

ANALISIS TEGANGAN PISTON MESIN DIESEL 100 PS DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Aribal Ma'ruf*, Imam Syafa'at, Agung Nugroho

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

*Email: aribalmaruf@gmail.com

Abstrak

Analisis struktural biasa digunakan dalam bidang engineering seperti simulasi aliran udara, struktur dan thermal. Makalah ini menyajikan tentang simulasi equivalent von mises yang juga dikenal sebagai energi distorsi maksimum yang menunjukkan bahwa hasil dari bahan ulet dimulai ketika mencapai nilai kritis, dan simulasi deformasi yang berarti perubahan bentuk atau ukuran dari sebuah objek karena sebuah pemberian gaya. Bahan yang digunakan untuk simulasi ini adalah piston mesin diesel 100 PS dengan variasi piston over size 0,25; 0,50 dan 0,75, dengan bahan material aluminium alloy, input yang diberikan pada desain adalah force, fixed support dan friction support sedangkan hasil output equivalent stress dan total deformasi Piston 1 memiliki hasil terendah dengan nilai equivalent stress maksimal 173,22 MPa dan equivalent stress minimal $2,66 \times 10^{-2}$ Mpa dan deformasi maksimal $2,90 \times 10^{-2}$ MPa dan total deformasi minimal 0 MPa. Sedangkan piston 4 dengan over size 0,75 mm memiliki nilai tertinggi dengan nilai equivalent stress maksimal 186,65 MPa dan equivalent stress minimal $2,02 \times 10^{-2}$ MPa, dan total deformasi maksimal $3,13 \times 10^{-2}$ MPa dan total deformasi minimal 0 Mpa.

Kata kunci: *equivalent stress, piston, simulasi, total deformasi*

PENDAHULUAN

Teknologi diciptakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas, hal ini dapat terlihat dengan semakin mudahnya manusia menemukan sesuatu untuk memenuhi kebutuhan hidup, teknologi baru, sains dan teknologi yang sangat dibutuhkan oleh manusia, oleh sebab itu kendaraan mempunyai komponen seperti mesin dan diantaranya ada pembakaran yang dihasilkan oleh kerja piston, busi, dan gas (campuran bahan bakar dan udara), bahan baku piston adalah *aluminium alloy* (paduan logam aluminium).

Dipilih *aluminium alloy* karena ringan koefisien muai ruang *aluminium alloy* masih dalam toleransi, proses pembuatan piston ada 2 jenis yaitu: *casting* (cor) injeksi dilanjutkan dengan finishing menggunakan CNC (*computerized numerical control*), piston terletak pada blok silinder, piston berfungsi sebagai penerima tekanan hasil pembakaran campuran gas dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol.

equivalent von Mises juga dikenal sebagai energi distorsi maksimum menunjukkan bahwa hasil dari bahan ulet dimulai ketika mencapai nilai kritis, ini adalah bagian dari teori plastisitas yang berlaku paling baik untuk bahan ulet. Dalam sains dan teknik bahan kriteria hasil von Mises juga dapat dirumuskan dalam hal tegangan von Mises atau tegangan tarik, dalam hal ini suatu bahan dikatakan mulai menghasilkan ketika stress von Mises mencapai nilai yang dikenal sebagai kekuatan luluh (Hill, 1950).

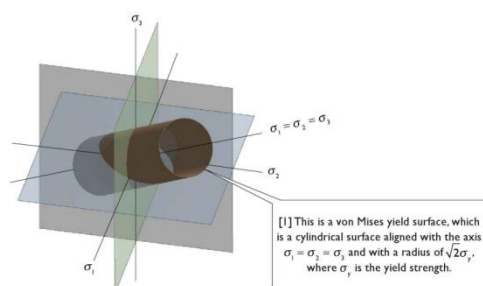
Kuantitas di sisi kiri disebut stress von mises, juga disebut stress setara atau stress efektif dalam beberapa buku dan dilambangkan dengan σ . untuk mendapatkan lebih banyak wawasan tentang eq, mari kita bahas *equation* dalam ruang σ_1 - σ_2 - σ_3 dan pertimbangkan hanya tanda yang sama. itu akan terjadi pada permukaan silinder sejajar dengan sumbu $\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3$ dan dengan jari-jari $\sqrt{2\sigma_y}$. itu disebut permukaan hasil von mises. kondisi persamaan (1) adalah sama dengan mengatakan bahwa bahan tersebut gagal ketika keadaan tegangan di luar permukaan hasil von mises. saat $\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3$,

materialnya berada di bawah tekanan hidrostatis. itu adalah bagian dari tegangan yang menyimpang dari poros berkontribusi pada kegagalan material (Lee, 2014).

