

**ANALISIS TEGANGAN POROS ENSKOL PADA KENDARAAN RODA
DUA DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE SOLIDWORKS***

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin FT UNP



MUHAMMAD IQBAL ISKI
18338036/2018

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR
ANALISIS TEGANGAN POROS ENSKOL PADA KENDARAAN RODA
DUA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS

Nama	: Muhammad Iqbal Ieki
NIM / BP	: 18338036 / 2018
Konsentrasi	: Desain dan Manufaktur
Departemen	: Teknik Mesin
Program Studi	: S1 Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik

Padang, 18 Agustus 2022

Disetujui Oleh :

Ketua Program
S1 Teknik Mesin




Dr. Ir. Renson Lapsia, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 19770918 200812 1 001

Pembimbing Tugas Akhir



Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19780114 200312 2 003

Kepala Departemen
Teknik Mesin FT-UNP



Dra. Purwaningrum, M.Pd.
NIP. 19630804 198603 1 002

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISIS TEGANGAN POROS ENGGOL PADA KENDARAAN RODA
DUA DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE SOLIDWORKS*

Nama	: Muhammad Iqbal Iqki
NIM / BP	: 18338036 / 2018
Konsentrasi	: Desain dan Manufaktur
Departemen	: Teknik Mesin
Program Studi	: S1 Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Dewan Penguji Tugas Akhir
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang pada Tanggal
18 Agustus 2022.

Dewan Penguji

Nama	Tanda tangan	
1. Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D.		(Ketua penguji)
2. Drs. Irzal, M.Kes.		(Penguji)
3. Hendri Nurdin, M.T.		(Penguji)

Halaman Pernyataan

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Iqbal Iski
NIM / BP : 18338036 / 2018
Konsentrasi : Desain dan Manufaktur
Departemen : Teknik Mesin
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul : Analisis Tegangan Poros Engkol pada Kendaraan
Roda Dua dengan Menggunakan *Software
Solidworks*

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 18 Agustus 2022
Yang Menyatakan

Muhammad Iqbal Iski
NIM. 18338036

ABSTRAK

Muhammad Iqbal Iski : Analisis Tegangan Poros Engkol pada Kendaraan Roda Dua dengan Menggunakan *Software Solidworks*

Sepeda motor terdapat salah satu komponen penting yaitu poros engkol (*crankshaft*). Poros engkol adalah komponen dengan geometri yang kompleks pada mesin pembakaran, berfungsi mengubah gerak translasi (gerak bolak-balik) piston menjadi gerak berputar terhadap poros. Poros engkol dioperasikan pada putaran tinggi sehingga poros engkol mengalami beban siklus yang cukup besar. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi beban yang terjadi pada poros engkol kendaraan roda dua berbahan material *AISI 1045 Steel, cold drawn* dengan melakukan analisis *static structural* dengan tipe *meshing tetrahedral 3D solid elements* pada poros engkol menggunakan *Solidworks*. Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan simulasi komputer dengan *software* berbasis Metode Elemen Hingga. Dilakukan untuk mendapatkan besarnya nilai tegangan yang terjadi pada lokasi kritis, perpindahan yang terjadi pada poros engkol dan faktor keamanan. Model poros engkol 3D dibuat melalui *software Solidworks*. Beban kemudian diterapkan pada *crankpin* dan kondisi batas diterapkan pada *crank journal*. Hasil yang diperoleh dari analisis tersebut untuk mengetahui distribusi tegangan *Von Mises*, perpindahan dan faktor keamanan pada poros engkol akibat pembebanan secara statik. Gaya reaksi yang disebabkan gaya aksi yang diberikan terhadap crankpin sebesar 11.659,28 N. Kesimpulan dari penelitian ini adalah diketahuinya nilai tegangan *Von Mises*, perpindahan, deformasi dan faktor

keamanan melalui hasil simulasi *Solidworks*. Didapatkan hasil menggunakan *Solidworks* adalah tegangan *Von Mises*, perpindahan, dan faktor keamanan. Tegangan maksimum sebesar 80,69 MPa yang terletak diantara *crank journal* dan *balancer weight* atau pada bagian *fillet*, Tegangan minimum sebesar 8,264e-09 MPa, perpindahan maksimum diperoleh sebesar 2,787e-03 mm dan *FOS (factor of safety)* minimum diperoleh sebesar 6,568 maka dinyatakan aman. Kesimpulan dari hasil simulasi statik dengan *Solidworks* bahwa beban yang bekerja pada poros engkol dapat dinyatakan aman karena tegangan berada dibawah *yield strength* poros engkol (530 MPa).

