

Analisis Desain Katup Motor Menggunakan MEH (Metode Elemen Hingga) Dengan Meterial Aluminium Alloy

Ratna Fajarwati Meditama^{1*}, Agus Dwi Putra², Yai Febdia Pradani³, Mojibur Rohman⁴, M. Zannur Habib⁵

^{1,2,3,4}Universitas Islam Raden Rahmat, Malang

*Penulis Korespondensi, email: anantafajar@gmail.com

Received:21/06/2023

Revised:30/06/2023

Accepted:01/07/2023

Abstract: Valves have an important role in the process of burning fuel in the cylinder. The main function of the valve is to regulate the flow of fuel and residual combustion gases, as well as to control the pressure and flow in the combustion chamber. In designing the valve design, testing is carried out using the finite element method with predetermined pressure variations including 150 Psi and 180 Psi. The test results analyzed include deformation, displacement, stress, and strain. The selected material is aluminum alloy because it has good strength and corrosion resistance. The analytical method used is Finite Element Analysis (FEA) or Finite Element Method (MEH) using Solidworks 2018 software. Based on the results of the MEH analysis, the intake valve with aluminum alloy material and a maximum working pressure of 180 Psi has adequate strength and safety. The safety factor is higher than the minimum allowable safety factor

Keywords: Motor valve, MEH, Aluminum alloy, Solidwork

Abstrak. Katup memiliki peran penting dalam proses pembakaran bahan bakar di dalam silinder. Fungsi utama katup adalah mengatur aliran bahan bakar dan gas sisa pembakaran, serta mengendalikan tekanan dan aliran dalam ruang bakar. Dalam perancangan desain katup, pengujian dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga dengan variasi tekanan yang telah ditentukan meliputi 150 Psi dan 180 Psi. Hasil pengujian yang dianalisis meliputi deformasi, displacement, stress, dan strain. Bahan material yang dipilih adalah aluminium alloy karena memiliki kekuatan dan ketahanan korosi yang baik. Metode analisis yang digunakan adalah *Finite Element Analysis* (FEA) atau Metode Elemen Hingga (MEH) menggunakan software Solidworks 2018. Berdasarkan hasil analisis MEH, katup intake dengan material aluminium alloy dan working pressure maksimal 180 Psi memiliki kekuatan dan keamanan yang memadai. Faktor keamanan (*safety factor*) bernilai lebih tinggi daripada nilai *safety factor* minimum yang diizinkan.

Kata Kunci: Katup motor, MEH, Alumunium alloy, Solidwork

I. PENDAHULUAN

Motor bakar adalah sebuah jenis mesin yang mengubah energi kimia menjadi gerakan mekanis. Prinsip kerja motor bakar melibatkan pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar, yang menghasilkan gas panas yang mendorong piston atau rotor, dan akhirnya menggerakkan poros engkol untuk menghasilkan gerakan putaran. Motor bakar menggunakan berbagai jenis bahan bakar, seperti bensin, diesel, atau gas alam, tergantung pada jenis mesin dan aplikasinya. Motor bakar digunakan secara luas dalam kendaraan, mesin industri, peralatan rumah tangga, dan berbagai aplikasi lainnya yang membutuhkan tenaga mekanis untuk beroperasi.

Motor bakar dewasa ini memiliki berbagai penggunaan yang luas dan penting dalam berbagai sektor kehidupan. Dalam transportasi, motor bakar digunakan pada kendaraan bermotor seperti mobil, sepeda motor, dan pesawat terbang, memberikan tenaga untuk mobilitas yang efisien. Di sektor industri, motor bakar menjadi sumber tenaga yang vital dalam mesin-mesin produksi, generator listrik, dan berbagai peralatan lainnya. Selain itu, motor bakar juga digunakan dalam sektor pertanian untuk menggerakkan traktor dan mesin pertanian lainnya. Tidak hanya itu, motor bakar juga hadir dalam peralatan rumah tangga seperti pompa air, mesin cuci, dan generator cadangan. Dalam semua bidang ini, motor bakar memberikan tenaga yang

diperlukan untuk menjalankan mesin dan peralatan dengan efisiensi tinggi, memainkan peran yang krusial dalam kemajuan teknologi dan memenuhi kebutuhan keseharian kita [1].

Motor bakar 4 tak Otto, yang juga dikenal sebagai motor bensin, mengikuti siklus empat langkah yang terdiri dari langkah hisap, kompresi, ekspansi, dan buang [2]. Pada langkah hisap, piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB) untuk menciptakan ruang vakum di dalam silinder. Selanjutnya, langkah kompresi dimulai ketika piston kembali ke TMA dan memampatkan campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder. Setelah itu, langkah ekspansi terjadi saat campuran terbakar dan menghasilkan tenaga yang mendorong piston dari TMA ke TMB. Terakhir, langkah buang terjadi saat piston bergerak dari TMB kembali ke TMA dan gas buang dikeluarkan dari silinder melalui katup buang. Siklus ini berulang dalam dua putaran poros engkol, sehingga menghasilkan satu langkah kerja.

Motor bakar 4 tak Otto memiliki banyak kegunaan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam transportasi. Kendaraan bermotor seperti mobil, sepeda motor, dan pesawat terbang umumnya menggunakan motor bakar 4 tak ini [3]. Keuntungan utama motor bakar 4 tak adalah efisiensi bahan bakarnya dan emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis motor lainnya. Selain itu, motor bakar 4 tak juga digunakan dalam berbagai mesin industri, peralatan rumah tangga, dan mesin pembangkit listrik. Mesin-mesin tersebut mengandalkan prinsip kerja motor bakar 4 tak untuk menghasilkan tenaga mekanis yang diperlukan dalam berbagai kegiatan sehari-hari [4].