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

(1)

Deformasi biasanya sering digambarkan sebagai regangan, ketika deformasi terjadi gaya internal antar molekul muncul melawan gaya yang diberikan, jika gaya yang diberikan tidak terlalu besar maka kekuatan ini mungkin cukup untuk melawan gaya yang diberikan, yang memungkinkan objek untuk mencapai keadaan seimbang baru dan kembali ke kondisi semula ketika beban akan dihapus, jika gaya yang lebih besar diberikan maka dapat menyebabkan deformasi permanen dari objek atau bahkan menyebabkan kegagalan struktural (Davidge, 1979).



Gambar 1. Cara kerja *equivalent stress* (Lee, 2014).

METODOLOGI

Analisa dilakukan dengan melakukan persiapan literatur, bahan dan alat yang digunakan selama proses analisa, adapun persiapan yang dilakukan sebagai berikut.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada simulasi ini adalah piston Mitsubishi Colt diesel 100 PS dengan bahan aluminium alloy, bahan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Bahan pengujian

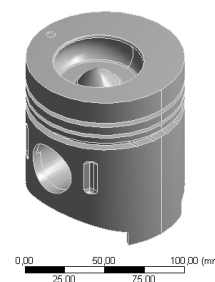
Tahapan simulasi

Proses simulasi dilakukan untuk mendapatkan berbagai data yang kemudian di gunakan untuk melakukan analisa, simulasi ini di fokuskan pada hasil total deformasi dan *equivalent stress*. *Engineering data* adalah fitur yang bertujuan untuk menentukan jenis material yang digunakan pada objek yang akan di analisa, jenis material yang digunakan pada piston adalah *Alumunium Alloy*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 *Engineering data*

Description	Unit
Density	2770 kg.m
Tensile yield strength	280 Mpa
Compressive yield strength	280 Mpa
Tensile ultimate strength	310 Mpa

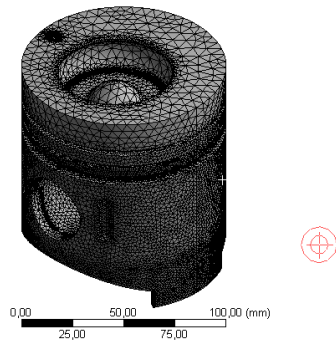
Tahap selanjutnya adalah Proses pemodelan. Pada tahap awal menampilkan spesimen ke geometri tahap paling awal yang harus dilakukan untuk menganalisa spesimen *static structural*, pilih Geometri lalu klik *file import eksternal geometry, generate*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Desain

Proses meshing

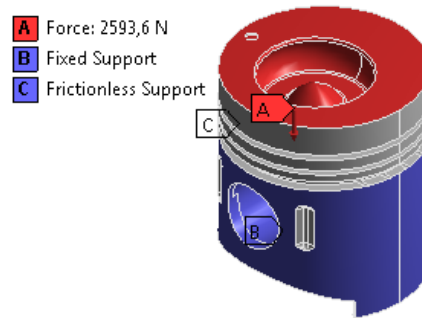
Meshing merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa di bantu proses komputer, meshing mempengaruhi akurasi dan kecepatan dari solusi, pemberian meshing pada benda kerja dilakukan dengan cara: Klik mesh, pilih element size, lalu berikan ukuran mesh, klik solve, hasil mesh dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Meshing pada model

2.2.4 Proses set up

Pada proses ini adalah melakukan input data, data yang di masukan antara lain force, fixed support dan friction support, hasil input dapat di lihat pada gambar 5, Dimana warna merah menunjukkan force(a) yang di beri gaya dengan arah ke bawah, (b) fixed support pada bagian pin piston kanan dan kiri, sedangkan (c) friction support pada dinding piston karena terjadi gesekan pada silinder.



