

TUGAS SARJANA
ANALISA MODAL PADA POROS ENKKOL 4 SILINDER
KENDARAAN RINGAN

*Diajukan Untuk Memenuhi syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusunoleh :

YASIR ARAFAT
1307230130



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAMSTUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Yasir Arafat

NPM : 1307230130

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisa Modal Pada Poros Engkol 4 Silinder Kendaraan Ringan

Bidang Ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Januari 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I




M. Yani S.T., M.T.

Dosen Penguji II




Chandra A Siregar S.T., M.T.

Dosen Penguji III



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Afrandi S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Yasir Arafat
Tempat/ Tanggal Lahir : Pem. Setrak 24 Juli 1994
NPM : 1307230130
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya,bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisa Modal Pada Poros Engkol 4 Silinder Kendaraan Ringan”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis orang lain Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian syrat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan ini dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/ Mesin/ Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Januari 2019

Saya yang menyatakan,



Yasir Arafat

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Yasir Arafat
 NPM : 1307230130
 Judul Tugas Akhir : Analisa Modal Pada Poros Engkol 4 Silinder Kendaraan-Ringan .

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:
Pembimbing – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	:
Pemanding – I	: M.Yani.S.T.M.T	:
Pemanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230236	M. khairul Fidiy Rongkut	
2	1407230227	ALFI SYAHRI	
3	1407230088	ALVI MAULANA	
4	1407230262	RIZKI MAULANA ROSANDI	
5	1407230203	REZA SEPTIYAWAN WARSIBUAN	
6	1407230249	NOLAN SYAH	
7	1407230035	SANDI IRAWAN	
8	1407230291	ROKI AKBAR.	
9	1407230242	SUGANDI FADILLAH	
10	1407230222	M. Rizki Nurcahyani	

Medan, 13 Jum.Awal 1440 H
19 Januari 2019 M

Ketua Prodi. T Mesin

Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Yasir Arafat
NPM : 1307230130
Judul T.Akhir : Analisa Modal Pada Poros Engkol 4 Silinder Kendaraan Ringan.

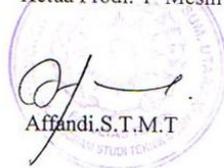
Dosen Pembimbing – I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembimbing – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ②. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
.....
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 13 Jum.Awal 1440H
19 Januari 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Affandi.S.T.M.T


Dosen Pemanding- II

Chandra A Siregar.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

"Analisa Modal Pada Poros Engkol 4 Silinder Kendaraan Ringan"

Nama : Yasir Arafat
NPM : 1307230130

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar
Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis S.T., M.T.

No	Hari/ tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	4/09/2018	Perbaiki bab 1 dan 2	
2.	15/09/2018	Lengkap bab 3	
3.	13/10/2018	Perbaiki bab 3	
4.	16/10/2018	Lengkap bab 4	
5.	15/12/2018	Perbaiki bab 4	
		Perbaiki II lanjut	
6.	28/12/2018	Perbaiki ukuran tulisan ACC Seminar	

All Seminar





MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Eks menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI

TUGAS SARJANA

NAMA : Yasir Arafat

NPM : 1307230130

PEMBIMBING I : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

PEMBIMBING II : Sudirman Lubis, S.T., M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	9/9/18	perbaiki bab 1 & bab 2	
	15/9/18	lengkap bab 2	
	22/9/18	perbaiki bab 3	
	29/9/18	lengkap bab 3	
	6/10/18	perbaiki bab 4	
	13/10/18	lengkap bab 4	
	20/10/18	lengkap Pemb II	
		Perbaiki Jurnal (Sous) kalsan	
		Perbaiki Uraian	
		All	
		All Semesta	

ABSTRAK

Penulisan tugas sarjana ini membahas tentang analisa tegangan pada poros engkol mesin xenia 1300cc 1NR dengan variasi diameter bantalan jalan, penelitian ini dilakukan karena perkembangan transportasi di indonesia sangat pesat salah satunya kendaraan ringan yaitu mobil, teknologi mesin mobil saat ini tidak terlepas dari peran salah satu elemen mesin yaitu poros engkol atau crankshaft menjadi satu komponen utama dalam satu mesin pembakaran 4 tak, oleh karena itu poros engkol menjadi pusat pada setiap gerakan piston. Pada umumnya poros engkol berbahan besi cor harus dapat menampung momen inersia yang dihasilkan oleh gerakan naik turun piston. Sehingga fungsi utama dari poros engkol mengubah gerak putar menjadi gerak naik turun piston untuk menghasilkan sebuah tenaga. Dan adapun rumusan masalahnya adalah bagaimana menganalisa struktur poros engkol dengan menggunakan program simulasi Ansys dengan variasi diameter bantalan jalan dari ketiga model poros engkol yang di desain. Serta penelitian ini bertujuan untuk mencari total deformasi dan tegangan maksimal dari ketiga model poros engkol yang di desain. Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga atau simulasi software Ansys. Adapun sumber data yang digunakan berasal dari jurnal-jurnal dan buku-buku serta situs internet yang membahas tentang analisa modal dan poros engkol. Berdasarkan analisa dan simulasi yang dilakukan diperoleh data bahwa model poros engkol dengan diberi beban 2800N pada poros engkol model ke 3 dengan diameter bantalan jalan 36mm memiliki nilai total deformasi yang paling rendah begitu juga dengan nilai tegangan pada eqivalen stress yang didapat dari pengujian ketiga model poros engkol tersebut dan dapat diartikan nilai total deformasidan

tegangan ekuivalen berbanding lurus, dapat disimpulkan bahwa model poros engkol yang berdiameter bantalan jalan paling kecil memiliki perubahan total deformasi dan ekuivalen stress paling kecil.

Kata kunci : poros engkol , tegangan , ansys

ABSTRACT

Writing assignment These scholars discusses stress analysis on the engine crankshaft xenia 1300cc 1NR with diameter variation way bearing, the study was conducted for the development of transportation in Indonesia is very rapid one light vehicles, namely automobiles, technology car engine today is inseparable from the role of one of the elements namely the engine crankshaft or crankshaft become a key component of the internal combustion engine 4 stroke, therefore crankshaft into the center at every movement of the piston. In general, made of cast iron crankshaft should be able to accommodate the inertia generated by the up and down movement of the piston. So that the main function of the crankshaft to change the rotational movement into the piston up and down motion to generate a power. And as for the formulation of the problem is how to analyze the structure of the crankshaft using Ansys simulation program with a variation in the diameter of the three models bearing the crankshaft in the design. As well as this study aims to find the total deformation and the maximum stress of the three models crankshaft in the design. This study using the finite element method or Ansys simulation software. The source of the data used comes from the journals and books and Internet sites that discuss the analysis of capital and crankshaft. Based on the analysis and the simulation data showed that the model of the crankshaft with a given load 2800N crankshaft models to 3 in diameter bearing the 36mm has a total value of deformation of the lowest as well as the value of the stress on the equivalence of stress derived from testing three models of the crankshaft and means the total value equivalence deformasidan stress is proportional, it can be

concluded that the model-diameter crankshaft bearings smallest roads have a total change of deformation and stress smallest equivalence.

Keywords: crankshaft, stress, ANSYS

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmtullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kita kepada Allah SWT atas segala berkat dan rahmat yang telah diberikan sehingga selesainya penelitian dan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “Analisa Modal Pada Poros Engkol 4 Silinder Kendaraan Ringan” dengan baik.

Penelitian dan penulisan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan menjadi Sarjana Teknik Mesin.

Banyak pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penulisan laporan tugas akhir ini , maka diucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak munawar alfansury siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UMSU yang memberi dukungan dengan dilaksanakan penelitian penulisan laporan ini.
2. Bapak Affandi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin UMSU yang memberi dukungan untuk dilaksanakan penelitian dan penulisan laporan.
3. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar selaku dosen pembimbing I yang memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Sudirman Lubis S.T., M.T selaku dosen pembimbing II yang memberikan bimbingan demi sempurnanya tugas akhir ini.
5. Untuk kedua orang tua yang tercinta atas doa dan dorongan baik material maupun spritual sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
6. Terima kasih buat teman,sahabat yang selalu membantu memberikan semangat untuk melanjutkan tugas akhir .
7. Teman-Teman A3 malam fakultas teknik mesin yang telah mendukung dan memberi saran serta semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Dan semua pihak yang tidak disebutkan satu per satu , yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna , oleh karena itu mohon maaf

dan mengucapkan terima kasih atas segala bentuk saran dan kritik yang sifatnya membangun untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamualaikum Warahmtullahi Wabarakatuh.

Medan, 10 Oktober 2018

Penulis

YASIR ARAFAT

1307230130

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	<i>v</i>
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Poros Engkol	4
2.2. Rekam Jejak Penelitian	6
2.3. Perencanaan	13
2.4. Rumus Tegangan dan Regangan	15
2.4.1. Tegangan	15
2.4.2. Tegangan Von Mises	15
2.5. Metode Element Hingga	19

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Tempat Dan Waktu	21
3.2. Data Survei	22
3.2.1 Spesifikasi Mesin Daihatsu Xenia	22
3.2.2. Material Komponen Poros Engkol	23
3.3. Peralatan Penelitian	23
3.3.1. Work Station	23
3.3.2. Software Autodesk Inventor	23
3.3.3. Software Ansys	24
3.4. Tahap Menggambar Poros Engkol	24
3.4.1. Tampilan Awal Inventor	25
3.4.2. Memilih New	25
3.4.3. Memilih New Metrick	26
3.4.4. Memilih Sumbu YZ	26
3.4.5. Membuat Circle	27
3.4.6. Membuat Extusion	27
3.4.7. Membuat Poros dan Bantalan	28
3.4.8. Membuat Bantalan Balance	28
3.4.9. Hasil Gambar Poros	29
3.5. Diagram Alir	30
3.6. Penjelasan Diagram Alir	31
3.7. Tahap Menggunakan Ansys	32
3.7.1. Tampilan Awal Workbanch	32
3.7.2. Menentukan Analisis System	32

3.7.3. Engineering Data	33
3.7.4. Menentukan Geometry	33
3.7.5. Input Gambar Poros Engkol	34
3.7.6. Simulasi Ansys Static	35
3.7.7. Meshing	35
3.7.8. Force dan Fixed Support	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Hasil force dan fixed Suport Pada Poros Engkol	37
4.2. Hasil Gambar Poros Engkol	37
4.3. Hasil Pembahasan Deformasi Total Simulasi Statik	38
4.4. Hasil Grafik Simulasi Pada Total Deformasi	40
4.5. Hasil Pembahasan Equivalent Stress	40
4.6. Hasil Grafik Dari Simulasi pada Equivalent Stress	42
4.7. Tabel Hasil Pengujian Static Struktural	43
4.8. Hasil Modal Analisis	44
4.9. Hasil Grafik Simulasi Maksimal Frekuensi	46
4.10. Hasil Grafik Simulasi Maksimal Modal	46
4.11. Tabel Hasil Pengujian Analisa Modal	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Model Crankthrow	8
Gambar 2.2. Model FEA Crankshaft dengan fine mesh di daerah fillet	10
Gambar 2.3. The meshed finite element model	12
Gambar 2.4. Simulasi Crankshaft pada Ansys	13
Gambar 2.5. Pembebanan Pada Persegi Empat	16
Gambar 2.6, Pembebanan Tarik	17
Gambar 2.7. Pembebanan Tekan	17
Gambar 2.8. Pembebanan Tegangan Bengkok	17
Gambar 2.9. Pembebanan Mengakibatkan Tegangan Geser	18
Gambar 3.1. Tampilan Awal Inventor	25
Gambar 3.2. Memilih New	25
Gambar 3.3. Memilih New Metrik Standard	26
Gambar 3.4. Pilih Sumbu YZ plane	26
Gambar 3.5. Membuat Circle	27
Gambar 3.6. Membuat Extrusion	27
Gambar 3.7. Membuat Poros	28
Gambar 3.8. Membuat Bantalan Balance	28
Gambar 3.9. Hasil Gambar Poros Engkol	29
Gambar 3.10. Diagram Alir	30
Gambar 3.11. Tampilan Awal Workbench 15	32
Gambar 3.12. Jendela Kerja Modal Analisis	32

Gambar 3.13. Engineering Data	33
Gambar 3.14. Memilih Geometri	34
Gambar 3.15. Geometri selesai di import	34
Gambar 3.16. Gambar Poros engkol dengan Inventor	35
Gambar 3.17. Geometry Ansys Static Struktural	35
Gambar 3.18. Meshing	36
Gambar 3.19. Letak Force dan Fixed Support	36
Gambar 4.1. Hasil Force dan Fixed Support	37
Gambar 4.2. Dimensi Poros Engkol 1200 cc	37
Gambar 4.3. Dimensi Poros Engkol 1300 cc	38
Gambar 4.4. Dimensi Poros Engkol 1500 cc	38
Gambar 4.5 Total Deformasi Pada Poros Engkol 1200 cc	39
Gambar 4.6.Total Deformasi Pada Poros Engkol 1300 cc	39
Gambar 4.7.Total Deformasi Pada Poros Engkol 1500 cc	40
Gambar 4.8. Hasil Grafik Dari Simulasi Total Deformasi	40
Gambar 4.9. Equivalent Stress Pada Poros Engkol 1200 cc	41
Gambar 4.10. Equivalent Stress Pada Poros Engkol 1300 cc	41
Gambar 4.11. Equivalent Stress Pada Poros Engkol 1500 cc	42
Gambar 4.12. Hasil Grafik dari simulasi pada Equivalent Stress	42
Gambar 4.13. Hasil Tabel Pengujian Static Struktural	43
Gambar 4.14. Hasil Modal Poros Engkol 1500 cc	44
Gambar 4.15. Hasil Modal Poros Engkol 1300 cc	45
Gambar 4.16. Hasil Modal Poros Engkol 1200 cc	45
Gambar 4.17.Hasil Grafik Maksimal Frekuensi	46

Gambar 4.18. Hasil Grafik Maksimal Modal	46
Gambar 4.19. Hasil Tabel Pengujian Modal Analisis	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan Poros Yang Umum Digunakan (Niemann, 1978)	16
Tabel 3.1 Skedjul Proses Penelitian	21
Tabel 3.2 Sfesifikasi Dan Model Mesin Daihatsu Xenia	22
Tabel 3.3 Klasifikasi Besi Cor Nodulur Menurut Standar JIS G 5502-1971	23
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Static Struktural	43
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Analisa modal	47

DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampian	(m ²)
E	= Modulus elastisitas	(N/mm ²)
ϵ	= Regangan	(N/mm ²)
σ	= Tegangan normal	(N/mm ²)
δ	= Total deformation	(mm ²)
δz	= Pertambahan panjang	(mm ²)
ΔL	= Pertambahan panjang	(mm ²)
L _o	= Panjang awal benda	(mm ²)
L _f	= Panjang akhir benda	(mm ²)
L	= Panjang poros	(mm ²)
L _z	= Panjang batang mula-mula	(mm ²)
F	= Gaya	(N)
g	= gravitasi	m/s ²
F _n	= gaya normal	m.g [N
m	= massabenda	Kg
σ_t	= tegangantarik	N/mm ²
σ_{tk}	= Tegangantekan	N/mm ²
T	= Tegangangeser	N/mm ²
T _t	= Tegangantarikbahan	N/mm ²
τ	= Tegangan geser	N/mm ²
σ_e	= Tegangan maksimal	(mm ²)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan sebuah aspek kehidupan yang harus terpenuhi mengikuti perkembangan tarap hidup manusia. Kemajuan teknologi diberbagai bidang kehidupan manusia terdorong oleh semakin kompleksnya kebutuhan manusia sehingga diharapkan penerapan teknologi dapat memberi banyak kemudahan dan manfaat bagi kehidupan manusia. Di samping itu, permintaan manusia selalu berubah-ubah dan keinginan manusia yang tidak terbatas menyebabkan para peneliti semakin gencar melakukan inovasi karya ciptanya, sehingga semakin efektif dan efisien serta memenuhi kebutuhan manusia.