Daya motor bakar dipengaruhi oleh panas yang dihasilkan selama proses pembakaran di dalam ruang pembakaran. Kesempurnaan proses pembakaran tergantung pada sifat fisik bahan bakar dan aspek mekanis motor, di mana katup memiliki peran penting dalam mengatur aliran campuran bahan bakar dan udara ke dalam ruang pembakaran serta membuang gas buang setelah pembakaran. Dengan memperhatikan sifat fisik bahan bakar yang baik dan memiliki desain mekanis yang tepat,

termasuk katup yang berfungsi dengan baik, motor bakar dapat menghasilkan daya yang optimal dan mencapai efisiensi yang lebih tinggi.

Mesin empat langkah beroperasi melalui serangkaian langkah: hisap, kompresi, usaha, dan buang. Mekanisme katup memainkan peran penting dalam proses ini dengan membuka untuk memungkinkan masuknya campuran udara-bahan bakar selama langkah hisap, dan membuka kembali untuk melepaskan sisa hasil pembakaran melalui katup buang selama langkah buang. Selama operasinya, mekanisme katup mengalami gesekan, panas, dan gaya dari berbagai arah, karena ia memastikan aliran yang tepat dan pengeluaran gas dalam mesin [5].

Katup memiliki peranan yang sangat penting dalam proses pembakaran bahan bakar di dalam silinder mesin. Fungsinya adalah sebagai gerbang masuk untuk bahan bakar yang akan terbakar dan sebagai saluran keluar untuk gas hasil pembakaran. Timing pembukaan dan penutupan katup diatur secara akurat sesuai dengan mekanisme katup yang digunakan [6]. Fungsi lain dari katup buang adalah untuk mengalirkan panas dari ruang pembakaran ke sistem pembuangan. Saat mesin beroperasi, suhu katup buang dapat mencapai hingga 650°C, sedangkan suhu katup masuk hanya sekitar 250°C. Hal ini menunjukkan bahwa katup buang bertanggung jawab dalam mengalirkan panas yang dihasilkan selama proses pembakaran ke sistem pembuangan untuk kemudian dibuang ke lingkungan.

Aluminium alloy 7075 merupakan salah satu jenis paduan aluminium yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai industri [7]. Paduan ini terkenal karena memiliki kekuatan yang sangat tinggi, bahkan lebih tinggi dari kebanyakan logam lainnya. Dalam industri penerbangan, aluminium alloy 7075 digunakan untuk komponen-komponen kritis seperti spar, stabilizer, dan frame, yang membutuhkan kekuatan yang tinggi dan rasio kepadatan yang rendah. Sifat kekuatan yang luar biasa ini membuatnya menjadi pilihan yang ideal untuk aplikasi di mana beban berat dan tekanan tinggi diterapkan.

Selain kekuatannya, aluminium alloy 7075 juga memiliki bobot yang relatif ringan dan ketahanan terhadap korosi yang baik [8]. Ini menjadikannya pilihan yang sangat diinginkan dalam industri otomotif, konstruksi, dan rekayasa. Dalam industri otomotif, paduan ini sering digunakan untuk memproduksi bagian-bagian kendaraan yang memerlukan kekuatan dan ketahanan terhadap lingkungan yang keras. Sementara itu, dalam industri konstruksi, aluminium alloy 7075 digunakan untuk struktur bangunan yang membutuhkan kombinasi kekuatan dan keawetan yang optimal. Dengan keunggulannya yang mencakup kekuatan tinggi, bobot ringan, dan ketahanan korosi yang baik, aluminium alloy 7075 telah terbukti menjadi material yang sangat berharga dan diandalkan dalam berbagai aplikasi industri [9].

Penelitian ini akan difokuskan pada analisa desain katup motor. Penelitian ini dilakukan menggunakan MEH dengan bantuan perangkat lunak (*software*). *Software* yang digunakan adalah *Solidworks* yang dapat menguji konstruksi katup dengan simulasi *static* untuk mengetahui *deformasi*, *displacement*, *stresses*, *strain* dan kekuatan bahan tersebut. Dari hasil analisis perancangan katup motor dengan bantuan *Solidworks* akan memperoleh hasil pengujian yang dilakukan secara perhitungan komputer dimana angka dari setiap bagian yang diuji yaitu nilai angka keamanannya (*safety factor*) sangat aman. Selain itu penelitian ini akan mensimulasikan katup motor tipe prototype kedalam simulasi *fatigue* yang bertujuan untuk mengetahui batas katup.

II. METODOLOGI

A. Rancangan Penelitian

Suatu rancangan penelitian adalah metode penelitian yang memberikan arah bagi pelaksanaan penelitian sehingga data yang diperlukan dapat terkumpul. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan dengan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mampu menganalisis karakteristik statik suatu model. Metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) adalah metode penelitian yang

digunakan untuk menghasilkan sebuah perancangan, di mana dalam perancangan tersebut mengetahui sebuah rancangan yang akan diuji.

Khusus dalam penelitian ini rancangan desain katup motor menggunakan material titanium alloy sebagai objek penelitian. Penelitian menekankan pada subjek *displacement*, *stress* dan *safety factor* pada konstruksi katup motor menggunakan *software engineering Solidworks*. Perancangan ini menggunakan metode *re-engineering* dan dilanjutkan dengan analisa MEH.