Gambar 5. Set up pada model

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang di dapat dari pengujian simulasi ini adalah hasil validasi dan hasil pengujian eksperimental.

Hasil validasi

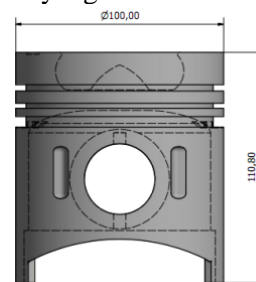
Dapat dilihat pada tabel 2 menunjukkan nilai validasi dimana total deformasi simulasi Heri Kurniawan pada dinding piston $2,01 \times 10^{-7}$ mm pada kepala piston $2,0 \times 10^{-7}$ mm, sedangkan equivalent stress pada dinding piston 0,00007315 Mpa dan pada kepala piston 0,004862 Mpa. Sedangkan nilai validasi dimana total deformasi pemodelan Heri Kurniawan pada dinding piston $2,09 \times 10^{-7}$ mm pada kepala piston $2,10 \times 10^{-7}$ mm, sedangkan equivalent stress pada dinding piston 0,00007377 Mpa dan pada kepala piston 0,004898 Mpa.

Hasil simulasi

Hasil dari pembahasan statik dari piston Mitsubishi Colt diesel 100 PS dan tiga variasi piston dengan geometri berbeda-beda dan nilai pada piston Mitsubishi Colt diesel 100 PS diameter 100 mm menjadi acuan untuk penelitian piston dengan geometri yang berbeda.

Tabel 2 Hasil validasi

static structural	Dinding piston		Kepala piston	
	Total deformation (mm)	equivalent stress (mpa)	Total deformation (mm)	equivalent stress (mpa)
Hasil simulasi	2.09E-07	7.377E-05	2.1E-08	0.0004898
Hasil simulasi Kurniawan (2019)	2.01E-07	7.315E-05	0.00000002	0.0004862
selisih	8E-09	6.2E-07	1E-10	3.58E-06
Error (%)	3.98	0.8	1.04	0.6



Gambar 6. Desain uji piston

Hasil equivalent stress.

Pada piston Mitsubishi Colt Diesel 100 PS pada piston 1 dengan diameter 100 mm beban yang akan diberikan adalah 31400 N, pada piston 2 dengan diameter 100,25 mm beban yang akan di berikan adalah 31557,2 N, pada piston 3 dengan diameter 100,50 mm beban yang akan di berikan adalah 31695,9 N, pada piston 4 dengan diameter 100,75 mm beban yang akan di berikan adalah 31872,8 N.

Tabel 3 Hasil equivalent stress

D (mm)	Eq stress		Tegangan luluh (MPa)	Safety factor (MPa)
	Min (MPa)	Max (MPa)		
100	0,0266	173,22	280	1,62
100,25	0,0230	181,31	280	1,55
100,50	0,0233	184,27	280	1,52
100,75	0,0202	186,65	280	1,50

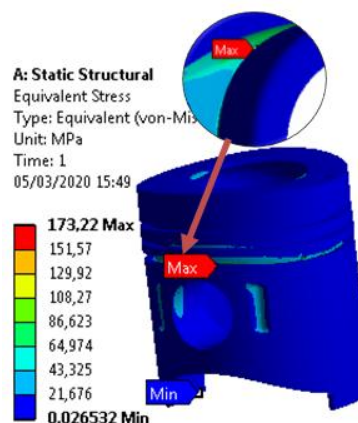
Dari hasil simulasi *equivalent Stress* pada piston diameter 100 mm, mendapatkan hasil *equivalent stress* maksimal 173,22 MPa dan *equivalent stress* minimal $2,66 \times 10^{-2}$ MPa, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar gambar 7.(a), pada area ring piston terjadi tegangan cukup besar, ini dikarenakan bentuk pada bagian ring piston menggunakan banyak sudut dan lebih tipis, posisinya di atas pin piston yang berfungsi sebagai tumpuan juga sangat berpengaruh.

