
1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Pengikisan Kepala Silinder.
3. Pengukuran dimensi piston.
4. Menggambar piston.
5. Melakukan simulasi dengan *Software Inventor 2015*.
6. Mengolah data.

Pada kepala silinder, pengikisan dilakukan dengan memvariasikan ukuran pada pengikisan kepala silinder. Variasi pengikisan tersebut diambil data ukur sebesar 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, dan 0,5 mm. Hal tersebut bertujuan untuk memperkecil ruang bakar sehingga mempertinggi kompresi.

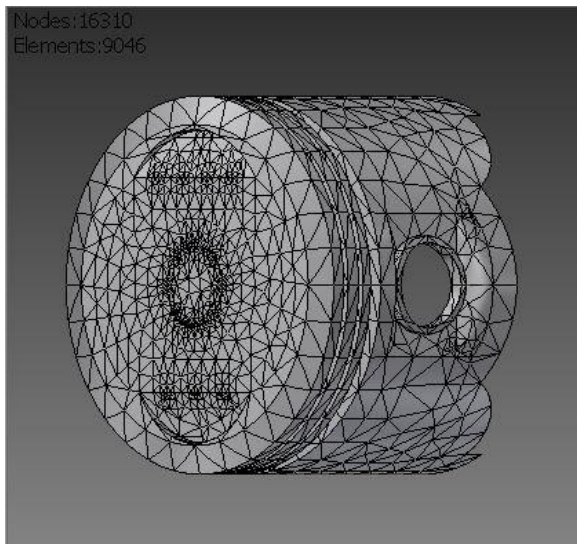
Tabel 1. *Physical Properties* [4]

Material	AC8A
Young Modulus (N/m ²)	9.1 x10 ¹⁰
Poisson Ratio	0.346
Density (kg/m ³)	2710
Thermal Expansion (°C)	21.0 x10 ⁻⁶ /°C
Yield Strength (N/m ²)	9.5 x10 ⁷

Sifat fisika suatu logam adalah bagaimana keadaan logam itu apabila mengalami peristiwa fisika [8].



Gambar 1. Dimensi Piston



Gambar 2. Mesh

Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui karakteristik pada piston dengan pengaruh pengikisan kepala silinder dan memvariasikan pengikisan head silinder dengan ukuran pengikisan 0,1 mm 0,2 mm 0,3 mm 0,4 mm dan 0,5 mm agar di dapat tekanan yang berbeda untuk kemudian di simulasikan. Adapun hasil pengujian yang diperoleh dalam bentuk data-data berikut:

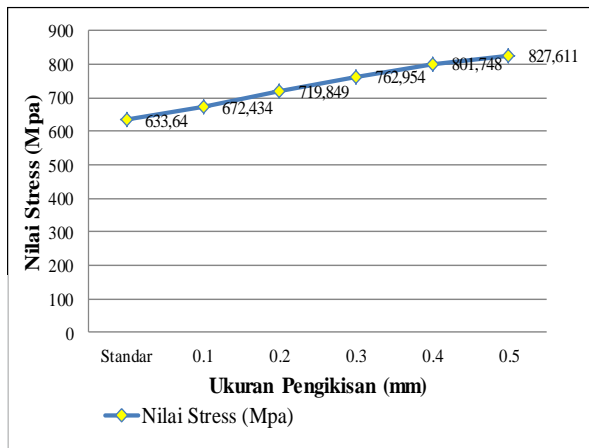
Pengambilan data kompresi ruang bakar dicatat pada saat kondisi motor mati karena busi dilepas, kemudian diambil data dengan menggunakan alat kompresi tester. Data hasil pengujian diambil dari nilai tertinggi dari ukuran pengikisan yang berbeda.

Tabel 2. Data Kompresi Hasil Pengikisan Kepala Silinder

No	Ukuran Pengikisan	Pengujian	Hasil (PS)	Hasil Pengujian Rata-rata (PSI)
1	Standar	1	144	147
		2	145	
		3	150	
		4	147	
		5	149	
2	0,1 mm	1	153	156
		2	156	
		3	155	
		4	154	
		5	160	
3	0,2 mm	1	168	167
		2	170	
		3	167	
		4	164	
		5	166	
4	0,3 mm	1	177	177
		2	180	
		3	178	
		4	174	
		5	176	
5	0,4 mm	1	187	186
		2	189	
		3	178	
		4	190	
		5	186	
6	0,5 mm	1	190	192
		2	189	
		3	192	
		4	195	
		5	194	