Kata Kunci : Poros engkol, *Solidworks*, Tegangan *Von Mises*, Perpindahan, *FOS*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis persembahkan hanya kepada Allah SWT yang telah memeberikan rahmat dan hikmah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Tegangan Poros Engkol Kendaraan Roda Dua dengan Menggunakan *Software Solidworks***”. Shalawat berbingkai salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammmad SAW.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Keberhasilan penulis dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Delima Yanti Sari, S.T., M.T., Ph.D. selaku Pembimbing tugas akhir yang selalu mendorong dan memotivasi penulis dalam penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Hendri Nurdin, M.T. selaku Dosen Penguji dan Sekretaris Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, yang memberikan arahan dan dukungan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Remon Lapisa, S.T., M.T., M.Sc. selaku Koord. Prodi S1 Teknik Mesin, yang selalu mendorong dan memotivasi penulis selama perkuliahan.
5. Bapak Drs. Irzal, M. Kes. selaku Dosen Penguji dan Pembimbing Akademik Penulis yang selalu mendorong dan memotivasi penulis selama perkuliahan.

6. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan doa.
8. Teman-teman mahasiswa Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan, dorongan, motivasi, arahan dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Semoga segala bantuan, bimbingan, dukungan dan petunjuk yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal ibadah dan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Semoga tugas akhir yang penulis selesaikan bermanfaat bagi kita semua dengan mengharap kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan tugas akhir ini.

Padang, 18 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
Halaman Pernyataan	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Batasan Masalah	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Prinsip Kerja Motor 4 Tak.....	6
B. Poros	8
1. Poros Engkol.....	9
2. Jenis Poros Engkol Pada Sepeda Motor.....	10
3. Bahan Poros Engkol	11
C. Gaya Yang Bekerja Pada Poros Engkol	12
1. Gaya Geser.....	17
2. Tegangan Gabungan	17
3. <i>Yield Strength</i>	18
4. Lingkaran Mohr.....	19
5. Teori <i>Von Mises</i>	19
6. Torsi.....	20

D. <i>Finite Element Analysis (FEA)</i>	20
1. <i>Meshing</i>	21
E. <i>Safety Factor</i>	21
F. <i>Solidworks 2021</i>	21
G. Penelitian Sebelumnya	22
BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Jenis Penelitian	28
B. Waktu dan Tempat Penelitian	28
C. Tahapan Penelitian	28
1. Studi Literatur	28
2. Pemilihan <i>Software Solidworks</i>	29
3. Pembuatan Model 3D Poros Engkol	30
4. Penentuan Material Poros Engkol	30
5. Penerapan Constraint	31
6. Pemberian Beban	31
7. <i>Meshing</i>	32
8. <i>Running Program</i>	32
9. Analisis tegangan, displacement, dan faktor keamanan	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Perhitungan Teoritis	35
B. Pemodelan Poros Engkol dan Proses Simulasi dengan <i>Solidworks</i>	44
C. Perbandingan Hasil Secara Teoritis dan <i>Solidworks</i>	52
BAB V PENUTUP	53
A. Kesimpulan	53
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Komponen-komponen Utama Motor 4 Langkah	6
Gambar 2. Prinsip kerja motor 4 langkah	8
Gambar 3. Poros engkol.....	9
Gambar 4. <i>Crankshaft built up</i>	10
Gambar 5. <i>Crankshaft on piece</i>	11
Gambar 6. Posisi <i>four bar slider–crank linkage</i> dan analisis <i>gas force</i>	13
Gambar 7. Gaya yang terjadi pada batang penghubung	14
Gambar 8. Gaya tekan terhadap <i>crankpin</i>	14
Gambar 9. Lokasi titik yang diamati <i>crankpin</i>	17
Gambar 10. Kurva Tegangan Regangan	18
Gambar 11. Lingkaran mohr	19
Gambar 12. Diagram alir analisis tegangan pada poros engkol.....	29
Gambar 13. Menu penggunaan material (<i>apply material</i>).....	31
Gambar 14. Menu pemberian beban (<i>load</i>)	32
Gambar 15. <i>Tab Simulations</i>	33
Gambar 16. Pemodelan poros engkol	35
Gambar 17. Gaya yang terjadi pada <i>crankpin</i>	37
Gambar 18. Diagram gaya geser dan momen pada <i>crankpin</i>	39
Gambar 19. Lokasi tegangan yang diamati <i>crankpin</i>	40
Gambar 20. Lingkaran mohr	42
Gambar 21. Pemodelan <i>crankpin</i>	44
Gambar 22. Poros engkol (<i>crankshaft</i>)	45
Gambar 23. Penerapan material	46
Gambar 24. Penerapan batas geometri.....	47
Gambar 25. Penerapan beban poros engkol.....	47
Gambar 26. <i>Meshing</i>	48
Gambar 27. Distribusi tegangan <i>Von Mises</i> , perpindahan dan <i>factor of safety</i>	48