Salah satu bidang teknologi yang kemajuannya cukup pesat dan ditunjang dengan permintaan pasar yang tinggi adalah teknologi otomotif khususnya kendaraan ringan yaitu mobil. Teknologi mesin mobil saat ini, tidak terlepas dari peran salah satu elemen mesin yaitu poros engkol. Pada sebuah mobil, Crankshaft/Poros engkol menjadi suatu komponen utama dalam suatu mesin pembakaran dalam. Crankshaft menjadi pusat poros dari setiap gerakan piston. Pada umumnya crankshaft berbahan besi cor karena harus dapat menampung momen inersia yang dihasilkan oleh gerakan naik turun piston. Sehingga fungsi utama dari crankshaft adalah mengubah gerakan naik turun yang dihasilkan oleh piston menjadi gerakan memutar yang nantinya akan diteruskan ke transmisi. Crankshaft harus terbuat dari bahan yang kuat dan mampu menahan beban atau momen yang kuat karena crankshaft harus menerima putaran mesin yang tinggi.

Berbagai metode analisis tegangan untuk keperluan perancangan elemen mesin telah banyak tersedia, salah satunya adalah metode elemen hingga. Metode elemen hingga telah membuktikan kehandalannya dalam memecahkan persoalan-persoalan dibidang mekanika. Bahkan dalam perkembangan yang terakhir, masalahmasalah perpindahan panas, mekanika fluida, maupun getaran dapat dengan mudah diselesaikan dengan menggunakan metode elemen hingga (Rohman, Okariawan, & Zainuri, 2012).

Seiring dengan perkembangan teknologi komputer yang sangat pesat khususnya bidang software, mempengaruhi perkembangan software analisis tegangan berbasis metode elemen hingga. Salah satu perangkat lunak komputer yang dapat membantu dalam proses analisis tegangan dengan metode elemen hingga adalah *software* ANSYS. Penerapan perangkat lunak komputer pada permasalahan perancangan elemen mesin diharapkan meningkatkan kualitas dan keakuratan hasil analisis. Di samping itu, dapat mengurangi waktu analisis yang mempengaruhi nilai ekonomis elemen mesin yang dirancang. Dalam penelitian ini dilakukan analisis modal pada poros engkol 4 silinder kendaraan ringan Daihatsu Xenia menggunakan *software* ANSYS 15.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah ini adalah bagaimana menganalisa modal pada poros engkol 4 silinder kendaraan ringan. Dengan menggunakan *software* ANSYS dapat membantu dalam proses analisis tegangan menggunakan prinsip metode elemen hingga.

1.3. Ruang Lingkup

Untuk mempermudah penelitian maka dilakukan pembatasan masalah dan asumsi-asumsi. Adapun pembatasan masalah dan asumsi tersebut sebagai berikut :

1. Mendesain poros engkol yang sudah direncanakan.
2. Menetapkan proses simulasi tegangan pada poros engkol menggunakan *software* ANSYS.
3. Menganalisa modal yang terjadi pada poros engkol kendaraan ringan dengan variasi geometri .

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk memilih 3 poros engkol dari 1 manufaktur yang digunakan pada kendaraan ringan.
2. Untuk menggambar dan memodelkan 3 posors engkol.
3. Untuk menganalisa modal pada 3 poros engkol menggunakan *software* finite element (ANSYS).
4. Untuk mengevaluasi tegangan dengan variasi geometri .

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan informasi ilmiah tentang simulasi tegangan pada sebuah poros engkol mesin kendaraan ringan yang dapat dijadikan sebagai rujukan untuk penelitian dibidang yang berkaitan.
2. Sebagai pengembangan teknologi bahan/material elemen mesin pada mesin-mesin otomotif.
3. Sebagai rujukan pemanfaatan perangkat lunak ANSYS dalam menyelesaikan persoalan-persoalan engineering bagi mahasiswa Teknik Mesin.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Poros Engkol

Poros Engkol adalah sebuah bagian pada mesin yang mengubah gerak vertical/horizontal dari piston menjadi gerak rotasi (putaran). Untuk mengubahnya, sebuah crankshaft membutuhkan pena engkol (*crankpin*), sebuah bearing tambahan yang diletakkan di ujung batang penggerak pada setiap silindernya. Ruang engkol (*crankcase*) akan dihubungkan ke roda gila (*flywheel*) atau roda mobil sehingga mobil bisa bergerak.

Posisi crankshaft berada antara blok mesin bagian bawah dengan oil pan. Crankshaft menjadi pusat dari putaran mesin. Putaran dari Crankshaft biasa diteruskan lagi tidak hanya ke transmisi, namun juga ke camshaft lewat timing belt atau timing gear atau timing chain karena memiliki putaran timing yang serupa dengan pembukaan valve. Selain itu putaran dari crankshaft juga biasa diteruskan untuk memutar kompresor AC dan juga pompa power steering. Namun pada mobil-mobil canggih saat ini, biasanya kompresor AC dan pompa power steering mendapat tenaga dari listrik yang dihasilkan mobil, sehingga tidak membebani (mengurangi) tenaga mesin.

Poros engkol terpasang dibagian bawah pada blok silinder. Poros engkol disebut juga dengan crank shaft. Pada mesin, crank shaft atau poros engkol ini memiliki kegunaan yang sangat vital. Poros engkol berfungsi untuk mengubah gerak naik turun piston menjadi gerak putar dengan perantara connecting rod, gerak ini pada akhirnya juga menggerakkan roda penerus (*fly wheel*). Piston menerima tenaga hasil pembakaran, dan tenaga ini akan diteruskan oleh *connecting rod* yang selanjutnya akan dirubah menjadi gerak putar oleh poros engkol. Tenaga yang sudah dirubah menjadi gerak putar ini, otomatis akan menggerakkan *fly wheel*. Karena *fly wheel* berhubungan langsung dengan poros engkol ini. Bagian batang torak yang berhubungan dengan piston adalah small end. Sedangkan bagian batang torak (*connecting rod*) yang berhubungan dengan poros engkol disebut dengan big end.

Selain mengubah gerak bolak balik piston menjadi gerak putar, poros engkol juga menerima beban dan tekanan yang sangat tinggi dari hasil pembakaran oleh piston untuk itu poros engkol haruslah terbuat dari bahan yang sangat kuat dan tahan lama. Poros engkol berfungsi mengubah gerak turun naik piston melalui batang piston untuk selanjutnya dirubah menjadi gerak putar, tenaga inilah yang dipakai kendaraan untuk bisa berjalan. Poros engkol menerima beban yang berat selama beroperasi, dengan alasan ini maka poros engkol dibuat dari bahan baja carbon khusus sehingga memiliki daya tahan tinggi. Crank pin terpasang tidak segaris dengan poros, oleh karena itu poros engkol perlu ditambahkan counterbalance weight untuk menghindari getaran selama mesin berputar.

Fungsi poros engkol adalah untuk mengubah gerak naik turun piston (torak) menjadi gerak putar yang akhirnya dapat menggerakkan roda gila (*fly wheel*). Tenaga yang dipergunakan untuk menggerakkan roda kendaraan dihasilkan pada oleh hasil pembakaran (langkah usaha), kemudian hasil pembakaran ini dapat menggerakkan torak, kemudian melalui batang torak dan dirubah menjadi gerakan putar oleh poros engkol atau crankshaft.

Poros engkol menerima beban yang sangat besar dari piston (torak) dan *connecting rod*, ditambah dengan cara kerjanya yang bekerja pada kecepatan tinggi. Dengan alasan tersebut, maka poros engkol biasanya dibuat dari baja karbon dengan tingkatan dan daya tahan yang tinggi, dan dibuat dari bahan yang berkualitas tinggi. *Crankshaft* ini akan menerima tenaga atau beban yang sangat besar, selain itu juga poros engkol berputar dengan kecepatan yang sangat tinggi, maka dari itulah poros engkol harus terbuat dari bahan yang berkualitas. Persyaratan bahan pembuat poros engkol antara lain :

- a. Kuat, tahan terhadap pembebanan yang berubah-ubah
- b. Permukaan pada bantalan harus tahan terhadap tekanan tinggi dan keausan

Umumnya poros engkol terbuat dari baja karbon dengan tingkatan dan daya tahan yang sangat baik.

2.2. Rekam Jejak Penelitian

Menjelaskan tentang evaluasi kegagalan dalam mekanis crankshafts mobil berdasarkan ahli pendapat. Dalam studi ini, kegagalan crankshaft mekanik untuk mobil yang dievaluasi berdasarkan pendapat para ahli. Hal ini dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dengan menggunakan teknik berdasarkan wawancara lisan dan administrasi kuesioner pada kegagalan mekanik dari poros engkol dari para ahli yang bekerja di bidang pemeliharaan mobil dan poros engkol rekondisi. Data yang dikumpulkan dianalisis dengan menggunakan metode statistik berdasarkan probabilitas. Dengan teknik ini, kemungkinan kegagalan untuk setiap kategori mobil yaitu pribadi, mobil komersial dan bus dievaluasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa mobil pribadi memiliki tingkat kegagalan terendah di tahap awal sementara bus komersial memiliki tingkat kegagalan tertinggi. Pada periode kemudian semua kategori poros engkol mobil dianggap memiliki tingkat kegagalan mereka berkumpul terus dengan keandalan yang stabil. Penerapan 6-sigma alat perbaikan terus-menerus untuk proses menunjukkan peningkatan kehandalan lanjut melalui perbaikan sistem pelumasan minyak, terutama di bantalan dorong. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kampanye pencerahan diantara berbagai pemangku kepentingan dalam industri mobil akan meningkatkan pada pilihan crankshafts mekanik handal. Menurut (Kareem, 2015)

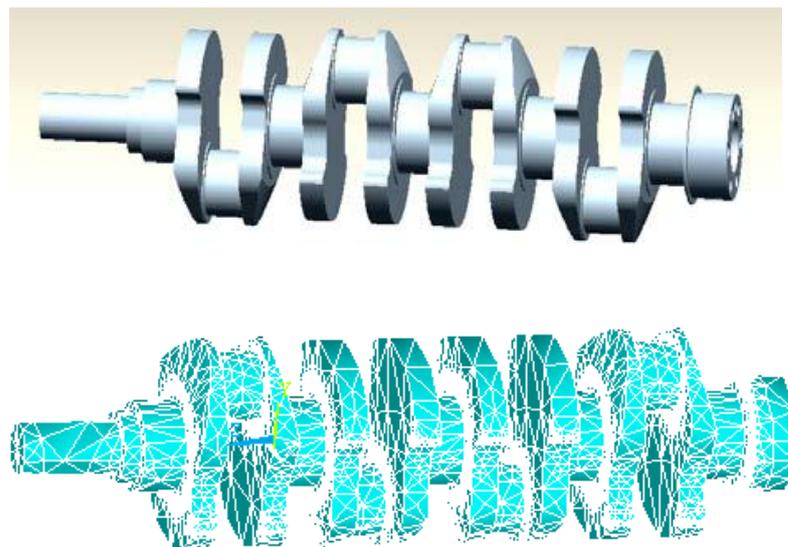
Kesimpulan dari studi ini bahwa kegagalan poros engkol dalam mobil adalah sebagian besar disebabkan oleh kebocoran minyak di mesin, *overloading*, misalignment, permukaan miskin finish, misassembling, miskin rekondisi bantalan dorong dan oli mesin tercemar. Produksi poros engkol dari bahan lokal yang bersumber, perbaikan pada pemeliharaan jalan, praktek perawatan yang baik dan mendidik para pengguna kendaraan di antara yang lain Langkah-langkah bisa mengurangi kegagalan mekanis pada poros engkol. Selain itu, pihak berwenang atau lembaga pemantauan harus ditetapkan di jalur untuk memeriksa produksi, distribusi dan penjualan oli mesin berkualitas, untuk mencegah pemalsuan minyak. yang berwenang harus di tempat untuk memastikan bahwa kendaraan yang layak jalan sebelum telah diizinkan untuk berada di jalan. Jika langkah-langkah yang tercantum di atas dan rekomendasi ditaati, kegagalan crankshaft bisa

dikurangi sangat. Daerah lain perbaikan adalah program pencerahan seperti pelatihan, pendidikan dan mempertahankan struktur upgrade yang diarahkan memerangi kegagalan mobil *crankshaft*. Itu menyatakan langkah-langkah perbaikan antara lain diringkas menjadi ditingkatkan inovasi sistem otomotif di aspek minyak sistem pelumasan dan pemeliharaan. Aplikasi statistik berdasarkan Bayes probabilitas lebih lanjut menunjukkan bahwa ada kamar untuk peningkatan kehandalan crankshaft bawah platform 6-sigma. The temuan-temuan umum menunjukkan bahwa kemajuan teknologi telah membawa perbaikan ke mobil crankshaft keandalan atas itu tahun. Efek dari bervariasi (kelas) usia dan jarak tertutup oleh kendaraan pada kegagalan mekanis dari poros engkol yang baik daerah penelitian yang akan melihat ke depan. Hipotesis penting untuk diuji dalam studi tersebut untuk menentukan apakah (kelas) usia dan / atau jarak tertutup oleh kendaraan sebelum layanan dapat mempengaruhi kegagalan crankshaft secara signifikan atau tidak bisa secara signifikan mempengaruhinya. Itu hasil yang diharapkan dari studi akan menunjukkan tingkat dan kondisi di mana usia kendaraan dan / atau jarak ditutupi sebelum layanan akan berfungsi sebagai dominasi kegagalan crankshaft.