B. Tempat dan Waktu

Pada penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2022 sampai Januari 2023 bertempat di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Raden Rahmat Malang. Untuk pengambilan datanya dilakukan menggunakan laptop.

C. Alat dan Bahan

Untuk membuat desain katup motor masuk motor (*In*) yakni membutuhkan alat-alat antara lain sebagai berikut :

- Laptop
- Aplikasi *Solidworks Premium 2018*

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat desain motor masuk motor (*In*) antara lain sebagai berikut :

- Blueprint desain katup motor
- Jaringan Internet

D. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah:

- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah desain katup motor in Honda Scoopy dengan tekanan yang berbeda.
- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai hasil pengujian analisis *displacement*, *stress*, *strain* dan *safety factor*
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah Aluminium Alloy 7075-T6.

E. Menggambar Desain Katup Motor dengan *Solidwork*

Rekayasa ulang desain dilakukan pada katup motor dengan menggunakan perangkat lunak

Solidworks 2018, sehingga desain baru dapat disimulasikan menggunakan *Solidworks Simulation*. Pada proses simulasi ini, data material yang akan digunakan diinputkan, serta tekanan yang sesuai dengan tekanan kerja pada katup motor. Selanjutnya, langkah berikutnya adalah menganalisis desain menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH) untuk memastikan keandalan dan keefektifan desain katup motor yang baru.

F. Asumsi Perancangan Katup

Asumsi perancangan desain katup masuk (*In*) penelitian ini mengacu pada jenis motor Honda Scoopy menggunakan bahan material Aluminium Alloy 7075-T6.

G. Menginput Material

Material yang digunakan dalam perancangan ini adalah Aluminium Alloy 7075-T6. *Solidworks Simulation* menyediakan properti material yang sudah terdefinisi dan standar yang sesuai dengan standar internasional untuk Aluminium Alloy 7075-T6. Properti material yang umum digunakan untuk Aluminium Alloy 7075-T6 meliputi kekuatan tarik, kekuatan luluh, modulus elastisitas, koefisien ekspansi termal, dan lain-lain. Dengan menggunakan properti material yang tepat, simulasi dapat dilakukan untuk menganalisis kekuatan, kekakuan, dan respons material dalam desain katup motor secara akurat.

H. Simulasi Desain menggunakan MEH dengan Software Solidwork

Setelah proses rekayasa ulang (*re-engineering*) selesai dan menghasilkan desain non-rising stem, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak *Solidworks* 2018. Pada simulasi ini, spesifikasi seperti material yang digunakan, yaitu Aluminium Alloy 7075-T6, diinputkan. Analisis simulasi menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH) atau finite element analysis (FEA) difokuskan pada pemodelan tegangan, regangan, displacement, dan faktor keamanan pada konstruksi katup motor Honda Scoopy setelah diberikan tekanan kerja dalam kondisi fully open menggunakan *Solidworks* 2018. Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kekuatan desain katup. Dari hasil simulasi desain katup motor dengan

bantuan perangkat lunak *Solidworks* 2018, akan diperoleh hasil pengujian yang dilakukan secara perhitungan komputer di mana nilai faktor keamanan (*safety factor*) pada setiap bagian diuji menunjukkan tingkat keamanan yang sangat baik.

I. Diagram proses simulasi

Uraian langkah-langkah diagram proses simulasi pada diagram dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Membuat desain

Solidworks adalah perangkat lunak CAD yang digunakan untuk merancang part permesinan dalam bentuk 3D. Dengan *Solidworks*, desainer dapat membuat model virtual sebelum part sebenarnya diproduksi. Perangkat lunak ini juga mendukung pembuatan gambar 2D untuk proses permesinan. *Solidworks* membantu desainer dalam mengoptimalkan desain, menganalisis kinerja, dan menciptakan dokumentasi yang lengkap.

- Input material

Dalam desain ini, digunakan bahan aluminium sebagai pilihan utama. Keputusan ini didasarkan pada keunggulan aluminium sebagai material yang lebih ringan dibandingkan dengan besi dan baja. Spesifiknya, jenis aluminium yang digunakan adalah aluminium alloy 7075-T6, yang sering digunakan dalam pembuatan badan pesawat. Aluminium alloy 7075-T6 memiliki keunggulan tahan korosi yang baik, ringan, dan mampu mengalami perlakuan panas. Dalam proses desain, software *Solidworks simulation* digunakan untuk memperoleh data material dan standar internasional yang diperlukan dalam analisis dan simulasi desain.

- Pengujian

Pengujian desain katup ini menggunakan *software solidwork*, guna untuk mengetahui kekuatan material aluminium alloy 7075-T6.

- Meshing

Setelah menyelesaikan penginputan batasan kondisi pada model, langkah berikutnya adalah melakukan meshing pada model tersebut. Dalam analisis menggunakan *Solidworks Simulation*, digunakan metode finite elemen

(FEA) atau metode elemen hingga (MEH). Pada proses ini, elemen-elemen dibuat di seluruh bagian model untuk melakukan analisis yang lebih terperinci.

- **Run simulation**

Run simulation suatu bentuk pengujian secara acak, *Run simulation* digunakan untuk menjalankan proses simulasi. Hasil dari simulasi ini nantinya akan dianalisa tentang *displacement*, *stress*, *strain* dan *safety factor*.

J. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melihat hasil simulasi desain katup motor terhadap nilai *stress*, *strain*, *displacement* dan *factor of safety*. Agar mendapatkan nilai dari proses simulasi *FEA* desain katup motor yang sesuai. Cara melihat hasil dari simulasi (*FEA*) desain adalah dengan menggunakan aplikasi *Solidworks* 2018.

K. Analisa Data

Hasil pengujian material pada desain katup motor Honda Scoopy menggunakan material *Aluminium Alloy 7075-T6* telah dianalisis melalui data *displacement*, *stress*, *strain*, dan *safety factor*. Analisis data ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelemahan dan kelebihan material yang digunakan dalam penelitian. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, di mana angka-angka hasil pengujian rancangan katup motor digunakan untuk memberikan gambaran secara rinci tentang karakteristik material *Aluminium Alloy 7075-T6* dalam konteks pengujian katup motor Honda Scoopy.

L. Diagram Alir

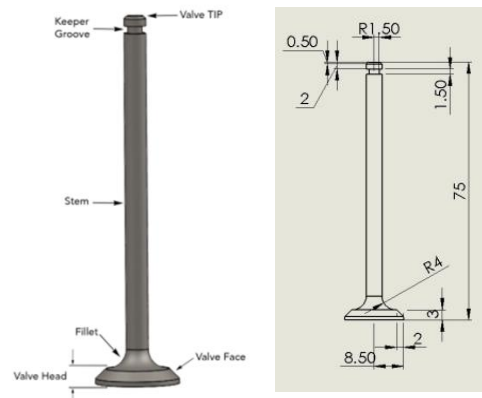
Dapat ditarik kesimpulan bahwa diagram alir merupakan representasi visual yang menggunakan simbol-simbol khusus untuk menggambarkan urutan dan hubungan antara berbagai proses, transaksi, dan kegiatan dalam suatu program atau sistem. Diagram ini dirancang secara rinci dan terstruktur untuk memperlihatkan dengan jelas langkah-langkah atau tindakan yang dilakukan dalam urutan yang terorganisir. Tujuannya adalah untuk menyajikan informasi secara grafis sehingga

lebih mudah dipahami dan digunakan dalam menganalisis atau memahami suatu proses.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Asumsi Perancangan Katup

Asumsi perancangan desain katup masuk (*In*) penelitian ini menggunakan bahan material *Alumunium Alloy 7075*. Dengan dimensi katup masuk sebagai berikut :



Gambar 1. Asumsi erancangan katup masuk (*In*) motor Honda Scoopy

Tabel 1. Dimensi katup motor

Nama bagian katup masuk (<i>In</i>)	Dimensi Ukuran
Diameter valve TIP	0.50 mm
Keeper groove	1.50 mm
Diameter stem (batang)	5 mm
Panjang valve	75 mm
Panjang fillet	8.50 mm
Diameter Valve face	10 mm
Panjang valve head	3 mm
Diameter valve head	25.5 mm
Panjang sudut valve face	2x45°

B. Desain Katup Motor

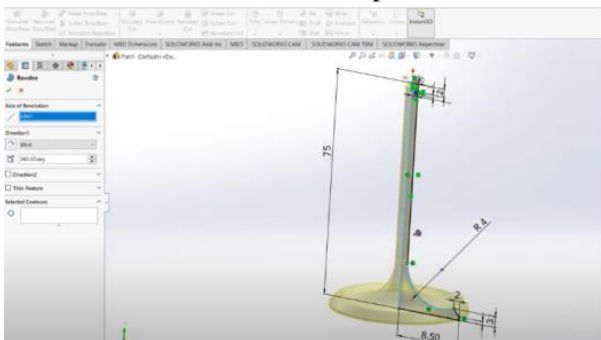
Dalam metode *re-engineering*, desain katup motor diubah menjadi model CAD yang sesuai dengan menggunakan pemindaian dan pengukuran. Hal ini memungkinkan perancang untuk melakukan desain dan modifikasi secara virtual tanpa memodifikasi produk fisik secara langsung, berikut desainya:



Gambar 2. Desain katup In

C. Pembuatan Desain 3D

Menggambar desain dengan *solidworks* dilakukan untuk menuangkan desain gambar katup motor menjadi 3D yang dilakukan dengan *software solidworks*. Gambar yang awalnya 2D bisa menjadi 3D dengan melakukan beberapa perintah pada Solidworks. Membuat desain 3D dilakukan dengan cara membuat sketsa terlebih dahulu kemudian menerapkan sketsa tersebut pada Solidworks dengan perintah *extrude* sehingga bisa menjadi gambar 3D dan menggunakan perintah *shell* untuk membuat ketebalan desain katup motor.