Hasil simulasi di tunjukan pada gambar 7.(b) *equivalent Stress* pada piston diameter 100,25 mm, mendapatkan hasil *equivalent stress* maksimal 181,31 MPa dan *equivalent stress* minimal $2,30 \times 10^{-2}$ MPa, desain pada bagian ring piston mengalami perubahan warna akibat dampak *equivalent stress* yang meningkat di akibatnya letaknya berdekatan dengan tumpuan, semakin jauh dari tumpuan tegangan akan semakin mengecil.

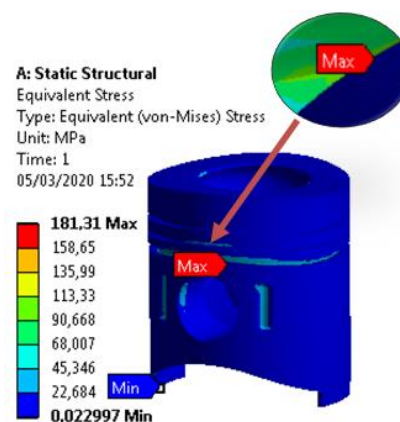
Hasil simulasi *equivalent stress* pada piston dengan diameter 100,50 mm, menghasilkan *equivalent stress* maksimal 184,27 MPa dan *equivalent stress* minimal $2,33 \times 10^{-2}$ MPa, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 7.(c), dimana ketebalan suatu desain sangat mempengaruhi tegangan dan mengalami perubahan warna.

Hasil simulasi *equivalent stress* pada desain piston diameter 100,75 mm, menghasilkan *equivalent stress* maksimal

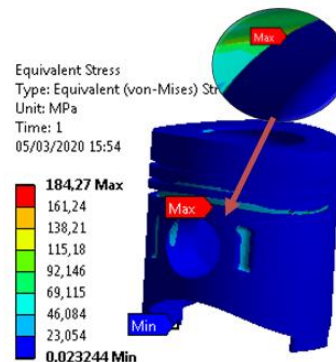
186,65 MPa dan *equivalent stress* minimal $2,02 \times 10^{-2}$ MPa, dapat dilihat pada gambar 7.(d), desain piston pada bagian kepala dan pin piston mulai berubah warna menjadi biru muda ini menandakan ada peningkatan reaksi *equivalent stress* pada daerah tersebut, pada dinding piston bagian bawah sedikit terjadi tegangan dikarenakan jauh di bawah tumpuan.



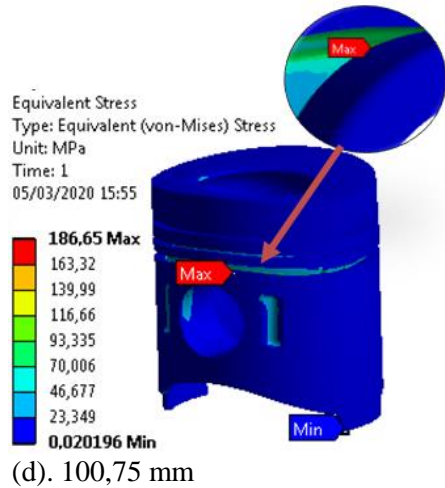
(a). 100 mm



(b). 100,25 mm



(c). 100,50 mm



(d). 100,75 mm

Gambar 7. *equivalent stress*

Hasil dari total deformasi

Pada piston Mitsubishi Colt diesel 100 PS pada piston 1 dengan diameter 100 mm beban yang akan diberikan adalah 31400 N, pada piston 2 dengan diameter 100,25 mm beban yang akan di berikan adalah 31557,2 N, pada piston 3 dengan diameter 100,50 mm beban yang akan di berikan adalah 31695,9 N, pada piston 4 dengan diameter 100,75 mm beban yang akan di berikan adalah 31872,8 N.