Menjelaskan tentang Analisis Elemen terbatas 4-Cylinder Diesel Poros engkol. Analisis tegangan dan analisis modal dari crankshaft 4-silinder yang dibahas dengan menggunakan metode elemen hingga dalam makalah ini. model tiga-dimensi mesin 480 diesel crankshaft dan crankthrow dibuat menggunakan Pro / ENGINEER perangkat lunak analisis elemen hingga (FEM) Perangkat lunak ANSYS digunakan untuk menganalisis modal getaran dan distorsi dan stres status deformasi maksimum crankthrow. The, stres maksimum titik dan berbahaya daerah ditemukan oleh analisis stres crankthrow. Hubungan antara frekuensi dan modal getaran dijelaskan oleh analisis modal dari crankshaft. Hasil akan memberikan landasan teoritis yang berharga untuk optimasi dan perbaikan desain mesin. Menurut (Meng, 2011)

Hal ini diperlukan untuk menyederhanakan model dalam analisis stres crankshaft menggunakan software ANSYS. Karena struktur crankshaft 480 disel simetris dan semua crankthrow identik, satu crankthrow Model, satu-setengah Model crankthrow dan model crankthrow seperempat dapat digunakan untuk

menghitung kekuatan statis bukan model crankshaft seluruh. Tiga model yang setara dalam menghitung kekuatan statis 480 diesel crankshaft, dan model crankthrow seperempat menggunakan sumber daya paling sedikit komputer. Tapi besar stres dan stres gradien muncul di model bagian seperempat. Fenomena ini akan menyebabkan ketidak-tepatan hasil simulasi. Dalam tulisan ini, satu model crankthrow digunakan untuk menghitung kekuatan statis crankshaft. Model ini dibuat oleh perangkat lunak Pro / ENGINEER (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Model *Crankthrow* (Meng 2011)

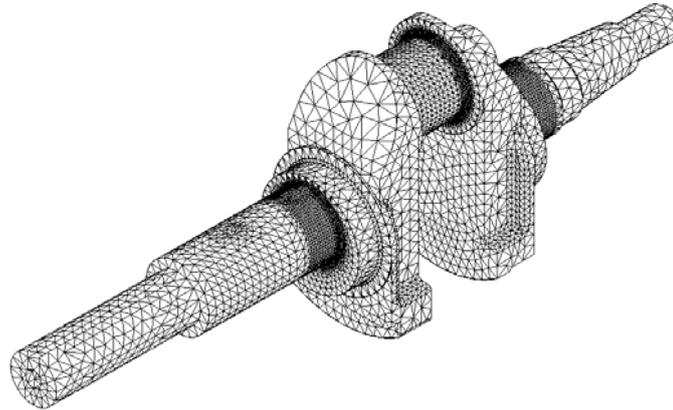
Dalam tulisan ini, model crankshaft dan crankthrow modal diciptakan oleh Pro / ENGINEER perangkat lunak. Maka model yang dibuat oleh pro / Insinyur diimpor ke software ANSYS. Deformasi maksimum muncul di tengah permukaan leher crankpin. Tegangan maksimum muncul di fillet antara jurnal crankshaft dan pipi engkol, dan dekat point.journal pusat. Tepi jurnal utama adalah daerah stres yang tinggi. Deformasi crankshaft terutama membungkuk deformasi bawah frekuensi yang lebih rendah. dan deformasi maksimum terletak di link antara jurnal bearing utama dan crankpin dan pipi engkol. Jadi daerah ini prone muncul kelelahan retak lentur. Berdasarkan hasil, kita dapat meramalkan kemungkinan saling interferensi antara crankshaft dan bagian lain. Resonansi getaran sistem

dapat dihindari secara efektif dengan desain struktur yang tepat Hasil memberikan dasar teoritis untuk mengoptimalkan desain dan kelelahan perhitungan kehidupan.

Melakukan Pemodelan dan Analisis Crankshaft Menggunakan ANSYS Software. Crankshaft besar komponen volume produksi dengan geometri yang kompleks di Internal Combustion (IC) Mesin. Ini mengubah perpindahan reciprocating dari piston dalam sebuah gerakan berputar dari engkol. Dilakukan usaha dalam makalah ini untuk mempelajari analisis statis pada crankshaft dari silinder tunggal 4-stroke IC mesin. Pemodelan crankshaft dibuat menggunakan CATIA V5-Software. analisis elemen hingga (FEA) dilakukan untuk mendapatkan variasi tegangan pada lokasi kritis poros engkol menggunakan software ANSYS dan menerapkan kondisi batas. Kemudian hasilnya ditarik Von-misses stres diinduksi dalam crankshaft adalah 15.83Mpa dan tegangan geser diinduksi di crankshaft adalah 8.271Mpa. Hasil Teoritis diperoleh von-misses stres adalah 19.6Mpa, tegangan geser adalah 9.28Mpa. Validasi model dibandingkan dengan teoritis dan FEA hasil Von-misses stres dan tegangan geser berada dalam batas-batas. Selanjutnya dapat diperpanjang untuk bahan yang berbeda dan analisis dinamis, optimalisasi poros engkol. Menurut (Jayachandraiah, 2013)

Melakukan penelitian tentang Analisis Load dan Stress sebuah Crankshaft. Dalam penelitian ini simulasi dinamis dilakukan pada crankshaft dari mesin tak single cylinder empat. analisis elemen hingga dilakukan untuk memperoleh variasi besarnya stres di lokasi kritis. Diagram tekanan-volume yang digunakan untuk menghitung kondisi batas beban dalam model simulasi dinamis, dan input simulasi lainnya diambil dari grafik spesifikasi mesin. Analisis dinamis dilakukan secara analitis dan diverifikasi oleh simulasi di ADAMS yang mengakibatkan spektrum beban diterapkan untuk engkol pin bantalan. Beban ini diterapkan pada model FE di ABAQUS (Gambar 2.2), dan kondisi batas yang diterapkan sesuai dengan kondisi engine mounting. Analisis dilakukan untuk kecepatan mesin yang berbeda dan sebagai akibat kecepatan mesin kritis dan daerah kritis di crankshaft diperoleh. variasi stres selama siklus mesin dan efek beban torsional dalam analisis diselidiki. Hasil dari analisis FE diverifikasi oleh strain gages melekat ke beberapa lokasi di crankshaft. Hasil yang dicapai dari analisis tersebut dapat

digunakan dalam perhitungan umur kelelahan dan optimalisasi komponen ini. Menurut (Montazersadgh & Fatemi, 2007)



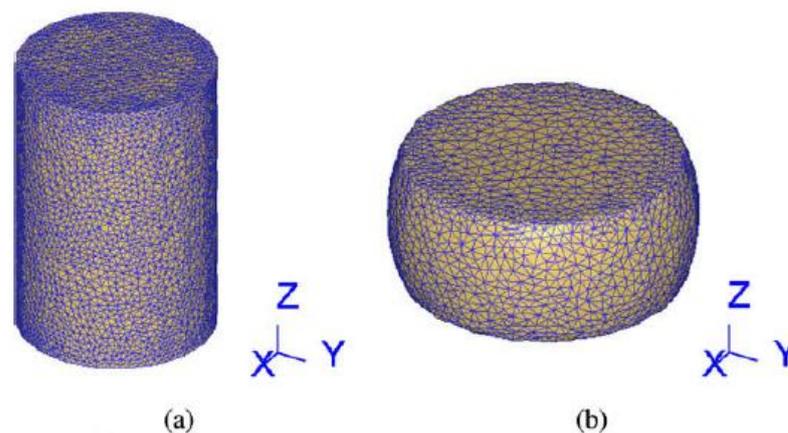
Gambar 2.2. Model FEA crankshaft dengan fine mesh di daerah fillet
(Montazersadgh & Fatemi, 2007)

Melakukan studi pada proses pemanasan untuk menempa sebuah crankshaft otomotif dalam hal efisiensi energi. Parameter proses optimasi, strategi pemanas yang tepat, dan praktis panas isolasi adalah cara efektif untuk meningkatkan efisiensi energi dari pemanasan induksi. Karakteristik yang tidak pantas dari arus sistem pemanas induksi in-line adalah kerugian panas yang disebabkan oleh radiasi dan konveksi antara pemanas. Oleh karena itu, sistem isolasi merupakan solusi yang efektif untuk mengurangi tesis kerugian termal. Hasil yang diperoleh dari model analitis dari perpindahan panas menunjukkan bahwa menggunakan isolasi meliputi di ruang terbuka antara pemanas yang berdekatan dari sistem pemanas induksi in-line sekitar dapat mengurangi 9% dari kerugian panas dibandingkan dengan energi yang tersimpan dalam benda kerja. Menurut (Park & Dang, 2013)

Ketika efisiensi termal meningkat, rekonfigurasi parameter proses pemanasan diperlukan. Untuk efisiensi elektromagnetik dan thermal yang lebih baik, termasuk tegangan dan frekuensi, dilakukan dengan menggunakan desain eksperimen dan meta-model. Sebuah strategi pemanas baru juga diusulkan untuk fleksibilitas pemanasan yang lebih tinggi dan lebih baik panas efisiensi. Melalui hasil penelitian, ditemukan bahwa sekitar tambahan 6% dari energi bisa diselamatkan dengan optimasi parameter proses. Optimasi dalam hubungannya dengan kombinasi pendekatan analitis dan praktis diterapkan pada proses

pemanasan dari penempaan panas dari crankshaft otomotif memberikan kontribusi bagi kelangsungan dan perkembangan industri otomotif. Namun, pekerjaan ini dimulai dengan teknik simulasi karena komplikasi dari sistem manufaktur, kondisi penjadwalan situs demo, dan biaya eksperimental. Yang asli eksperimen fisik dan pelaksanaan pekerjaan ini di situs demo akan bekerja lebih lanjut untuk membandingkan dan memverifikasi hasil simulasi dan praktis.

Melakukan simulasi numerik untuk stress/distribusi tegangan dan evolusi struktur mikro baja 42CrMo selama proses pemanasan yang diatur. Berdasarkan hasil eksperimen, model matematika rekristalisasi dinamis 42CrMo baja berasal. Efek dari tingkat ketegangan pada strain /distribusi tegangan dan evolusi struktur mikro di 42CrMo baja selama proses pemanasan disimulasikan dengan mengintegrasikan digabungkan model elemen finite termo-mekanis (Gambar 2.3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa deformasi spesimen homogen, dan derajat inhomogen deformasi menurun dengan meningkatnya tingkat regangan. Distribusi tegangan efektif dalam spesimen juga homogen, dan lokus dari tegangan efektif maksimum perubahan dengan variasi tingkat regangan. Fraksi volume rekristalisasi dinamis menurun dengan meningkatnya tingkat regangan. Distribusi dari rekristalisasi butir dinamis homogen dalam spesimen cacat, dan ukuran rekristalisasi butir rata-rata dinamis menurun karena tingkat ketegangan meningkat. Sebuah perjanjian yang baik antara prediksi dan hasil eksperimen yang rekristalisasi dinamis model matematik yang berasal dapat berhasil dimasukkan ke dalam model finite elemen untuk memprediksi evolusi mikrostruktur dalam proses menjengkelkan panas untuk 42CrMo baja. Menurut (Chen, Lin, Chen, & Zhong, 2008)



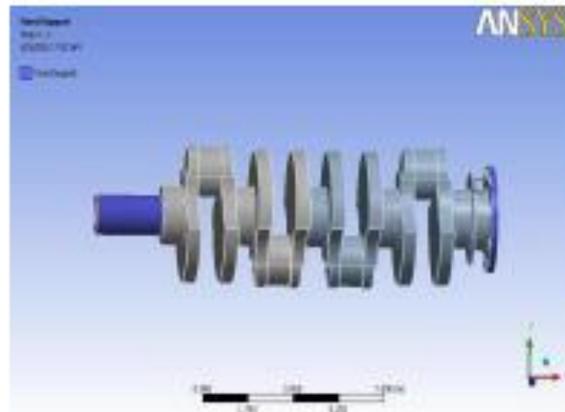
Gambar 2.3. The meshed finite element model: (a) initial billet (b) deformed block (Chen, Lin, Chen, & Zhong, 2008)

Analisa modal dari sistem berolasi menentukan eigenmodes dan nilai eigen. Nilai nilai ini dapat di tentukan dengan simulasi (eigen) atau percobaan (frekuensi alami dan bentuk modus) Eigen mode dan eigen digunakan untuk menyelidiki getaran struktur mekanik, untuk mendiagnosa arsitektur dan rekayasa kontruksi ini adalah salah satu metode dinamika dasar. Prinsip analisis modal didasarkan pada kemungkinan dekomposisi gerak asilasi untuk persial (juga modal, sendiri) bagian. Gerak yang dihasilkan oleh superposing tiap bagian dari osilasi ditandai dengan frekuensi sendiri eigen mode dan bentuk modus redaman yang sesuai penjelasan lengkap dari sistem mekanis dinamis di peroleh dengan menentukan sifat modal dari bagian yang dihasilkan Tujuan dari analisis modal adalah untuk menentukan frekuensi alami dan bentuk modus dari sistem (bagian). Menurut (Klimenda & Soukup, 2016)