Gambar 28. Distribusi tegangan <i>Von Mises</i>	49
Gambar 29. Lokasi tegangan pada <i>crankpin</i>	50
Gambar 30. Distribusi perpindahan (<i>displacement</i>)	51
Gambar 31. Faktor keamanan	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi material <i>AISI 1045 Steel, cold drawn</i>	12
Tabel 2. Momen Inersia (<i>I</i>) Untuk Beberapa Geometri Melintang Material	16
Tabel 3. Hasil perhitungan tegangan <i>crankpin</i>	41
Tabel 4. Distribusi tegangan yang terjadi pada <i>crankpin</i>	43
Tabel 5. Hasil perhitungan teoritis dan simulasi dengan <i>Solidworks</i>	52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kendaraan merupakan sarana transportasi yang paling banyak digunakan karena memiliki bentuk yang *simple*, lebih murah dan dapat dimiliki oleh setiap orang salah satunya yaitu sepeda motor. Sepeda motor merupakan salah satu kendaraan yang paling praktis dan saat ini paling banyak digunakan di Indonesia. Peran dari kendaraan yang sangat membantu serta meringankan pekerjaan manusia (Helmiyansah, 2016).

Kendaraan yang digunakan harus memenuhi persyaratan yang lengkap, salah satunya adalah kendaraan yang stabil pada kecepatan tinggi, artinya getaran yang dihasilkan oleh putaran mesin harus dalam batas yang ditentukan. Mesin yang berfungsi sebagai penggerak primer sepeda motor harus bisa melakukan dengan baik apa yang menjadi kebutuhan. Pada saat sepeda motor berjalan pada jalan yang rata, dibutuhkan kecepatan dan tidak memerlukan torsi yang besar, sebaliknya jika pada kondisi jalan menanjak diperlukan torsi yang besar dan kecepatan yang rendah. Oleh karena itu sepeda motor harus dilengkapi dengan sistem yang mampu menghubungkan antara daya dan torsi mesin sesuai dengan kondisi jalan.

Pada sepeda motor terdapat salah satu komponen penting yaitu poros engkol (*crankshaft*). Poros engkol adalah komponen dengan geometri yang kompleks, berfungsi mengubah gerak translasi (gerak bolak balik) piston menjadi gerak berputar pada poros. Poros engkol dioperasikan pada putaran tinggi sehingga poros engkol mengalami beban siklus (beban bolak-balik) yang cukup besar.

Poros engkol meneruskan energi ke roda gila (*flywheel*) yang mentransfer energi ke poros yang terhubung ke mesin yang digerakkan. Dalam kondisi beroperasi, gaya utama pada poros engkol dihasilkan dari interaksi antara campuran bahan bakar, udara pembakaran dan piston. Piston terhubung ke poros engkol oleh batang penghubung (*connecting rod*) pada pin engkol. Beban lentur bekerja langsung ke poros engkol melalui batang penghubung (*connecting rod*). Poros engkol dioperasikan pada putaran tinggi sehingga poros engkol mengalami beban siklus (beban bolak balik) yang cukup besar. Poros engkol mengalami beban puntir/torsi, beban bending/lentur, gaya geser dsb. Sangat penting untuk mempelajari pembebanan pada poros engkol dan menganalisis kekuatan poros engkol dalam rangka untuk mengetahui dan mengevaluasi kinerjanya dalam hal distribusi tegangan, defleksi, faktor keamanan dsb.