Gambar 3. Desain 3D katup

D. Menginput Material

Material yang digunakan dalam perancangan ini adalah Aluminium Alloy 7075. Dalam Solidworks simulation sudah tersedia material properties dan standart yang digunakan dalam standar internasional. Material properties dari Aluminium Alloy dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 2. Material properties aluminium alloy 7075

Spesifikasi aluminium 7075-T6 (SN)	
Model type:	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von mises stress
Yield strength:	$5.05 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Tensile strength:	$5.7 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Elastic modulus:	$7.2 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
Poisson's ratio:	0.33 N/A
Mass density:	2810 kg/m^3
Shear modulus:	$2.69 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
Thermal expansion coefficient:	$2.36 \times 10^{-5} / \text{Kelvin}$

E. Menginput Beban

Selanjutnya, untuk memberikan pembebanan pada katup motor, kami akan menerapkan beban sesuai dengan batasan dan persyaratan pembebanan yang telah ditetapkan, yaitu:

Tabel 3. Batas dan pembebanan

Percobaan	Kondisi	Tekanan (Pressure)
1.	Fully Open	120 Psi
2.	Fully Open	150 Psi
3.	Fully Open	180 Psi

F. Melakukan Meshing

Hasil analisis yang optimal dapat dicapai melalui pemodelan 3D yang baik dan sederhana. Tujuannya adalah untuk memfasilitasi perhitungan dan kalkulasi yang akurat menggunakan perangkat lunak Solidworks 2018. Penyederhanaan model tidak akan berdampak pada hasil analisis. Gambar juga menggambarkan bentuk mesh sebelum memasuki tahap analisis katup motor. Seluruh komponen katup motor harus berhasil dimasukkan ke dalam mesh dengan sempurna sebelum melanjutkan tahap analisis berikutnya. Bentuk node atau nodal yang digunakan adalah trihedron.

Pada proses ini elemen-elemen dibuat pada seluruh bagian model. Hasil *mesh* pada perancangan desain katup 1, desain katup 2 dan desain katup 3 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Hasil *Meshing* pada desain katup

G. Hasil Simulasi dengan Metode Elemen Hingga

Hasil simulasi FEA atau MEH menggunakan *software Solidworks 2018* pada katup motor menunjukkan berbagai parameter penting seperti nilai maksimum dan minimum, berdasarkan *von mises stress*. Selain itu, perubahan dan gradasi warna pada hasil simulasi juga menunjukkan adanya kondisi kritis. Parameter lain seperti *strain*, *deformasi*, dan *safety factor* juga dievaluasi dalam simulasi ini. Simulasi statis pada desain katup motor dengan menggunakan *Alumunium Alloy* menghasilkan data *von mises stress*, *strain*, *displacement*, dan *safety factor* yang relevan.

H. Simulasi Static

Simulasi *static* pada desain katup dengan ukuran yang sama dengan nilai tekan yang berbeda akan diperoleh hasil *von mises stress*, *displacement* dan *safety factor*.

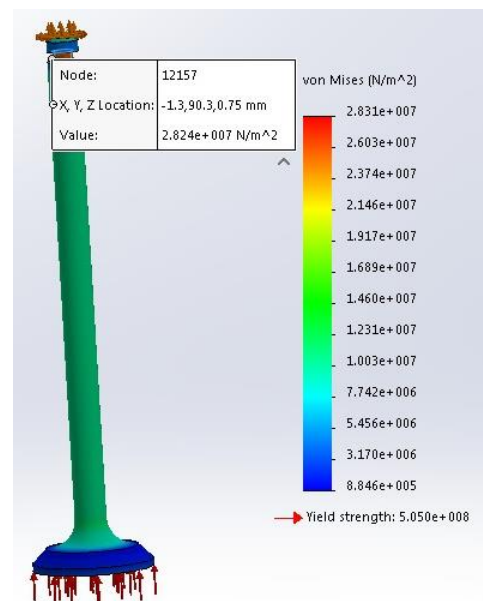
- Von Mises Stress**

Pada gambar hasil pengujian, terlihat distribusi tegangan von Mises yang terjadi pada bagian tertentu dari katup. Di sisi kiri gambar, terdapat legenda yang menunjukkan batas kekuatan luluh (*yield strength*) dari material yang digunakan, sehingga dapat dibandingkan apakah tegangan von Mises yang dialami oleh katup melebihi batas kekuatan

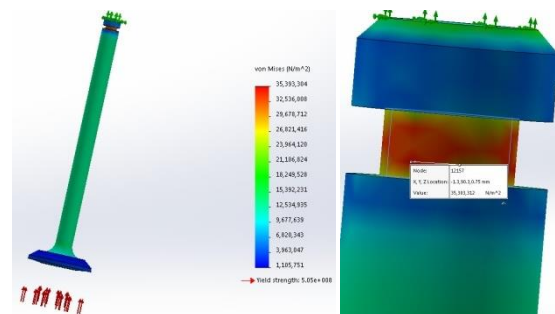
luluh dari material tersebut atau tidak. Nilai tegangan von Mises pada pengujian katup 1, katup 2, dan katup 3 tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 4. Hasil pengujian *Von Misses Stress*

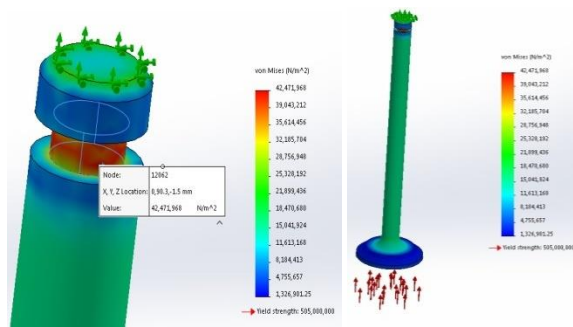
No	Percobaan	Tekanan (Pressure)	Hasil <i>Von Mises Stress Max</i>
1	Katup 1	120 Psi	$2.831 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
2	Katup 2	150 Psi	$3.539 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
3	Katup 3	180 Psi	$4.247 \times 10^7 \text{ N/m}^2$