Artikel kesepkatan dengan analisis modal dari isotropik alumunium tipis (AI 99,9) bagian pertama adalah teori analisis modal dan nilai eigen pada bagian kedua teori analisis modal berasal. Teori ini di tetapkan dari solusi numerik dari piringan isotropik tipis solusinya dilakukan dalam program ANSYS

Melakukan analisa dan optimalisasi crankshaft menggunakan FEM. Analisis modal dari crankshaft 4-silinder dibahas dengan menggunakan metode elemen hingga dalam makalah ini. Analisis dilakukan pada dua bahan yang berbeda yang didasarkan pada komposisi mereka. model tiga-dimensi mesin diesel crankshaft dibuat menggunakan Pro / ENGINEER software. Analisis elemen hingga (FEM) perangkat lunak ANSYS digunakan untuk menganalisis modal getaran poros

engkol (Gambar 2.4). Titik tegangan maksimum dan daerah berbahaya ditemukan oleh analisis deformasi crankshaft. Hubungan antara frekuensi dan modal getaran dijelaskan oleh analisis modal dari crankshaft. Hasil akan memberikan landasan teoritis yang berharga untuk optimasi dan perbaikan desain mesin. Menurut (Deshbhratar & Suple, 2012)



Gambar 2.4. Simulasi crankshaft pada ANSYS (Deshbhratar & Suple, 2012)

Dalam tulisan ini, model crankshaft dibuat dengan Pro / ENGINEER perangkat lunak. Maka model yang dibuat oleh pro / Insinyur diimpor ke software ANSYS. Deformasi maksimum muncul di tengah permukaan crankshaft. Tegangan maksimum muncul di fillet antara jurnal crankshaft dan pipi engkol, dan dekat titik pusat. jurnal. Tepi jurnal utama adalah daerah stres yang tinggi. Deformasi crankshaft terutama membungkuk deformasi bawah frekuensi yang lebih rendah. Dan deformasi maksimum terletak di link antara jurnal bearing utama dan crankpin dan pipi engkol. Jadi daerah ini prone muncul kelelahan retak lentur. Berdasarkan hasil, kita dapat meramalkan kemungkinan saling interferensi antara crankshaft dan bagian lain. Resonansi getaran sistem dapat dihindari secara efektif dengan desain struktur yang tepat.

2.3. Perencanaan

Hal-hal penting dalam perencanaan poros sebagai berikut ini perlu diperhatikan :

3.1.1. Kekuatan poros

Poros transmisi akan menerima beban puntir (*twisting moment*), beban lentur (*bending moment*) ataupun gabungan antara beban puntir dan lentur. Dalam perancangan poros perlu memperhatikan beberapa faktor, misalnya : kelelahan, tumbukan dan pengaruh konsentrasi tegangan bila menggunakan poros bertangga ataupun penggunaan alur pasak pada poros tersebut. Poros yang dirancang tersebut harus cukup aman untuk menahan beban-beban tersebut.

3.1.2. Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup aman dalam menahan pembebanan tetapi adanya lenturan atau defleksi yang terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktekelitian (pada mesin perkakas), getaran mesin (*vibration*) dan suara (*noise*). Oleh karena itu disamping memperhatikan kekuatan poros, kekakuan poros juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan jenis mesin yang akan ditransmisikan dayanya dengan poros tersebut.

3.1.3. Putaran kritis

Bila putaran mesin dinaikan maka akan menimbulkan getaran (*vibration*) pada mesin tersebut. Batas antara putaran mesin yang mempunyai jumlah putaran normal dengan putaran mesin yang menimbulkan getaran yang tinggi disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor bakar, motor listrik, dll. Selain itu, timbulnya getaran yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jadi dalam perancangan poros perlu mempertimbangkan putaran kerja dari poros tersebut agar lebih rendah dari putaran kritisnya.

3.1.4. Korosi

Apabila terjadi kontak langsung antara poros dengan fluida korosif maka dapat mengakibatkan korosi pada poros tersebut, misalnya propeller shaft pada pompa air. Oleh karena itu pemilihan bahan-bahan poros (plastik) dari bahan yang tahan korosi perlu mendapat prioritas utama.

3.1.5. Material poros

Poros yang biasa digunakan untuk putaran tinggi dan beban yang berat pada umumnya dibuat dari baja karbon dengan proses pengerasan kulit (*case hardening*) sehingga tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah baja

khrom nikel, baja khrom nikel molebdenum, baja khrom, baja khrom molibden, dll. Sekalipun demikian, baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan pembebanan yang berat saja. Dengan demikian perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis proses heat treatment yang tepat sehingga akan diperoleh kekuatan yang sesuai.

Tabel 2.1. Bahan poros yang umum digunakan (Niemann, 1978)

Nama ⁽²⁾	Kekuatan Tarik σ_B N/mm ²	Kekerasan HV(dapat dikeraskan sampai)	Kekuatan ⁽¹⁾		Kekuatan ⁽¹⁾	
			Tekuk berubah- rubah membesar N/mm ² σ_{bW}	Torsi berubah- rubah membesar N/mm ² σ_{bSch}	τ_{tW}	τ_{tSch}
St 42-2	B 420...500	115 (450)	220	360	150	180
St 50-2	B 500...600	135 (530)	260	420	180	210
St 60-2	B 600...720	165 (720)	300	470	210	230
St 70-2	B 700...850	190	340	520	240	260
C 22, Ck 22	V 500...650	150	280	490	190	250
C 35, Ck 35	V 590...740	140 (530)	330	550	230	300
C 45, Ck 45	V 670...820	170 (720)	370	630	260	340
25CrMo4	V 800...950	186 (610)	430	730	300	450
34Cr4	V 900...1100	229 (670)	480	810	330	550
C 15, Ck 15	E 500...650 ³	140 (840)	260	420	180	210
16MnCr5	E 800...1100 ³	210 (840)	390	670	270	430

2.4. Rumus Tegangan dan Regangan

Untuk tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan adalah beban dibagi luas penampang bahan dan strain adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan (Spotts, Terry E. Shoup, & Hornberger, 2004).

Equivalent stress :

$$\sigma = F/A \quad (2.1)$$

Equivalent strain :

$$\varepsilon = \Delta L / L \quad (2.2)$$

Hubungan antara stress dan strain dirumuskan :

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (2.3)$$

Total deformation :

$$\delta (\%) = [(L_f - L_0) / L_0] \times 100\% \quad (2.4)$$

Equivalen elastic strain :

$$\varepsilon = \Delta L / L \quad (2.5)$$

2.4.1. Tegangan

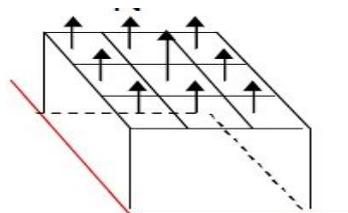
Tegangan adalah suatu ukuran intensitas pembebanan yang di nyatakan oleh gaya dan di bagi oleh luas di tempat gaya tersebut bekerja. Komponen tegangan pada sudut yang tegak lurus pada bidang di tempat kerjanya di sebut tegangan langsung dan merupakan tegangan tarik atau tensile (positif) atau tegangan tekan atau compressive (negatif). Secara umum tegangan dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

1. Tegangan Normal

Tegangan normal ialah tegangan yang disebabkan oleh gaya normal yaitu gaya yang arahnya tegak lurus terhadap bidang penampang.

$$F_n \quad m = \text{massa benda [kg]}$$

$$F_n = \text{gaya normal} = m \cdot g \text{ [N]} \quad g = \text{gravitasi [m/s}^2\text{]}$$



Gambar 2.5. Pembebanan Pada Persegi Empat (Niemann, 1978)

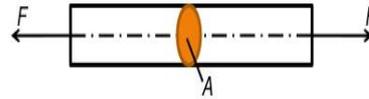
Tegangan normal dilambangkan dengan σ (sigma). Ada beberapa jenis tegangan normal yaitu : tegangan tarik, tegangan tekan, dan tegangan bengkok.

2. Tegangan Tarik

Tegangan tarik adalah gaya tarik yang ditahan oleh luasan penampang tarik. Biasanya dilambangkan dengan σ_t . Tegangan tarik ini selalu ditemukan dalam pemilihan bahan untuk perencanaan mesin.

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

σ_t = tegangan tarik (N/mm²)



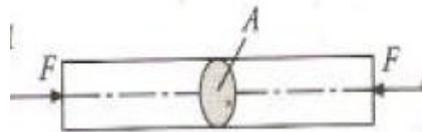
Gambar 2.6. Pembebanan Tarik (Niemann, 1978)

3. Tegangan Tekan

Pada prinsipnya adalah sama dengan tegangan tarik, tetapi yang membedakan adalah arah gaya yang menyebabkan tegangan yaitu berlawanan dengan arah gaya yang menyebabkan tegangan tarik.

$$\sigma_{tk} = \frac{F}{A} \quad (2.7)$$

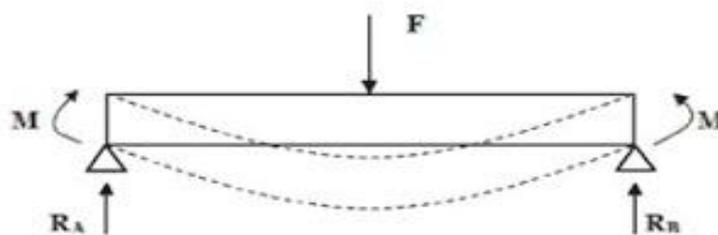
σ_{tk} = Tegangan tekan (N/mm²)



Gambar 2.7. Pembebanan Tekan

4. Tegangan Bengkok

Tegangan ini terjadi karena adanya pembebanan pada suatu jarak tertentu sehingga menimbulkan momen yang disebut momen bengkok. Sedangkan luasan yang menahan momen bengkok tersebut disebut momen tahanan bengkok. Besarnya tegangan bengkok adalah :



Gambar 2.8. Pembebanan Tegangan Bengkok (Niemann.G, dkk,1982)

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y} \quad (2.8)$$

$$\sigma_b = \frac{M}{I} \cdot y = \frac{M}{Z} \quad (2.9)$$

Dimana :

M = Momen Lentur σ_b = Tegangan tekan

y = lendutan balok I = momen inersia luas

Z = komponen orthogonal sebuah gaya

5. Tegangan Geser

Tegangan geser ditimbulkan gaya yang menyebabkan geseran persatuan luas geseran. Hal ini terjadi karena benda mendapat gaya melintang dan ditahan oleh suatu luasan. Untuk mengetahui besarnya tegangan geser yang mampu ditahan oleh suatu material dimana material tersebut diketahui kekuatan tariknya dapat dicari dengan persamaan :

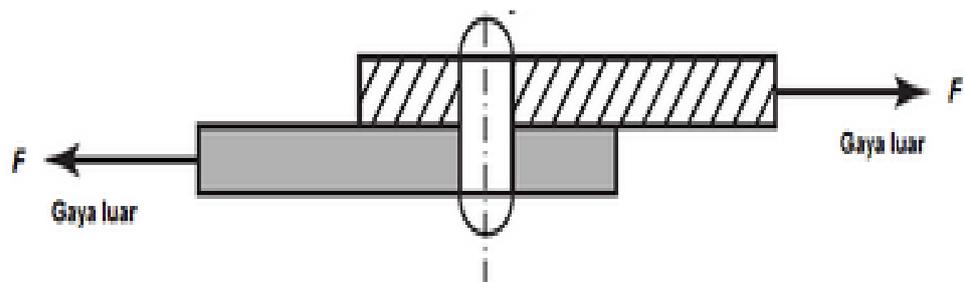
$$\tau = F / A \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (2.10)$$

tegangan geser diizinkan, $\tau_{izin} = (0,5 - 0,75) \tau$

Keterangan :

τ = Tegangan geser (N/mm²)

τ = Tegangan tarik bahan (N/mm²)



Gambar 2.9. Pembebanan Mengakibatkan Tegangan Geser(Niemann.G, dkk,1982)

2.4.2. Tegangan Von Mises

Pada elemen tiga dimensi bekerja tegangan searah sumbu x,y dan z pada tiap-tiap sumbu dapat di ketahu tegangan utama ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) yang di hitung dari komponen tegangan dengan persamaan berikut :

$$\begin{bmatrix} \sigma_y - \sigma_0 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_x - \sigma_0 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_z - \sigma_0 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Dimana :

σ_0 = Tegangan utama yang bekerja

pada sumbu

σ_x = Tegangan arah sumbu x

σ_y = Tegangan arah sumbu y

σ_z = Tegangan arah sumbu z

σ_{xy} = Tegangan arah sumbu xy

σ_{xz} = Tegangan arah sumbu xz

σ_{yz} = Tegangan arah sumbu yz.