Analisis struktur/komponen dengan beban dan geometri yang cukup kompleks biasanya dilakukan menggunakan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method, atau FEM*). Metode Elemen Hingga adalah prosedur numerik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*), seperti analisa tegangan pada struktur, perpindahan panas, aliran fluida dsb. Metode ini digunakan pada masalah-masalah rekayasa dimana *exact solution/analytical solution* tidak dapat menyelesaikannya. Inti dari *FEM* adalah membagi suatu benda yang akan dianalisa, menjadi sejumlah bagian elemen. Kemudian dibangun persamaan matematika yang menjadi representasi benda tersebut. Proses pembagian benda menjadi beberapa bagian elemen disebut *meshing*.

Beberapa peneliti telah melakukan analisis tegangan pada poros engkol, menggunakan berbagai *software FEM*. Menurut (Chaudhari & Barjibhe, 2016) melakukan analisis modal dan analisis tegangan poros engkol Honda Splendor untuk memeriksa keamanan. Hasil distribusi tegangan, deformasi dan frekuensi alami poros engkol diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak *Ansys*. Investigasi eksperimental juga dilakukan keluar untuk bagian modal dan memvalidasi dengan hasil *FEM*. Menurut (Parman et al., 2014) melakukan analisis statik terhadap poros engkol mesin 4 silinder menggunakan *Catia* untuk pemodelan 3D dan *Ansys*. Analisis poros engkol 5 silinder oleh (Yogesh S. Khaladkar, 2014) menggunakan *Solidworks* untuk pemodelan 3D dan *Ansys* untuk analisis statik. Menurut (Bagde & Raut, 2013) melakukan analisis statik dan *fatigue* terhadap poros engkol dengan 1 silinder, menggunakan *PRO-E Wildfire* dan *Ansys*.

Dalam penelitian ini dilakukan investigasi beban yang bekerja pada poros engkol Kendaraan Roda Dua 4 Tak (1 silinder). Analisis poros engkol dilakukan secara statik dengan tujuan untuk mengetahui lokasi kritis pada poros engkol, distribusi tegangan poros engkol, tegangan maksimum, tegangan minimum, deformasi, faktor keamanan. *Solidworks* dipilih sebagai *software* untuk melakukan analisis elemen hingga karena keunggulannya sebagai salah satu *software* yang menyediakan *feature-based parametric, solid modeling*, bergerak pada pemodelan 3D. *Software* ini mampu mensimulasikan produk untuk mengetahui kekuatan produk seperti gaya, torsi, tegangan, temperatur dan faktor keamanan (Prasetyo, 2016).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah perhitungan beban yang bekerja pada poros engkol kendaraan roda dua?
2. Bagaimana penerapan analisis statik poros engkol menggunakan *software Solidworks*?
3. Bagaimana distribusi tegangan, deformasi dan faktor keamanan poros engkol hasil analisis statik?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Melakukan investigasi beban yang bekerja pada poros engkol kendaraan roda dua (*crankpin*).
2. Melakukan analisis statik poros engkol, secara teoritis dan menggunakan *Software Solidworks*.
3. Mengetahui distribusi tegangan, deformasi dan faktor keamanan pada poros engkol akibat pembebanan secara statik.

D. Batasan Masalah

Untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka permasalahan dibatasi pada analisis tegangan pada poros engkol di kendaraan roda dua. Analisis dilakukan secara teoritis

dan menggunakan *Solidworks*. Hasil analisis berupa distribusi tegangan, deformasi dan faktor keamanan secara statik. Tegangan yang dihitung adalah tegangan akibat momen *bending*.