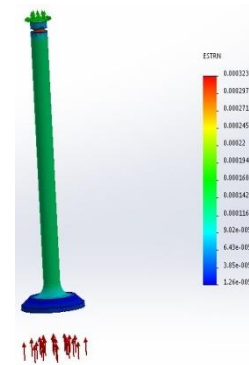
Gambar 5. Hasil simulasi *Von Mises Stress* pada tekanan 120 Psi



Gambar 6. Hasil simulasi *Von Mises Stress* katup dengan tekanan 150 Psi



Gambar 7. Hasil simulasi *Von Mises Stress* dengan tekanan 180 Psi



Gambar 8. Hasil simulasi dengan tekanan 120 Psi

• Strain

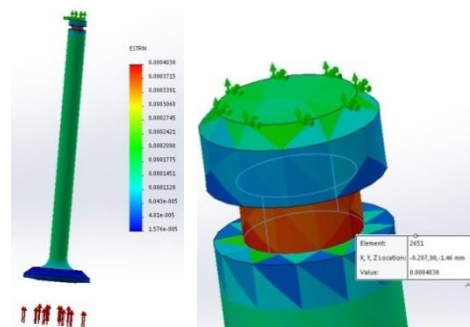
Hasil analisis *strain* yang terjadi pada desain katup dengan tekanan yang berbeda, pada gambar hasil pengujian *strain* memperlihatkan *strain* terjadi pada *keeper groove*. Nilai hasil simulasi *strain* pada simulasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Hasil simulasi *strain* maksimum

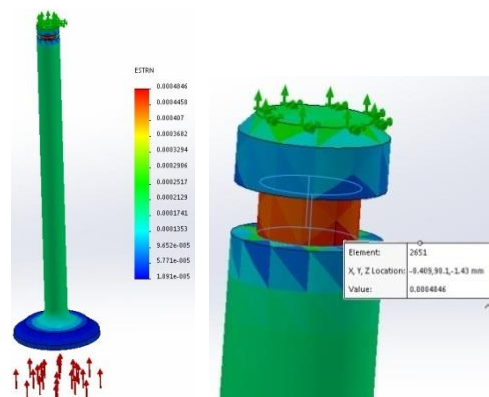
No	Percobaan	Tekanan (Pressure)	Hasil Strain Max
1	Katup 1	120 Psi	0.000323 mm
2	Katup 2	150 Psi	0.0004038 mm
3	Katup 3	180 Psi	0.0004846 mm

Pada pembebanan yang dilakukan pada desain katup motor terjadi pertambahan panjang atau disebut juga dengan regangan. Regangan yang terjadi akibat pemuatan beban yang terus menerus dan apabila beban yang di berikan melebihi dare *safety faktormaka* akan terjadi kegagalan material.

Nilai maksimum pada desain katup 1 dapat dilihat pada gambar 8 sebesar 0.000323 mm. Pada desain katup 2 dapat dilihat pada gambar 9 dengan nilai *strain* maksimum adalah 0.0004038 mm. Sedangkan untuk desain katup 3 dapat dilihat pada gambar 10 dengan nilai *strain* maksimum adalah 0.0004846 mm, dari hasil pengujian dari ketiga desain katup tersebut dikatakan aman dan masih bisa di gunakan, karrena masih lebih rendah dari tegangan luluh yaitu sebesar $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$



Gambar 9. Hasil simulasi *strain* dengan tekanan 150 Psi

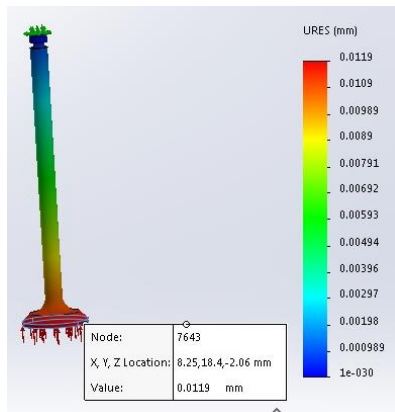


Gambar 10. Hasil simulasi *strain* dengan tekanan 180 Psi

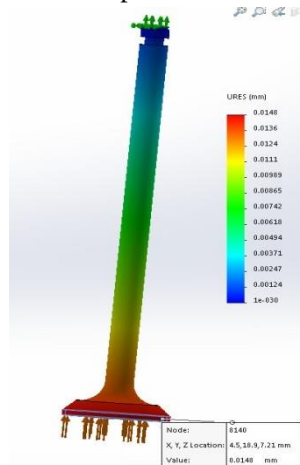
• Displacement

Pada gambar hasil pengujian *displacement* memperlihatkan *displacement* terjadi pada *Valve Head*. Terlihat pada *Vale Head* dari desain katup besar *displacement* tertinggi yang dialami katup terjadi pada bagian *Valve Head*. Nilai *displacement* pada simulasi dapat dilihat pada gambar. Nilai *displacement* maksimum pada desain katup1 dapat dilihat pada gambar 11 sebesar 0.0119 mm. Pada desain katup 2 dapat dilihat pada gambar 12 dengan nilai *displacement* maksimum adalah 0.0148 mm.