Penggabungan tegangan regangan utama pada suatu elemen merupakan suatu cara untuk mengetahui nilai tegangan maksimum yang terjadi pada elemen tersebut. Salah satu cara mendapatkan tegangan adalah dengan menggunakan formula tegangan *Von Mises* yaitu:

$$\sigma_e = \left(\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \right)^{0.5} \quad (2.12)$$

Dimana :

σ_e = Tegangan maksimum

σ_2 = Tegangan utama 2

σ_1 = Tegangan utama 1

σ_3 = Tegangan utama 3

2.5. Metode Elemen Hingga

Untuk menganalisis tegangan yang terjadi pada elemen struktur akibat pembebanan berat struktur, tinjauan elemen solid segi empat dari struktur kotak transmisi roda gigi pada kendaraan berat. Untuk kondisi bidang tegangan, hubungan tegangan-regangan dalam bentuk matriks, dapat ditulis sebagai berikut yaitu (Moaveni & Saeed, 2008):

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)-(1-2\nu)} [F] \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \quad (2.13)$$

Dimana:

$$\begin{matrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

$$[F]= \begin{matrix} \frac{1-2\nu}{2} & 0 & 0 \\ & \frac{1-2\nu}{2} & 0 \\ & & \frac{1-2\nu}{2} \end{matrix}$$

Keterangan :

σ = tegangan elemen

ε = regangan elemen

E = modulus elastisitas

ν = rasio poisson dari material

γ_{xy}, γ_{zx} = regangan geser

G = modulus geser

dan bila digunakan hubungan

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2.14)$$

Dari persamaan rumus matriks dapat di peroleh tegangan/regangan (*stress/strain matriks*) :

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1+2\nu)} [F] \quad (2.15)$$

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Adapun tempat dilakukannya studi analisis numerik di PT. CAPELLA MEDAN yang beralamat di Jl. Jend Gatot Subroto Km. 6,5 No. 158/180 MEDAN 20122 - INDONESIA.

3.1.2 Waktu

Pengerjaan dan penyusunan tugas sarjana ini mulai dilaksanakan pada tanggal 30 juni 2018

Table 3.1 Skedjul proses penelitian

No	Kegiatan	Jun	Jul	Ags	Sep	Okto	Nov	Des	Jan
1	Studi Pustaka								
2	Mengukur poros engkol								
3	Menggambar poros engkol								
4	Mensimulasikan poros engkol								
5	Menampilkan gambar								
6	Pengujian Ansys								
7	Penyelesaian skripsi								

3.2. Data Survei

3.2.1. Spesifikasi Mesin Daihatsu Xenia

Sebagai objek pada penelitian ini adalah sebuah mesin kendaraan roda empat jenis minibus dengan nama Xenia yang banyak digunakan oleh masyarakat terkenal yaitu Daihatsu. Adapun spesifikasi dan model mesin dapat dilihat pada

Tabel 3.2. Spesifikasi dan model mesin Daihatsu Xenia

Deskripsi	Unit	Keterangan
Tipe Mesin	-	1NR-VE DOHC Dual VVT-i
Kapasitas Silinder	Cc	1329
Jumlah Silinder	-	4
Jumlah Katup	-	16
Diameter x Langkah	Mm	72,5 x 80,5
Tenaga Maksimum	PS / rpm	97 / 6000
Torsi maksimum	kg-m / rpm	12,3 / 4200
Sistem bahan bakar	-	EFI
Bahan bakar	-	Bensin tanpa timbal
Kapasitas tangki bahan bakar	Liter	45

Model mesin



3.2.2. Material Komponen Poros Engkol

Material yang umum digunakan untuk poros engkol adalah besi cor noduler. Berdasarkan kekuatan tariknya klasifikasi besi cor noduler menurut standar JIS terlihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Klasifikasi besi cor noduler menurut standar JIS G 5502 - 1971

Nodular Cast Iron				
Grade	<i>Minimum tensile strength</i> (kg/mm ²)	<i>Proof strains (min)</i> (kgf/mm ²)	<i>Elongation (min)</i> (%)	<i>Hardness (HB)</i>
FCD 40	40	20	15	121 – 197
FCD 45	45	30	10	149 – 217
FCD 50	50	35	7	170 – 241
FCD 60	60	40	2	207 – 285
FCD 70	70	42	2	229 – 321

3.3. Peralatan Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam studi numerik ini adalah:

3.3.1. Work Station

Spesifikasi workstation yang digunakan dalam studi numerik ini adalah sebagai berikut :

1. Processor : Intel(R) Core(TM) i3-2348M CPU @ 2.30GHz
2. RAM : 2 GB
3. Operation system : Product ID (Windows 7 Professional 64 bit)
4. DVD ROM : Hp-PC
5. Keyboard : Hp-PC
6. Mouse : Hp-PC

3.3.2. Software Autodesk Inventor 2014

Software Autodesk Inventor yang sudah terinstal pada work station adalah Autodesk Inventor 2014 64 bit yang didalamnya terdapat sketch gambar 3D. Dengan persyaratan system pada komputer adalah sebagai berikut :

1. Processor : Intel(R) Core(TM) i3-2348M CPU @ 2.30GHz
2. RAM : 2 GB
3. Disk Space : 5 GB or more

3.3.3. Software Ansys

Software Ansys yang sudah terinstal pada work station adalah Ansys 2015 yang didalam nyaterdapat *Mechanical APDL 2015* dan *Workbench 2015*.

Dengan persyaratan system pada computer adalah sebagai berikut :

1. Processor : Intel(R) Core(TM) i3-2348M CPU @ 2.30GHz
2. RAM : 2 GB
3. Disk Space: 5 GB or more

3.4. Tahap Menggambar Poros Engkol

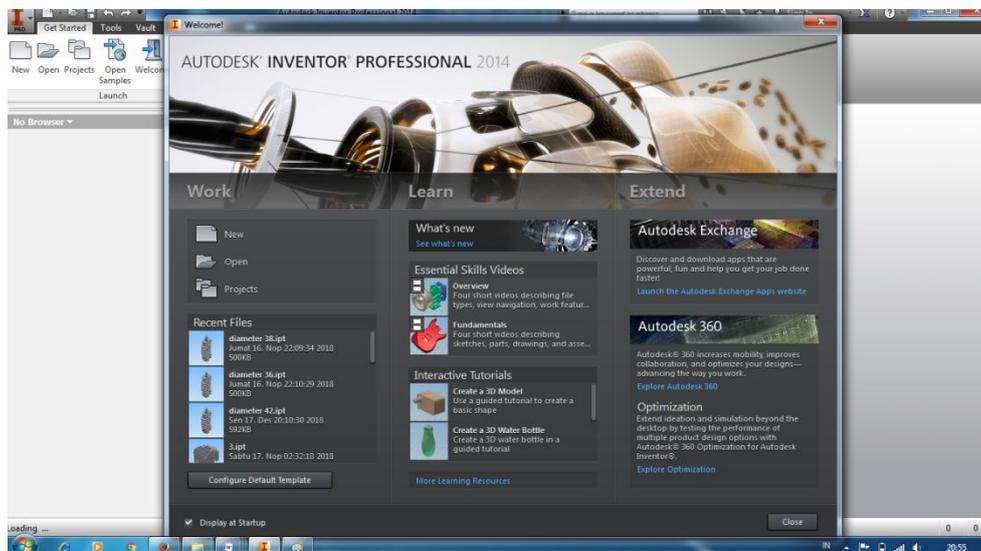
1. Langkah pertama buka software Autodesk Inventor 2014 kemudian pilih new metric-standard(mm) ipt lalu klik create 2D
2. Kemudian pilih sumbu YZ plane klik sketch kemudian pilih circle klik di titik 0 sumbu
3. Buat circle dengan ukuran yang telah ditetapkan untuk menjadi lingkaran poros engkol .
4. Lalu klik pada garis circle kemudian di extrusion
5. Kemudian lakukan tahap demi tahap sehingga menjadi semua lingkaran yang di butuhkan untuk menggambar poros engkol
6. Setelah lingkaran yang di desain sudah di extrusion semua tinggal tahap pemotongan pada sudut pencetakan poros engkol
7. Setelah itu poros engkol disave dengan di export ke iges agar spesimen dapat digunakan di ansys workbetch 15.0

3.4.1 Tampilan awal software inventor 2014 ini merupakan salah satu software yang digunakan untuk menggambar komponen poros engko dari gambar 3.1 dibawah ini



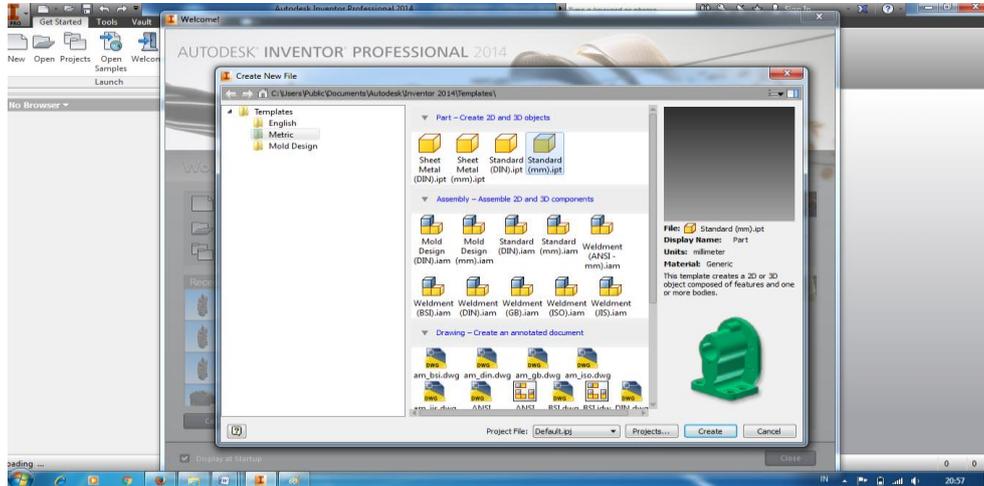
Gambar 3.1 Tampilan awal inventor

3.4.2 Memilih new untuk memulai menggambar poros engkol yang telah di ukur secara akurat sesuai dengan yang asli berikut dari gambar 3.2 dibawah ini



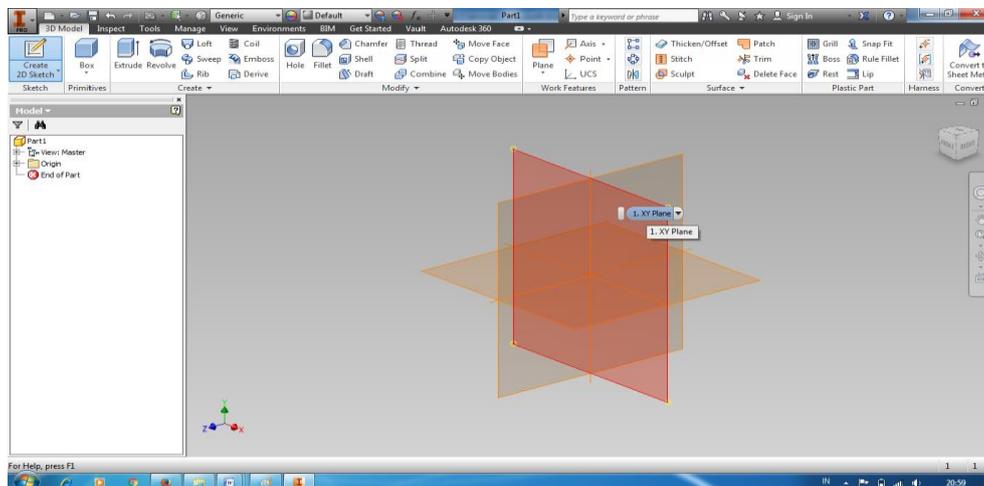
Gambar 3.2 Memilih new

3.4.3 Kemudian memilih new metrick standard yang sesuai dengan dimensi pada poros engkol berikut dari gambar 3.3 dibawah ini



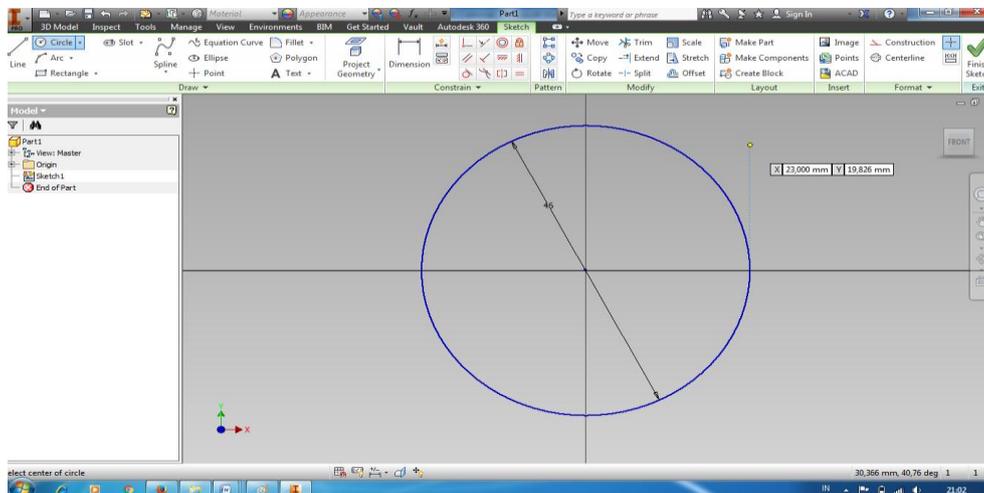
Gambar 3.3 Memilih new metrick standard

3.4.4 Kemudian pilih sumbu YZ plane klik sketch kemudian pilih circle klik di titik 0 sumbu dari gambar untuk memulai menggambar poros engkol dengan software inventor 2014 berikut gambar 3.4 dibawah ini



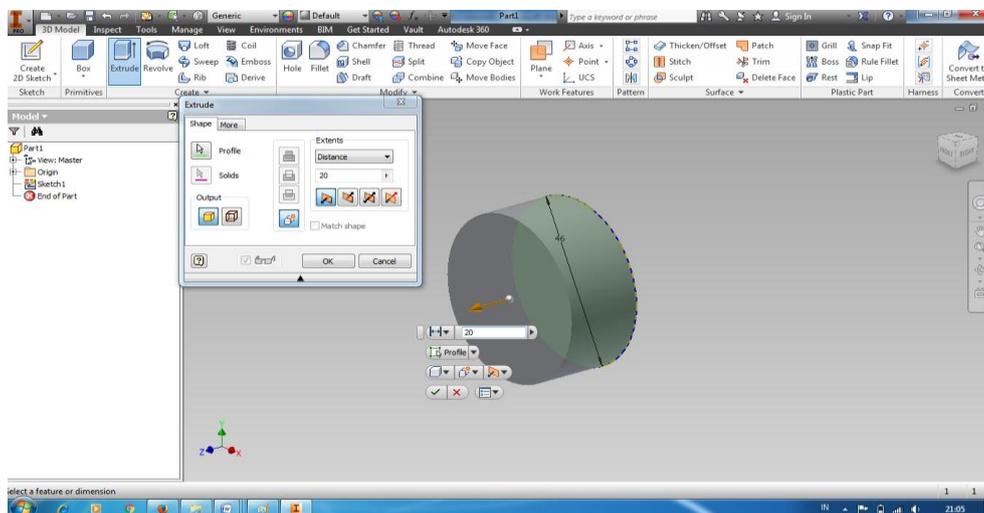
Gambar 3.4 pilih sumbu YZ plane

3.4.5 Membuat Circle untuk diameter bantalan duduk saat pertama kali menggambar poros engkol dengan software inventor berikut dari gambar 3.5 dibawah ini