Tabel 3. Tegangan Pada Piston

No	Pengikisan (mm)	Stress (Mpa)	Maximum Stress (Mpa)	Minimum Stress (Mpa)
1.	Standar	633,64	301,05	-413,99
2.	0,1	672,43	319,45	-439,33
3.	0,2	719,85	342,01	470,31
4.	0,3	762,95	362,49	498,47
5.	0,4	801,75	380,92	523,82
6.	0,5	827,21	393,21	540,71



Gambar 3. Grafik hubungan antara ukuran pengkisan terhadap nilai *Normal Stress*

Tabel 4. *Result Summary* Ukuran Standar

Name	Minimum	Maximum
Volume	25903,2 mm ³	
Mass	0,0350988 kg	
Von Mises Stress	0,21224 MPa	633,64 MPa
1st Principal Stress	-3,83478 MPa	90,1465 MPa
3rd Principal Stress	-638,985 MPa	2,21765 MPa
Displacement	0 mm	0,0228577 mm
Safety Factor	0,149928 ul	15 ul
Stress XX	-30,672 MPa	39,1438 MPa
Stress XY	-34,6999 MPa	33,9636 MPa
Stress XZ	-26,1512 MPa	47,2359 MPa
Stress YY	-273,47 MPa	49,3597 MPa
Stress YZ	-198,181 MPa	301,048 MPa
Stress ZZ	-413,986 MPa	73,7897 MPa
X Displacement	-0,020551 mm	0,0201723 mm
Y Displacement	-0,0111532 mm	0,00219529 mm
Z Displacement	-0,0149 mm	0,0147653 mm
Equivalent Strain	0,00000196239 ul	0,00573415 ul
1st Principal Strain	-0,0000421404 ul	0,000990619 ul
3rd Principal Strain	-0,0070218 ul	0,0000243697 ul
Strain XX	-0,000337054 ul	0,000430151 ul
Strain XY	-0,000381316 ul	0,000373226 ul
Strain XZ	-0,000287375 ul	0,000519075 ul
Strain YY	-0,00300516 ul	0,000542413 ul
Strain YZ	-0,00217781 ul	0,00330822 ul
Strain ZZ	-0,00454929 ul	0,000810875 ul

Tabel 5. *Result Summary* Ukuran 0,1 mm

Name	Minimum	Maximum
Volume	25903,2 mm ³	
Mass	0,0350988 kg	
Von Mises Stress	0,225234 MPa	672,434 MPa
1st Principal Stress	-4,06957 MPa	95,6657 MPa
3rd Principal Stress	-678,107 MPa	2,35342 MPa
Displacement	0 mm	0,0242572 mm
Safety Factor	0,141278 ul	15 ul
Stress XX	-32,5499 MPa	41,5404 MPa
Stress XY	-36,8243 MPa	36,043 MPa
Stress XZ	-27,7523 MPa	50,1279 MPa
Stress YY	-290,213 MPa	52,3817 MPa
Stress YZ	-210,314 MPa	319,48 MPa
Stress ZZ	-439,332 MPa	78,3075 MPa
X Displacement	-0,0218093 mm	0,0214074 mm
Y Displacement	-0,0118361 mm	0,00232969 mm
Z Displacement	-0,0158122 mm	0,0156693 mm
Equivalent Strain	0,00000208254 ul	0,00608522 ul
1st Principal Strain	-0,0000447205 ul	0,00105127 ul
3rd Principal Strain	-0,00745171 ul	0,0000258618 ul
Strain XX	-0,00035769 ul	0,000456487 ul
Strain XY	-0,000404662 ul	0,000396077 ul
Strain XZ	-0,00030497 ul	0,000550855 ul
Strain YY	-0,00318915 ul	0,000575622 ul
Strain YZ	-0,00231114 ul	0,00351076 ul
Strain ZZ	-0,00482782 ul	0,00086052 ul

Tabel 6. *Result Summary* Ukuran 0,2 mm

Name	Minimum	Maximum
Volume	25903,2 mm ³	
Mass	0,0350988 kg	
Von Mises Stress	0,241116 MPa	719,849 MPa
1st Principal Stress	-4,35653 MPa	102,411 MPa
3rd Principal Stress	-725,922 MPa	2,51937 MPa
Displacement	0 mm	0,0259676 mm
Safety Factor	0,131972 ul	15 ul
Stress XX	-34,8451 MPa	44,4695 MPa
Stress XY	-39,4209 MPa	38,5845 MPa
Stress XZ	-29,7092 MPa	53,6626 MPa
Stress YY	-310,677 MPa	56,0753 MPa
Stress YZ	-225,144 MPa	342,007 MPa
Stress ZZ	-470,311 MPa	83,8292 MPa
X Displacement	-0,0233471 mm	0,0229169 mm
Y Displacement	-0,0126707 mm	0,00249397 mm
Z Displacement	-0,0169272 mm	0,0167742 mm
Equivalent Strain	0,00000222939 ul	0,0065143 ul
1st Principal Strain	-0,0000478738 ul	0,0011254 ul
3rd Principal Strain	-0,00797715 ul	0,0000276853 ul
Strain XX	-0,000382912 ul	0,000488675 ul
Strain XY	-0,000433196 ul	0,000424005 ul
Strain XZ	-0,000326474 ul	0,000589697 ul
Strain YY	-0,00341403 ul	0,000616211 ul
Strain YZ	-0,00247411 ul	0,00375831 ul
Strain ZZ	-0,00516824 ul	0,000921198 ul