Tabel 4 Hasil total deformasi

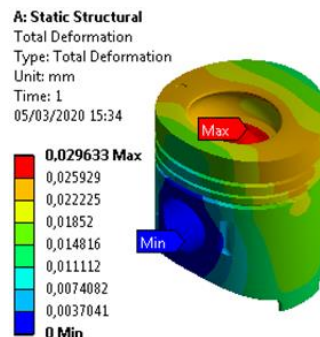
D (mm)	Total deformasi		Tegangan luluh (MPa)	Safety factor (Mpa)
	min (Mpa)	Max (Mpa)		
100	0	0,0290	280	9,66
100,25	0	0,0302	280	9,28
100,50	0	0,0307	280	9,13
100,75	0	0,0313	280	8,94

Pada gambar 8.(a) menjelaskan hasil simulasi total deformasi pada piston diameter 100 mm total deformasi maksimal $2,90 \times 10^{-2}$ MPa dan total deformasi minimal 0 MPa, pada piston 1 memiliki Total Deformasi paling rendah dibandingkan piston 2,3, dan piston 4, deformasi maksimal berada di kubah tengah yang di tunjukan dengan warna merah dikarenakan pengaruh letaknya paling dekat dengan pemberian beban, semakin ke samping pengaruh deformasi semakin menurun di tunjukan pada warna kuning dan hijau.

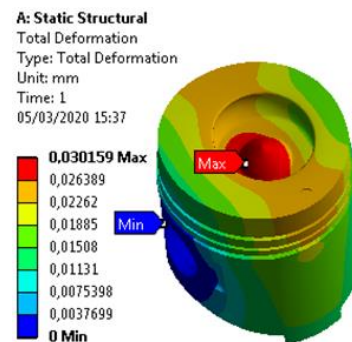
Dari hasil simulasi di tunjukan pada gambar 8.(b) dimana Total Deformasi pada disain piston 100,25 mm, menghasilkan total deformasi maksimal $3,02 \times 10^{-2}$ MPa dan total deformasi minimal 0 MPa, pada bagian pin piston memiliki deformasi terendah dikarenakan berada dekat dengan tumpuan ditunjukkan dengan warna biru yang mengelilingi bagian pin piston.

Pada gambar 8.(c) menjelaskan hasil dari simulasi Total Deformasi pada disain piston berdiameter 100,50 mm, total deformasi maksimal $3,07 \times 10^{-2}$ MPa dan total deformasi minimal 0 MPa, dapat dilihat perambatan deformasi dari tengah menuju sisi samping piston menjauhi pin piston yang berfungsi sebagai tumpuan

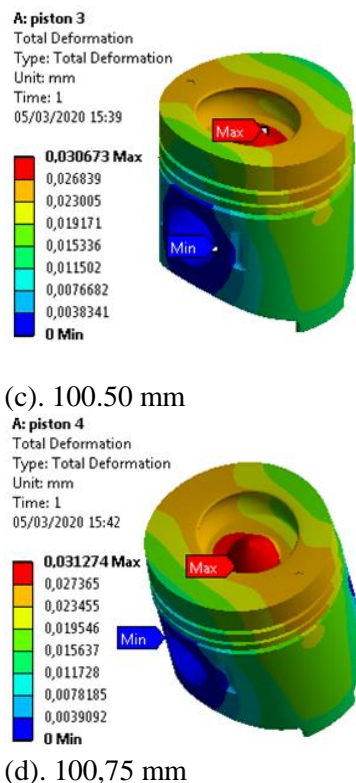
Dari hasil simulasi Total Deformasi pada disain piston 100,75 mm dijelaskan pada gambar 8.(d) adalah pada total deformasi maksimal $3,13 \times 10^{-2}$ MPa dan total deformasi minimal 0 MPa, pada lubang pin piston terjadi peningkatan deformasi di bandingkan area sekelilingnya, ini menunjukkan ukuran ketebalan desain mempengaruhi besarnya deformasi.