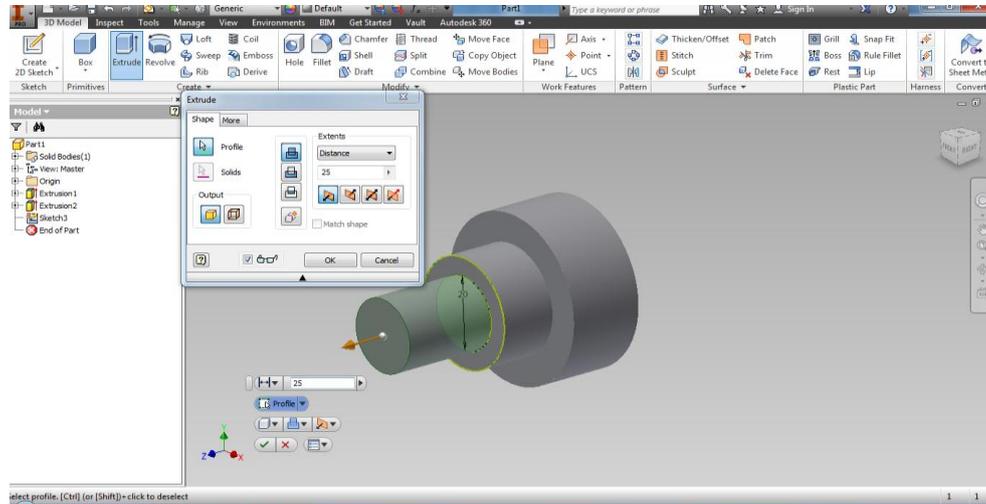
Gambar 3.5 Membuat Circle

3.4.6. Membuat Extusion setelah dilakukan pembuatan circle dari software inventor seperti dari gambar 3.6 dibawah ini



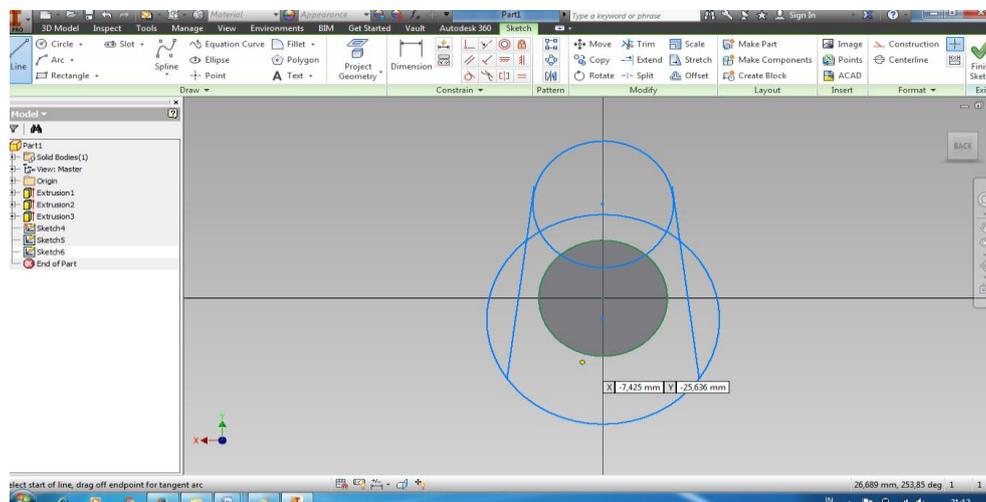
Gambar 3.6 Membuat Extrusion

3.4.7 Membuat poros dan bantalan duduk sesuai gambar geometri yang telah di ukur berikut dari gambar 3.7 dibawah ini



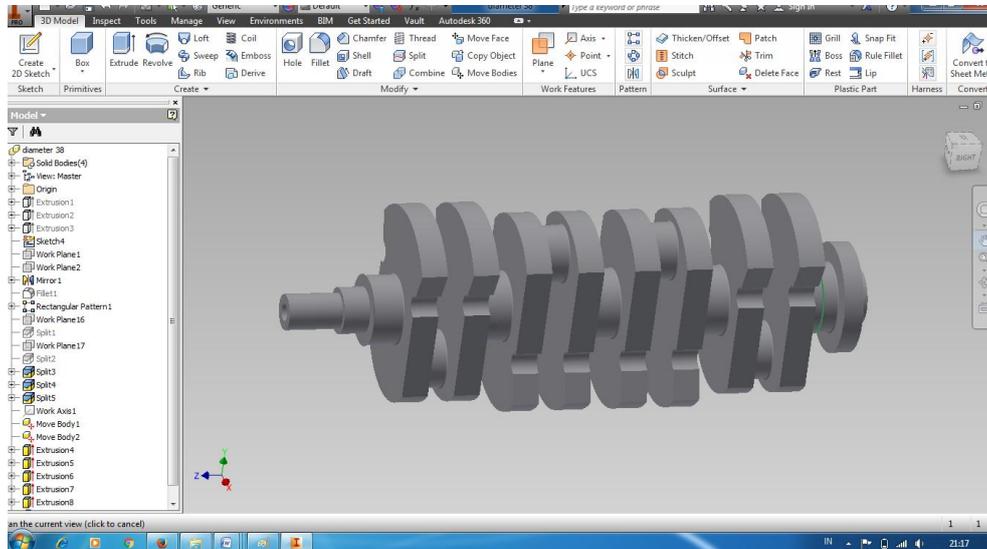
Gambar 3.7 Membuat Poros

3.4.8 Membuat Bantalan Balance setelah menggambar cicle dengan dimensi yang telah di ukur sesuai poros engkol berikut dari gambar 3.8 di bawah ini



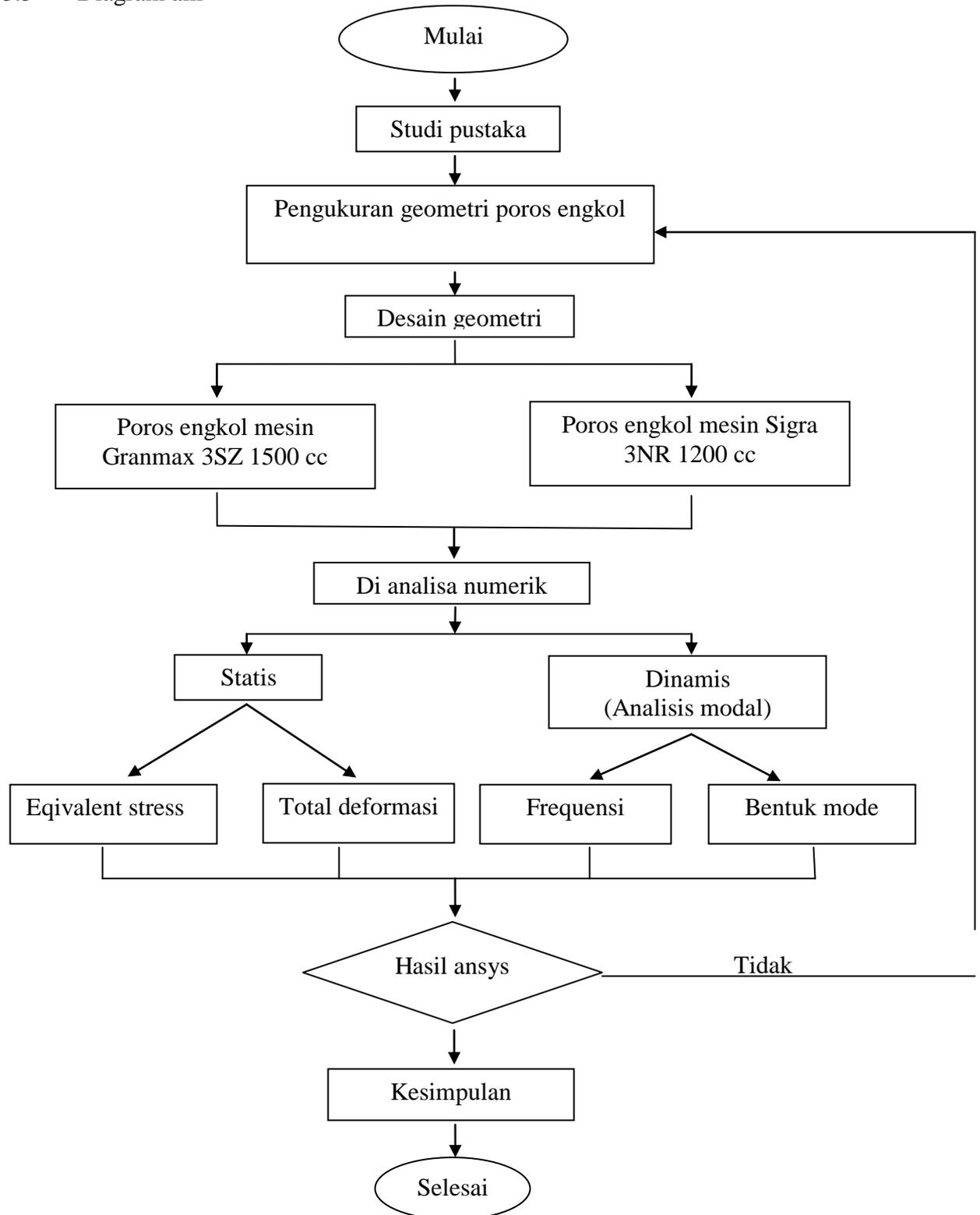
Gambar 3.8 Membuat Bantalan Balance

3.4.9 Gambar poros engkol mesin 1300cc 1NR dari software inventor seperti pada gambar 3.9 dibawah ini



Gambar 3.9 Gambar poros engkol

3.5 Diagram alir



Gambar 3.10 Diagram alir

3.6 Penjelasan Diagram Alir

1. Studi Pustaka

Studi pustaka yaitu melakukan pencarian referensi pada jurnal-jurnal beserta buku-buku untuk menjadikan panduan dalam melengkapi skripsi yang dibuat. Serta untuk mendapatkan ide ide yang dapat di tambahkan untuk kesempurnaan skripsi ini

2. Pengukuran Geometri Poros Engkol

Melakukan pengukuran geometri poros engkol mesin 1NR 1300 cc, mesin 3SZ 1500 cc, mesin 3NR 1200 cc yang dilakukan di bengkel capella daihatsu medan

3. Dianalisa Numerik

Dianalisa numerik dimana pengujian ini dilakukan untuk mencari hasil dari sebuah pengujian static dan pengujian dinamis yang mana pengujian statis untuk menentukan perubahan total deformasi dan tegangan maksimal atau equivalent stress dan pengujian dinamis untuk menentukan frekuensi dan bentuk mode atau getaran

4. Hasil Pengujian

Hasil pengujian ini disimulasikan pada software ansys yang berakhir dengan hasil gambar pada setiap pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan poros engkol mana yang paling baik

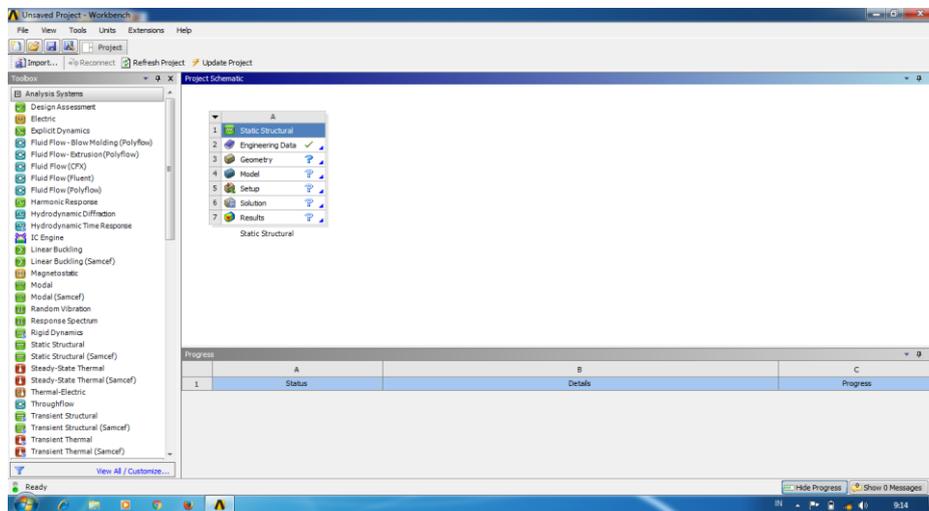
5. Kesimpulan

Dari kesimpulan ini dapat diterangkan hal apa saja yang diterapkan pada setiap pengujian yang dibuat.