Tabel 7. *Result Summary* Ukuran 0,3 mm

Name	Minimum	Maximum
Volume	25903,2 mm ³	
Mass	0,0350988 kg	
Von Mises Stress	0,255554 MPa	762,954 MPa
1st Principal Stress	-4,61739 MPa	108,544 MPa
3rd Principal Stress	-769,39 MPa	2,67023 MPa
Displacement	0 mm	0,0275226 mm
Safety Factor	0,124516 ul	15 ul
Stress XX	-36,9316 MPa	47,1323 MPa
Stress XY	-41,7815 MPa	40,895 MPa
Stress XZ	-31,4882 MPa	56,8759 MPa
Stress YY	-329,28 MPa	59,4331 MPa
Stress YZ	-238,626 MPa	362,487 MPa
Stress ZZ	-498,473 MPa	88,8489 MPa
X Displacement	-0,0247451 mm	0,0242892 mm
Y Displacement	-0,0134294 mm	0,00264331 mm
Z Displacement	-0,0179408 mm	0,0177787 mm
Equivalent Strain	0,00000236288 ul	0,00690438 ul
1st Principal Strain	-0,0000507405 ul	0,00119279 ul
3rd Principal Strain	-0,00845482 ul	0,0000293431 ul
Strain XX	-0,000405841 ul	0,000517937 ul
Strain XY	-0,000459136 ul	0,000449395 ul
Strain XZ	-0,000346024 ul	0,000625009 ul
Strain YY	-0,00361846 ul	0,000653109 ul
Strain YZ	-0,00262226 ul	0,00398336 ul
Strain ZZ	-0,00547772 ul	0,000976359 ul

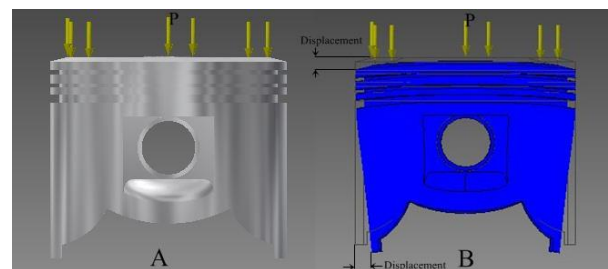
Tabel 8. *Result Summary* Ukuran 0,4 mm

Name	Minimum	Maximum
Volume	25903,2 mm ³	
Mass	0,0350988 kg	
Von Mises Stress	0,268548 MPa	801,748 MPa
1st Principal Stress	-4,85217 MPa	114,063 MPa
3rd Principal Stress	-808,512 MPa	2,806 MPa
Displacement	0 mm	0,028922 mm
Safety Factor	0,118491 ul	15 ul
Stress XX	-38,8095 MPa	49,5289 MPa
Stress XY	-43,9059 MPa	42,9744 MPa
Stress XZ	-33,0893 MPa	59,7679 MPa
Stress YY	-346,024 MPa	62,4551 MPa
Stress YZ	-250,759 MPa	380,918 MPa
Stress ZZ	-523,819 MPa	93,3666 MPa
X Displacement	-0,0260033 mm	0,0255242 mm
Y Displacement	-0,0141122 mm	0,00277771 mm
Z Displacement	-0,018853 mm	0,0186827 mm
Equivalent Strain	0,00000248303 ul	0,00725545 ul
1st Principal Strain	-0,0000533205 ul	0,00125344 ul
3rd Principal Strain	-0,00888473 ul	0,0000308352 ul
Strain XX	-0,000426477 ul	0,000544273 ul
Strain XY	-0,000482482 ul	0,000472245 ul
Strain XZ	-0,000363618 ul	0,000656789 ul
Strain YY	-0,00380245 ul	0,000686319 ul
Strain YZ	-0,00275559 ul	0,00418591 ul
Strain ZZ	-0,00575625 ul	0,001026 ul