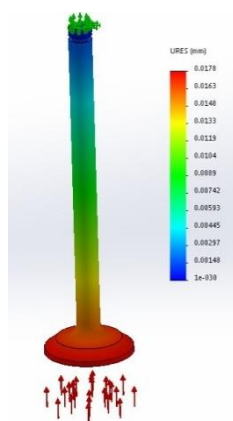
Sedangkan untuk desain katup 3 dapat dilihat pada gambar 13 dengan nilai *displacement* maksimum adalah 0.0178 mm



Gambar 11. Hasil simulasi *displacement* pada desain katup tekanan 120 Psi



Gambar 12. Hasil simulasi *displacement* pada desain katup dengan tekanan 150 Psi



Gambar 13. Hasil simulasi *displacement* pada tekanan 180 Psi

Tabel 6. Hasil simulasi *displacement* maksimum

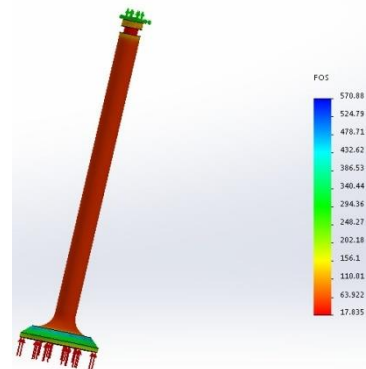
No.	Percobaan	Tekanan (Pressure)	Hasil Displacement Max
1	Katup 1	120 Psi	0,0119 mm
2	Katup 2	150 Psi	0,0148 mm
3	Katup 3	180 Psi	0,0178 mm

• Safety Factor

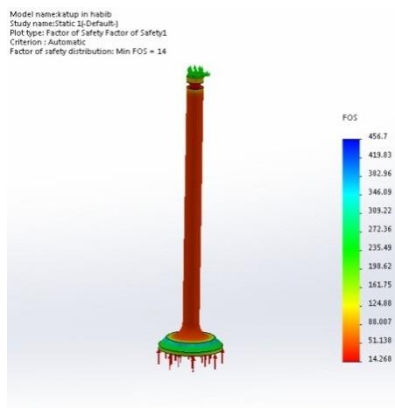
Dalam simulasi *safety factor* desain katup, *safety factor* menggambarkan perbandingan antara batas kekuatan material dengan Von Mises Stress yang terjadi setelah tekanan diberikan [10]. Melalui perbandingan antara *allowable stress* dan Von Mises stress, kita dapat melihat distribusi *safety factor* pada seluruh bagian desain katup. Nilai *safety factor* terendah pada desain Katup1 terlihat pada gambar 14 dengan nilai 17,835. Sementara itu, nilai *safety factor* terendah pada desain Katup2 terlihat pada gambar 15 dengan nilai 14,268, dan pada desain Katup3 terlihat pada gambar 16 dengan nilai 11,89.

Tabel 7. Hasil simulasi *Safety Factor*

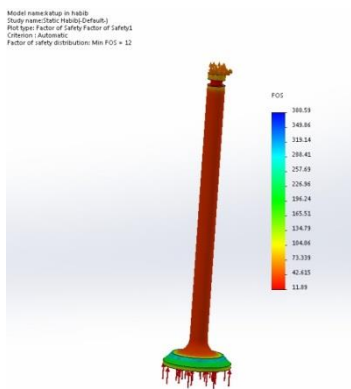
No.	Desain	Tekanan (Pressure)	<i>Safety Factor</i>	
			Min	Max
1	Katup 1	120 Psi	17,835	570,88
2	Katup 2	150 Psi	14,268	456,7
3	Katup 3	180 Psi	11,89	380,59



Gambar 14. Hasil simulasi FOS pada desain katup tekanan 120 Psi



Gambar 15. Hasil simulasi FOS desain katup tekanan 150 Psi



Gambar 16. Hasil simulasi FOS pada desain dengan tekanan 180 Psi

I. Hasil Pengujian Static dan Fatigue

Data hasil pengujian *static* dan *fatigue* pada desain katup dengan Solidworks yang berupa nilai *von mises stress*, *safety factor*, *displacement*, *damage*, dan *fatigue life*. Sebagaimana bentuk hasil analisa data ini akan menunjukkan kelemahan dan kelebihan katup yang telah diujikan dalam penelitian ini, maka teknik analisa data yang digunakan adalah analisa deskriptif, artinya angka yang ditunjukkan sebagai hasil pengujian desain katup.

Dalam hasil pengujian static pada desain katup 1, desain katup 2 dan desain katup 3 diperoleh hasil *von mises stress*, *displacement* dan *safety factor*. Hasil pengujian static dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Hasil pengujian *static* dan *fatigue*

Static		Desain Katup 1	Desain Katup 2	Desain Katup 3
Von mises stress	Stress max	2.831 x10 ⁷ N/m ²	35.393.304 N/m ²	42.471.968 N/m ²
	Stress min	8.836 x 10 ⁵ N/m ²	1.105.751 N/m ²	1.326.901,2 5 N/m ²
Strain	Strain max	0.000323 mm	0.0004038m m	0.0004846 mm
Displacement	Displacement max	0.0119 mm	0.0148 mm	0.0178 mm
	Displacement min	0 mm	0 mm	0 mm
Safety factor	Safety factor max	570.88	4456.7	380.59
	Safety factor min	17.835	14.286	11.89