3.7 Tahap menggunakan ansys

3.7.1 Tampilan awal workbench

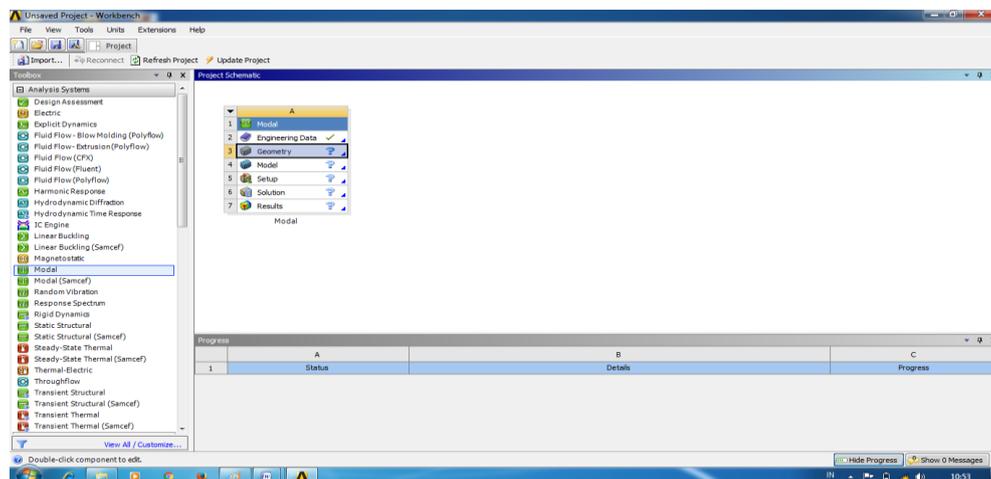
Pada tampilan ini pilih static structural → klik kanan geometry → import geometry → file iges → klik model seperti pada gambar 3.11 dibawah ini



Gambar 3.11 Tampilan awal workbench 15

3.7.2 Menentukan Analisis System

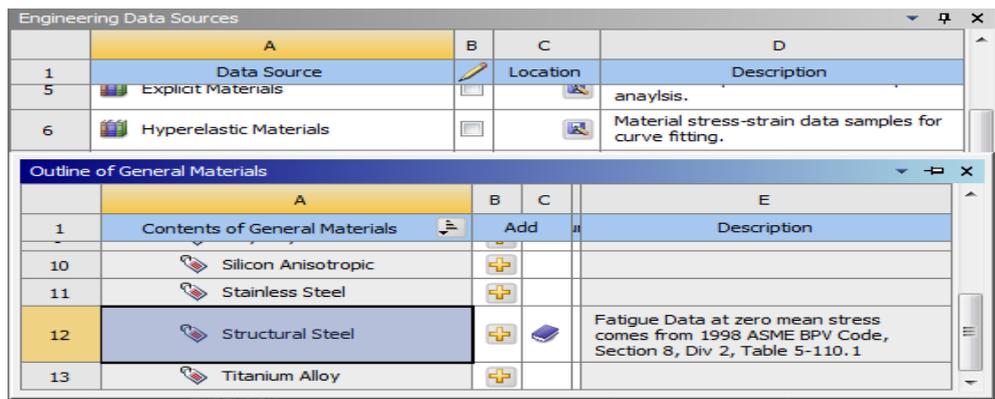
Seperti yang telah di jelaskan pada batasan masalah bahwa simulasi yang digunakan dalam analisa adalah Modal Analisis . Maka lanhkah selanjutnya adalah dengan mengklik Modal pada toolbox. Seperti pada gambar 3.12 dibawah ini



Gambar 3.12 Jendela kerja modal analisis

3.7.3 Engineering Data

Engineering data adalah fitur yang bertujuan untuk menentukan jenis material yang digunakan pada objek yang akan dianalisa. Jenis material yang digunakan pada poros adalah carbon steel. Langkah yang digunakan pada tahapan ini adalah dengan mengklik dua kali pada engineering data → karbon steel → Return to Project. Maka akan muncul outline seperti pada gambar 3.13 di bawah ini



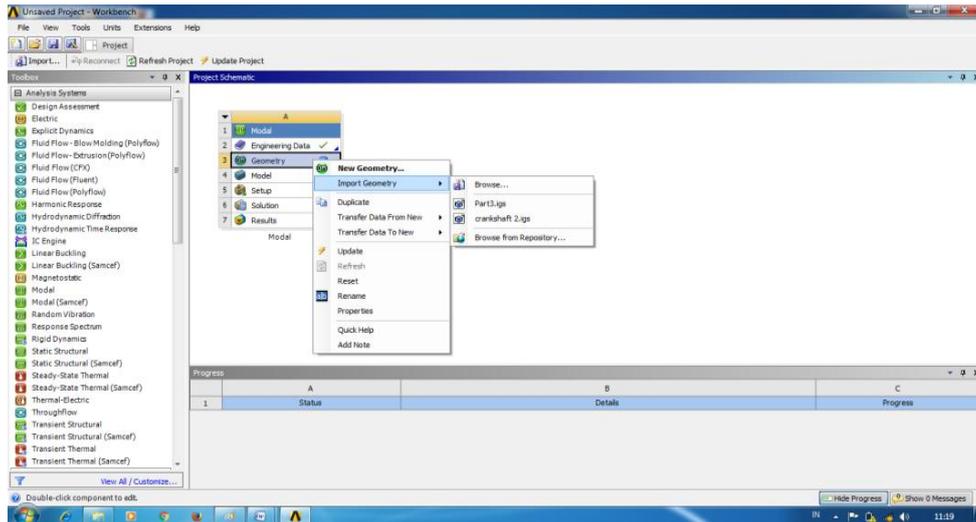
Gambar 3.13 Engineering data

3.7.4. Menentukan Geometry

Fitur geometry adalah fasilitas yang diberikan Ansys workbench yang bertujuan untuk mendesain sebuah model yang akan dianalisa. Dalam kasus ini model desain dengan menggunakan software Inventor . Yang dilakukan untuk menampilkan hasil permodelan tersebut adalah :

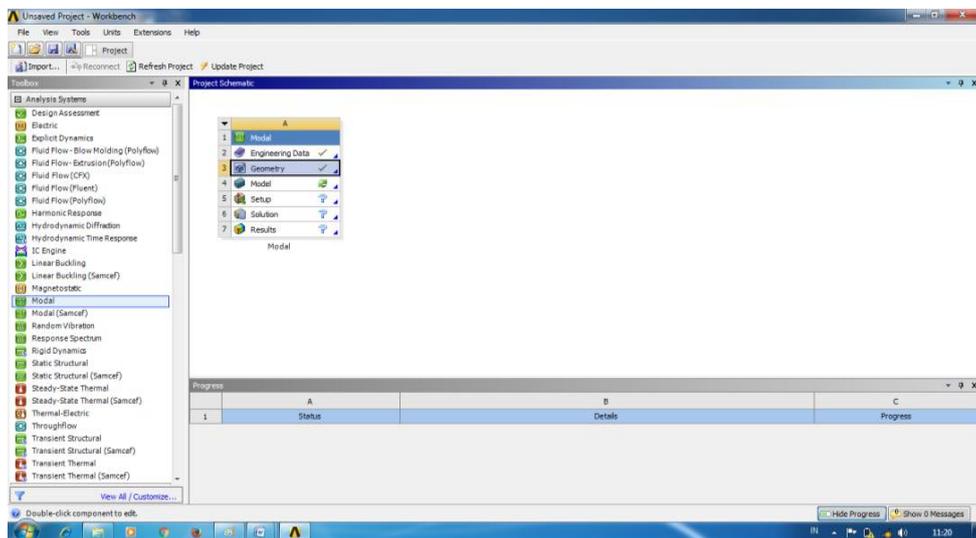
Mengklik kanan pada Geometry → Import Geometry → Browse → Pilih

Geometry yang sudah di desain menggunakan Inventor seperti pada gambar 3.14 dibawah ini



Gambar 3.14 Memilih Geometry

Setelah selesai mengimport Geometry. Maka pada geometry akan muncul tanda ceklis (✓) seperti pada gambar 3.15 dibawah ini



Gambar 3.15 Geometry selesai di import

3.7.5 Input Gambar Poros Engkol

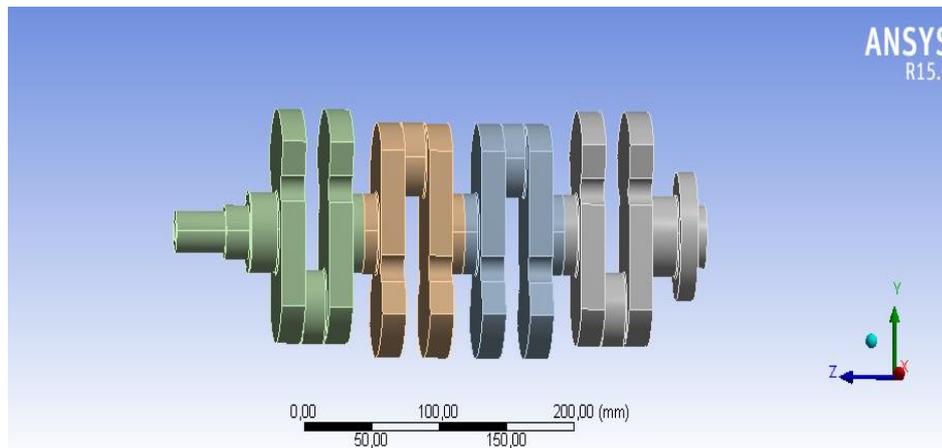
Gambar Poros Engkol Dengan software Inventor di input ke ANSYS untuk melakukan simulasi Numerik seperti pada gambar 3.16 dibawah ini



Gambar 3.16 Gambar Poros Engkol Dengan software inventor

3.7.6 Simulasi Ansys Workbench Static Struktural

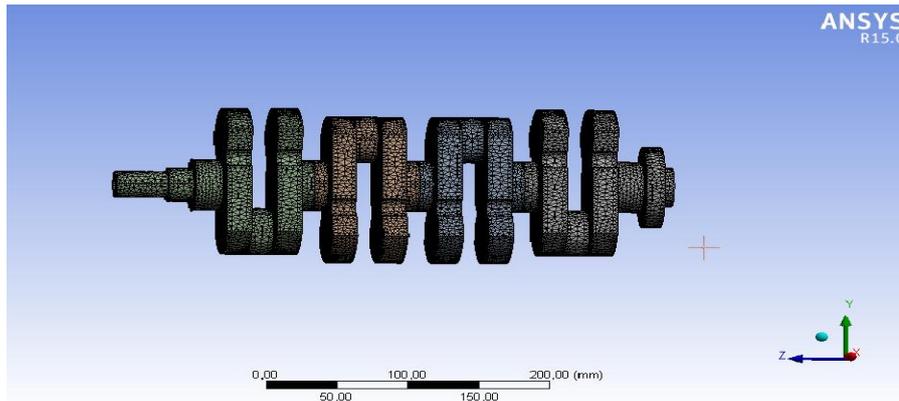
Geometry Static Struktural tahap awal menampilkan spesimen ke geometry tahap paling awal yang harus dilakukan untuk menganalisa spesimen static struktural → geometry → file import external geometry → generate seperti pada gambar 3.17 dibawah ini



Gambar 3,17 Geometry Ansys Static Struktural

3.7.7 Meshing

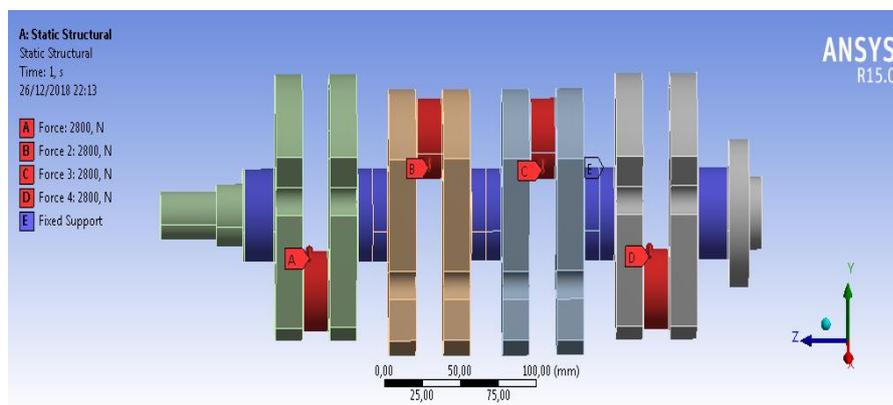
Meshing merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa di bantu proses komputer. Meshing mempengaruhi akurasi, dan kecepatan konvergensi dari solusi. Pemberian meshing pada benda kerja di lakukan dengan cara :
Klik Mesh → pilih element size → lalu berikan ukuran meshnya → klik Selov seperti pada gambar 3.18 dibawah ini



Gambar 3.18 Meshing

3.7.8 Force dan fixed support pada poros engkol

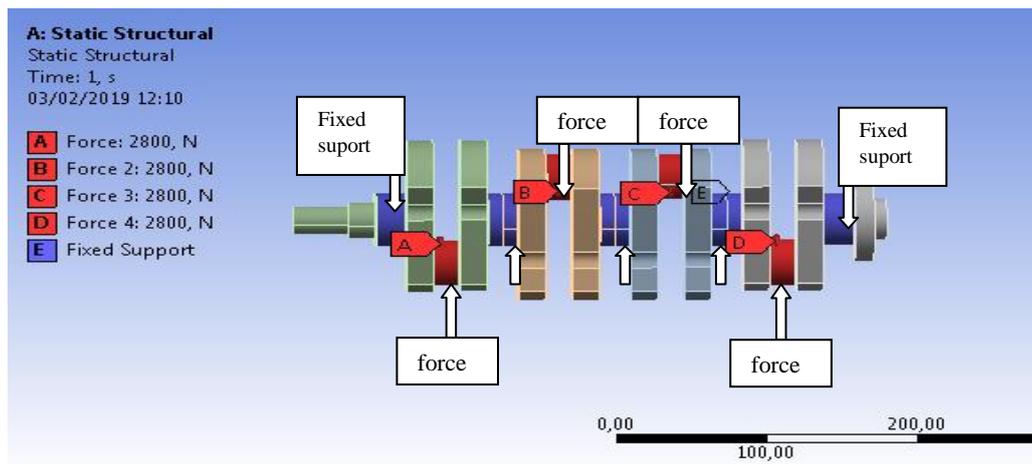
Force merupakan letak menaruh beban di ansys , yang mana force dapat diletakan di sumbu Z pada masing masing bantalan jalan poros engkol , sedangkan fixed support merupakan letak tahanan pada bantalan duduk poros engkol pada setiap bantalan diberi beban 2800 N beban ini diambil dari standar mesin Xenia 1300 cc 1NR tahap memulai force dengan cara : klik static struktural → klik kanan pilih force → pilih component . Tahap memulai fixed support → klik static struktural → klik kanan → pilih fixed support seperti pada gambar 3.19 dibawah ini