(a). 100 mm

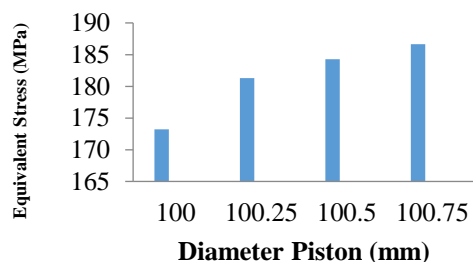


(b). 100,25 mm



Gambar 8. Total deformasi

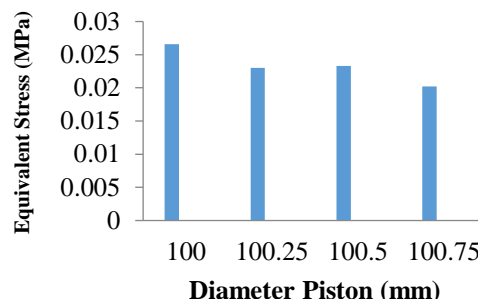
Hasil pengujian *Equivalent stress* Ma piston Mitsubishi Colt diesel 100 PS, pada piston 1 memiliki hasil terendah dibandingkan ketiga piston lain yang juga diuji, hasil dari piston 1 adalah 173,22 MPa sedangkan piston 4 memiliki nilai *equivalent stress* tertinggi yaitu 186,65 MPa, hasil perbandingan *equivalent stress Maximum* dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 *equivalent stress maximum*

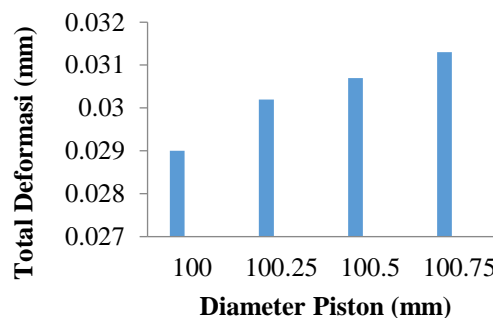
Hasil pengujian *Equivalent stress Minimum* piston Mitsubishi Colt diesel 100 PS dengan 3 piston yang juga di uji, piston yang paling terendah adalah piston diameter 100,25 karena memiliki nilai *Equivalent*

Stress terendah yaitu 0,0230 MPa, sedangkan hasil tertinggi di terdapat pada piston diameter 100 mm dengan nilai 0,0266 Mpa, hasil perbandingan *equivalent stress minimum* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. *Equivalent stress minimum*

Hasil dari Total deformasi *maximum* piston Mitsubishi Colt diesel 100 PS, pada piston 1 memiliki total deformasi 0,029 mm sedangkan pada piston 2 mengalami kenaikan secara signifikan 0,0302 mm, sedangkan pada piston 3 mengalami sedikit peningkatan menjadi 0,0307 mm, pada piston 4 mengalami peningkatan cukup tinggi 0,0313 mm. hasil perbandingan Total Deformasi pada Deformasi *maximum* dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Total deformasi *maximum*

PENUTUP
Kesimpulan

Dari hasil penelitian piston diesel dengan daya 100 PS di dapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Bentuk suatu objek sangat mempengaruhi hasil, semakin besar diameter *over size* pada piston maka dampak total deformasi dan *equivalent stress* semakin meningkat.
2. Piston 1 memiliki hasil terendah dari piston 2,3 dan 4, pada piston 1 memiliki nilai *equivalent stress* maksimal 173,22 MPa dan *equivalent stress* minimal $2,66 \times 10^{-2}$ MPa, dan deformasi maksimal $2,90 \times 10^{-2}$ MPa dan total deformasi minimal 0 MPa, sedangkan total deformasi pada dinding piston 1,77 Mpa. Sedangkan piston 4 dengan *over size* 0,75 mm memiliki nilai tertinggi dengan nilai *equivalent stress* maksimal 186,65 MPa dan *equivalent stress* minimal $2,02 \times 10^{-2}$ MPa, dan total deformasi maksimal $3,13 \times 10^{-2}$ MPa dan total deformasi minimal 0 MPa, sedangkan total deformasi pada dinding piston 1,86 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- Davidge, R.W.,1979, Mechanical Behavior of Ceramics, Cambridge Solid State Science Series, Eds. Clarke, D.R., et al.
- Hill, R. 1950. *The Mathematical Theory of Plasticity*. Oxford: Clarendon Press
- Lee, H.H.,2014, *Mechanics Of Materials Labs With Solidworks Simulation 2014*, Departement Of Engineering Science National Cheng Kung University, Taiwan.
- Kurniawan,H., 2019, *Analisa Tegangan Pada Piston Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya Maksimum 1 Hp Menggunakan Perangkat Lunak* Laporan Tugas Akhir, Medan, Umsu
- Kurniawan,R.M., 2019, *Perancangan Mesin Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya maksimum 1 Hp Dan Putaran Maksimum 6000 rpm*, Laporan Tugas Akhir, Medan, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.