E. Manfaat Penelitian

Desain dan analisis tegangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam sebuah poros engkol. Oleh karena itu, manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Memberikan tambahan ilmu dan pengetahuan kepada penulis/pembaca tentang penerapan ilmu Mekanika Teknik dan Mekanika Kekuatan Bahan dalam Teknik Mesin.
- b. Memberikan tambahan ilmu dan pengetahuan kepada penulis/pembaca tentang penggunaan *software Solidworks* dalam menganalisis tegangan secara statik.
- c. Dapat menjadi pembandingan untuk penelitian sejenis yang menggunakan *software* yang berbeda.
- d. Sebagai acuan dan informasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis dan simulasi menggunakan *Solidworks* yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan akibat tekanan gaya maksimal sebesar 11.659,28 N yang terjadi pada *crankpin* dan poros engkol sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis dengan tekanan gaya sebesar 11.659,28 N diperoleh momen lentur sebesar 160.315,1 Nmm, tegangan normal sebesar 104,5 MPa, tegangan geser sebesar 15,84 MPa, tegangan utama (*principal stress*) maksimum sebesar 106,84 MPa, dan tegangan minimum sebesar -2,34 MPa.
- 2) Berdasarkan hasil simulasi dengan *Solidworks* diperoleh tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 80,69 MPa, tegangan *Von Mises* minimum sebesar 8,264E-09 MPa, perpindahan maksimum (*displacement*) diperoleh sebesar 2,787e-03 mm, faktor keamanan maksimum diperoleh sebesar 6,413E+10 dan faktor keamanan minimum sebesar 6,568

B. Saran

Dalam proses desain dan analisis poros engkol ini masih jauh dari sempurna baik dari segi desain, penampilan dan hasil akhir. Adapun beberapa saran untuk langkah penyempurnaan sebagai berikut:

- 1) Desain dan rancangan poros engkol pada kendaraan roda dua dapat dikembangkan dengan variasi material selain *AISI 1045 Steel, cold drawn* terhadap nilai tegangan, deformasi dan faktor keamanan menggunakan *software Solidworks* agar dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk pengembangan penelitian.
- 2) Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis dinamik dan analisis kelelahan pada poros engkol kendaraan roda dua.
- 3) Bagi industri sebaiknya memanfaatkan penelitian ini sebagai bahan referensi metode analisis desain dengan menggunakan *software Solidworks*.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Zainuri. (2010). TEGANGAN MAKSIMUM DAN FAKTOR KEAMANAN PADA POROS ENGGOL DAIHATSU ZEBRA ESPASS BERDASARKAN METODE NUMERIK. *Momentum*, 6(2), 42–47.
<http://www.capellagroup.com/cm/sp>
- Bagde, B. J., & Raut, L. P. (2013). Finite Element Structural and Fatigue Analysis of Single Cylinder Engine Crank Shaft. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2(7), 1540–1544.
- Beer, F. P. (Ferdinand P., Johnston, E. R. (Elwood R., DeWolf, J. T., Prasad, N. S., & Krishnamurthy, S. (2004). *Mechanics of materials : [in SI units]*. Tata McGraw-Hill.
- Chaudhari, J., & Barjibhe, R. (2016). Experimental And Numerical Analysis Of Crankshaft Used in Hero Honda Splendor Motorcycle. *International Journal of New Technology and Research*, 2(7), 83–94.
- Engine Four Stroke Cycle Infographic Diagram Including Stages Of Intake Compression Power And Exhaust Showing Parts And Valves Open And Closed For Mechanical Physics Science Education Royalty Free SVG, Cliparts, Vectors, And Stock Illustration. Image 87963536. (n.d.). Retrieved July 25, 2022, from https://www.123rf.com/photo_87963536_stock-vector-engine-four-stroke-cycle-infographic-diagram-including-stages-of-intake-compression-power-and-exhaus.html*
- Gadge, L., Gadagey, K. K., & Jamra, S. (2018). *Finite Element Analysis of Two Wheeler Honda Bike Crank Shaft. 5*, 37–42.
- Grujic, I., Glisovic, J., Stojanovic, N., Davinić, A., Grujić, I., Glišović, -Jasna, Stojanović, -Nadica, Davinić, -Aleksandar, Pešić, -Radivoje, Narayan, -Sunny, & Usman KAISAN, -Muhammad. (2018). Stress Analysis of the Crankshaft of Ic Engine. *Machine Design*, 10(2), 69–72.
<https://doi.org/10.24867/MD.10.2018.2.69-72>
- Helmiyansyah. (2016). *Analisa Tegangan Poros Engkol di Sepeda Motor Suzuki Smash Menggunakan Software Solidworks. 5*(3).
- How a Car Engine Works: The Functioning of the Engine and Its Components Explained in Detail. (n.d.). Retrieved July 25, 2022, from <https://www.cars24.com/blog/how-a-car-engine-works/>*
- Lubis, S. (2021). *ANALISA MODAL PADA POROS ENGGOL 4 SILINDER KENDARAAN RINGAN.*