Tabel 9. *Result Summary* Ukuran 0,5 mm

Name	Minimum	Maximum
Volume	25903,2 mm ³	
Mass	0,0350988 kg	
Von Mises Stress	0,277211 MPa	827,611 MPa
1st Principal Stress	-5,0087 MPa	117,742 MPa
3rd Principal Stress	-834,593 MPa	2,89652 MPa
Displacement	0 mm	0,029855 mm
Safety Factor	0,114788 ul	15 ul
Stress XX	-40,0614 MPa	51,1266 MPa
Stress XY	-45,3223 MPa	44,3606 MPa
Stress XZ	-34,1567 MPa	61,6959 MPa
Stress YY	-357,186 MPa	64,4698 MPa
Stress YZ	-258,848 MPa	393,206 MPa
Stress ZZ	-540,717 MPa	96,3784 MPa
X Displacement	-0,0268422 mm	0,0263476 mm
Y Displacement	-0,0145675 mm	0,00286731 mm
Z Displacement	-0,0194612 mm	0,0192853 mm
Equivalent Strain	0,00000256313 ul	0,0074895 ul
1st Principal Strain	-0,0000550406 ul	0,00129387 ul
3rd Principal Strain	-0,00917133 ul	0,0000318299 ul
Strain XX	-0,000440234 ul	0,00056183 ul
Strain XY	-0,000498046 ul	0,000487479 ul
Strain XZ	-0,000375348 ul	0,000677975 ul
Strain YY	-0,00392511 ul	0,000708458 ul
Strain YZ	-0,00284448 ul	0,00432094 ul
Strain ZZ	-0,00594193 ul	0,0010591 ul

Deformasi maksimum terbesar terjadi pada belakang piston dengan nilai 0,0263476 mm, dan masih dapat di terima oleh piston karena deformasi lebih kecil dari deformasi maksimal yaitu 0,126 mm.



Gambar 4. *Displacements*

Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, dengan pengikisan head cylinder standar, 0,1mm, 0,2mm, 0,3mm, 0,4mm, dan 0,5mm. Pada judul “Pengaruh Modifikasi Ruang Bakar Sepeda Motor Terhadap Kerusakan Piston Dengan Metode Simulasi Menggunakan Perangkat Lunak Autodesk Inventor 2015” diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pengaruh kompresi ruang bakar terhadap tegangan pada piston pada tekanan 147 Psi tegangan yang terjadi sebesar 633,64 Mpa, dan tegangan pada tekanan 192 Psi tegangan yang terjadi sebesar 827,611 Mpa.
2. Pengaruh kompresi ruang bakar terhadap regangan pada piston pada tekanan 147 Psi regangan yang terjadi sebesar 0,00573415 ul, dan regangan pada tekanan 192 Psi regangan yang terjadi sebesar 0,0079895 ul.
3. Pengaruh kompresi ruang bakar terhadap deformasi pada piston pada tekanan 147 Psi deformasi yang terjadi sebesar 0,0228577 mm, dan deformasi pada tekanan 192 Psi deformasi yang terjadi sebesar 0,029855 mm.

- [4] Hidayattullah, A. S. (2012). *Analisis Pengaruh Proses Oversize Piston Terhadap Kinerja Motor dan Pengujian Ketahanan Mekanik Piston Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Catia V5R14*. Jakarta: Gunadarma.
- [5] Suwanto, T. (2008). *Mencari & Memperbaiki Kerusakan Sepeda Motor 4-Tak*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- [6] Ashby, M. F. (2005). *Materials Selection In Mechanical Design 3th Edition*. Pergamon Press.
- [7] Macdonald, A. J. (2002). *Struktur dan Arsitektur Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- [8] Lovell. (2012). *Physical Properties of Materials*. Berlin: Springer Science & Business Media.

Saran

Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan membuat model yang mirip benda sebenarnya, hasil yang diperoleh adalah sekedar pertimbangan untuk penelitian lanjut. Saran yang diberikan adalah dilakukan penelitian ulang dengan menggunakan benda uji yang nyata dan mempertimbangkan pengaruh panas terhadap kekuatan material.

Daftar Pustaka

- [1] Soekardi, C. (2015). *Termodinamika Dasar Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [2] Moran, M. J. (2004). *Termodinamika Teknik Jl. 2*. Jakarta: Erlangga.
- [3] Aprinaldi, A. A. (kein Datum). *Kaji Eksperimental Pengaruh Modifikasi Kepala Silinder Terhadap Campuran Bahan Bakar-Udara (Air-Fuel Ratio) (Studi Kasus Pada Mesin Honda GX-160)*. Doctoral dissertation. Universitas Bengkulu.