Hasil pengujian *von mises stress* pada desain katup 1, desain katup 2 dan desain katup3 menunjukkan arah perambatan tegangan pada desain katup yang dapat dilihat dengan adanya perbedaan warna pada gambar. Dalam gambar tersebut terdapat perambatan warna dari warna biru sampai menjadi merah. Bagian yang berwarna biru adalah bagian yang mengalami tagangan terkecil kemudian menjadi hijau dan kuning sampai akhirnya menjadi warna merah yang artinya bagian tersebut mengalami tegangan yang paling besar. Pada desain katup 1 stress maksimum terjadi pada bagian *keeper groove* sebesar 2.831 X 10⁷ N/m². Pada desain katup2 stress maksimum terjadi pada *keeper groove* dengan nilai stress maksimum 35.393.304 N/m². Sedangkan pada desain katup3 stress maksimum terjadi pada bagian tempat mesin dengan nilai stress 42.471.968 N/m². Dari ketiga desain katup dapat disimpulkan desain katup 1 lebih baik dibandingkan dengan desain katup 2 dan desain katup 3 karena memiliki stress yang lebih kecil. Ketiga desain tersebut nilai stress masih di bawah *yield strength* yang artinya tegangan yang terjadi pada desain katup tidak melebihi dari tegangan luluh pada material aluminium alloy 7075 sebesar 5 x10⁸ N/m²

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian desain dan simulasi uji kekuatan katup jenis *prototype* menggunakan material *aluminium alloy 7075*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Nilai pengujian *von mises stress* maksimum pada desain katup 1 adalah $2.831 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, pada desain katup 2 adalah $35.393.304 \text{ N/m}^2$ dan pada desain katup 3 adalah $4.247 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Sehingga dapat disimpulkan desain katup 1 lebih baik dibandingkan desain katup 2 dan desain katup 3 karena memiliki nilai *stress* yang lebih rendah. Nilai *von misses stress* yang paling tinggi terjadi pada bagian *keeper geroove* pada bagian ini sangatlah penting karena *keeper groove* berfungsi sebagai pengunci pegas katup agar tidak lepas, sedangkan pada bagian lainnya memiliki nilai *strees* yang rendah. Nilai pengujian *strain* maksimum atau regangan maksimum yang dihasilkan dari desain katup 1 adalah 0.000323 mm , desain katup 2 adalah 0.0004038 mm , dan desain katup 3 adalah 0.0004846 mm , nilai *strain* yang terjadi pada katup motor ini dimana angka tersebut lebih rendah dari batas material tersebut sebesar $5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.

Displacement maksimum pada desain katup 1 terukur sebesar 0.0119 mm , pada desain katup 2 sebesar 0.0148 mm , dan pada desain katup 3 sebesar 0.0178 mm . Hal ini menunjukkan bahwa desain katup 1 memiliki *displacement* yang lebih rendah dibandingkan dengan desain katup 2 dan katup 3. *Safety factor* minimum pada desain katup 1 tercatat sebesar 17.835 , pada desain katup 2 sebesar 14.268 , dan pada desain katup 3 sebesar 11.89 . Meskipun semua nilai *safety factor* masih jauh di atas batas ambang, penelitian ini memiliki keunggulan dan kelemahan yang perlu dieksplorasi lebih lanjut. Saran penulis adalah untuk melanjutkan penelitian pada desain katup exhaust motor, serta melakukan penelitian lebih rinci tentang nilai *stress* sebenarnya pada material aluminium alloy, terutama pada bagian keeper groove katup. Mahasiswa Teknik Mesin UNIRA yang ingin mengembangkan penelitian dapat menjadikan hal ini sebagai titik awal untuk penelitian yang lebih mendalam pada desain katup motor dengan menggunakan material Aluminium Alloy yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan rasa syukur yang mendalam, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT juga penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan artikel ini. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Mesin, yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam perjalanan ini.

REFERENSI

- [1] Hendri, Fauzi. 2018 Analisa Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah Menggunakan Pertalite dengan Variasi Tambahan Zat Adiktif. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, 5.
- [2] Setel, H.L.S., 2021. Mesin Diesel 4 Silinder Tipe C240 (Sistem Pendingin) (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [3] Muhammad, D., 2018. Uji Performance Motor Bensin Toyota Great Corolla 4 Langkah 4 Silinder 1600 cc Tahun 1998 (Doctoral dissertation, undip).
- [4] Nurdiansah, D., Soeparman, S., & Siswanto, E. (2021). Studi Komparasi Performa Motor Bakar 4 Tak Karburator Dan Motor Bakar 6 Tak Mub-2 Karburator Berbahan Bakar Pertamina. *Rekayasa Mesin*, 643-651.
- [5] Yuliyanti, F., Budiyo, & Prasetyo, I. (2019, April). Identifikasi Sistem Pendingin Pada Mesin Diesel Mitsubishi 100 PS. *Surya Teknika, III*(1), 19-23.
- [6] Naresh. 2012 Inlet and Outlet Valve. Diakses dari www.google.com/https://id.scribd.com/Presentation/446733297/tugas-pmp
- [7] Jaelani, S., 2014. Analisis Pengaruh Proses Artificial Ageing Terhadap Sifat Mekanik Pada Aluminium Seri AA 7075 (Doctoral dissertation, Universitas Darma Persada).
- [8] Santoso, A.B., 2017. Pengaruh Rasio Regangan Terhadap Perilaku Low Cycle Fatigue Paduan Al 7075-T7 (Doctoral dissertation, Universitas Lampung).
- [9] Santoso, ari. 2018. Pengaruh Rasio Regangan Terhadap Perilaku Low Cycle Fatigue (LCF) Paduan Al 7075-T7. *Jurnal Mechanical*, Vol. 9, No. 2

- [10] Rizal, M.R., 2021. Analisis Tegangan Material Komposit Dengan Penguat Didesain Mengadopsi Struktur Kristal Logam Menggunakan Simulasi Komputer (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).