Gambar 3.19 letak Force dan Fixed support

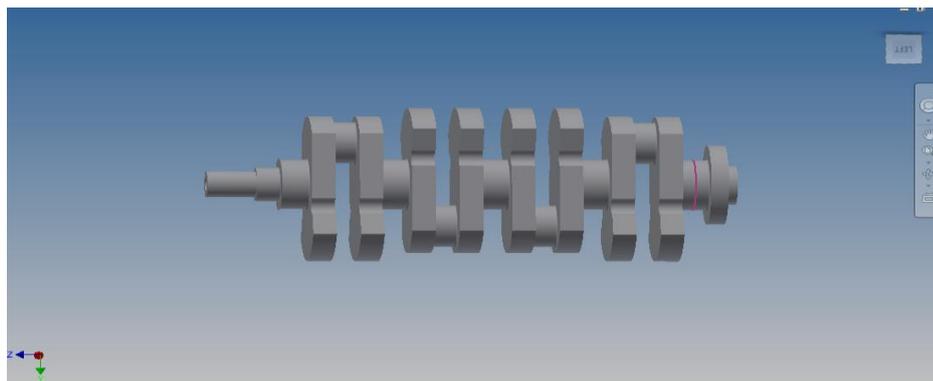
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil force dan fixed suport pada poros engkol Force merupakan letak menaruh beban di ansys , yang mana force dapat diletakan di sumbu Z pada masing masing bantalan jalan poros engkol , sedangkan fixed support merupakan letak tahanan pada bantalan duduk poros engkol pada setiap bantalan diberi beban 2800 N beban ini diambil dari standar mesin 1300 cc 1NR pemberian force dan fixed suport seperti pada gambar 4.1 dibawah ini



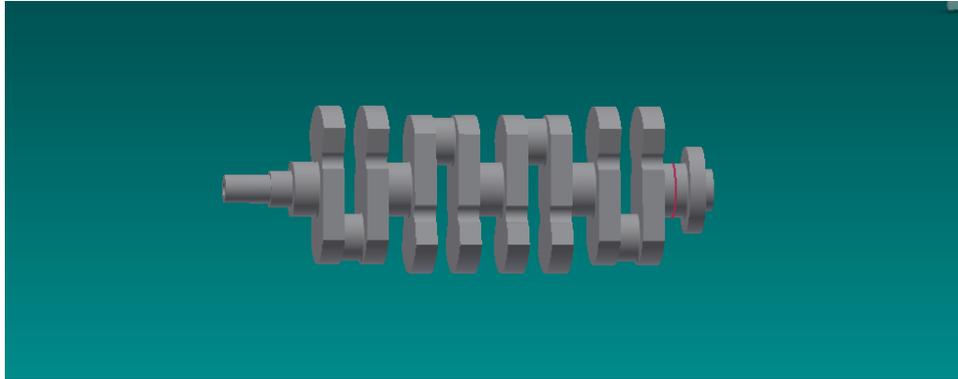
Gambar 4.1 Hasil Force dan Fixed support

4.2 Hasil gambar poros engkol mesin 3NR 1200 cc dengan menggunakan software inventor 2014 sebelum di input ke ansys seperti pada gambar 4.2 dibawah ini



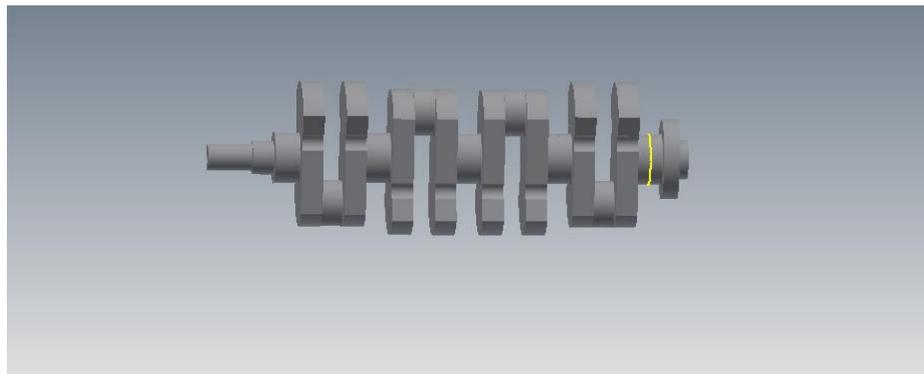
Gambar 4.2 Dimensi Poros engkol 1200 cc

4.2.1 Hasil gambar poros engkol mesin 1NR 1300 cc dengan menggunakan software inventor 2014 sebelum di input ke ansys seperti pada gambar 4.3 dibawah ini



Gambar 4.3 Dimensi poros engkol 1300 cc

4.2.2 Hasil gambar poros engkol mesin 3SZ 1500 cc dengan menggunakan software inventor 2014 sebelum di input ke ansys seperti pada gambar 4.4 dibawah ini

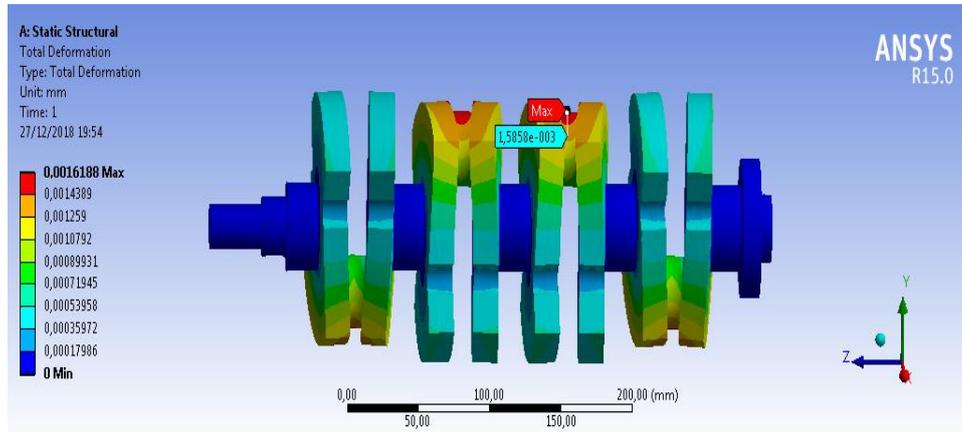


Gamnbar 4.4 Dimensi poros engkol 1500 cc

4.3 Hasil Pembahasan Deformasi total Simulasi Statik

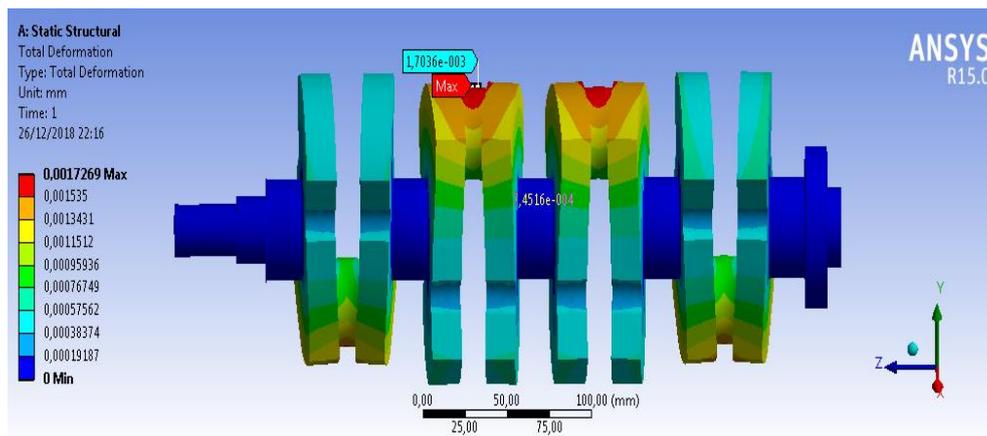
Hasil Deformasi poros engkol pada poros engkol 1200 cc dengan model 3NR memiliki panjang poros 395 mm dan memiliki 4 bantalan jalan dengan masing masing berdiameter 38 mm dan bantalan duduk 46 mm. Dari hasil simulasi pada poros engkol 1200 cc dengan pembebanan 2800 N. Akibat Total

Deformasi dari hasil gambar 4.5 di bawah ini dapat dihasilkan perubahan maksimumnya adalah 0,0016188 mm



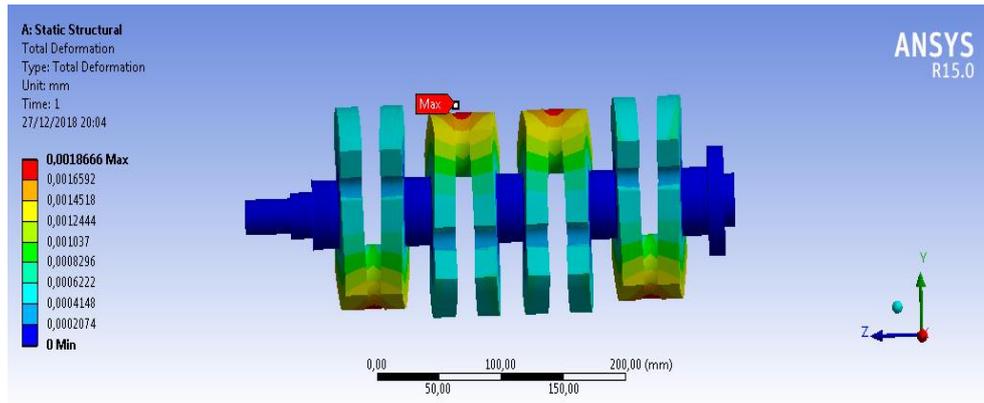
Gambar 4.5 Total Deformasi pada poros engkol 1200 cc 3NR

Dari hasil simulasi Total Deformasi pada poros engkol 1300 cc 1NR dengan pembebanan 2800 N. Akibat Total Deformasi dari gambar 4.6 dibawah ini dapat dihasilkan perubahan maksimumnya adalah 0,0017269 mm



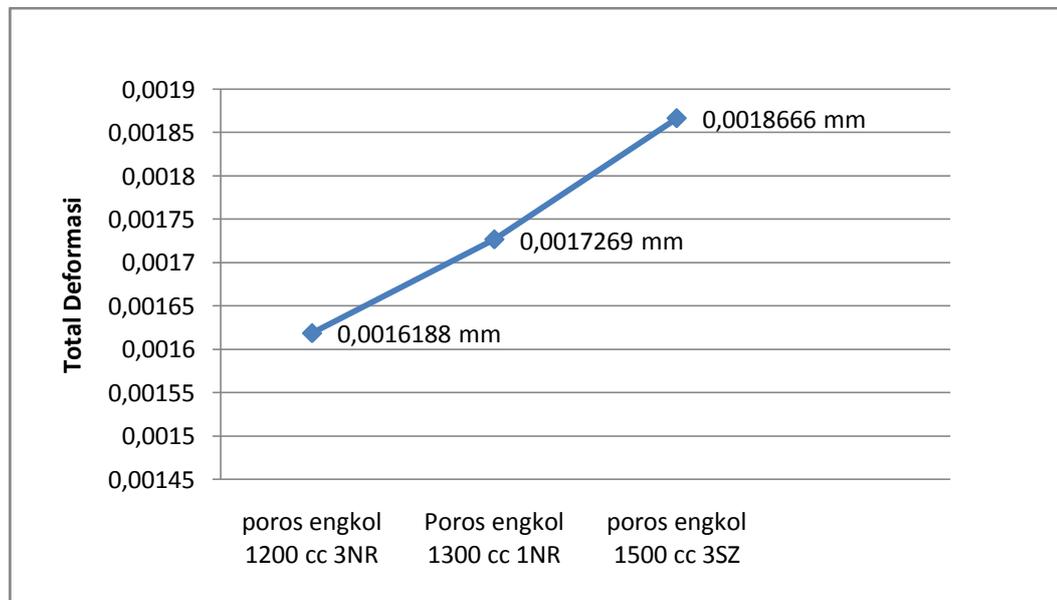
Gambar 4.6 Total Deformasi pada poros engkol 1300 cc 1NR

Dari hasil simulasi Total Deformasi pada poros engkol 1500 cc 3SZ dengan pembebanan 2800 N. Akibat Total Deformasi dari hasil gambar 4.7 dibawah ini dapat di hasilkan perubahan maksimumnya adalah 0,0018666 mm



Gambar 4.7 Total Deformasi pada poros engkol 1200 cc 3NR

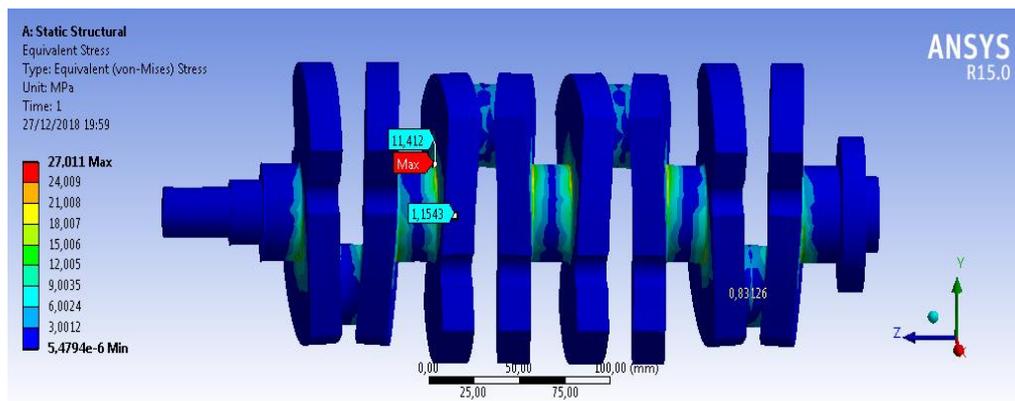
4.4 Hasil Grafik dari simulasi pada total deformasi poros engkol 1200cc , 1300cc, 1500cc dengan beban 2800 N



Gambar 4.8 Hasil Grafik dari simulasi pada total deformasi poros engkol

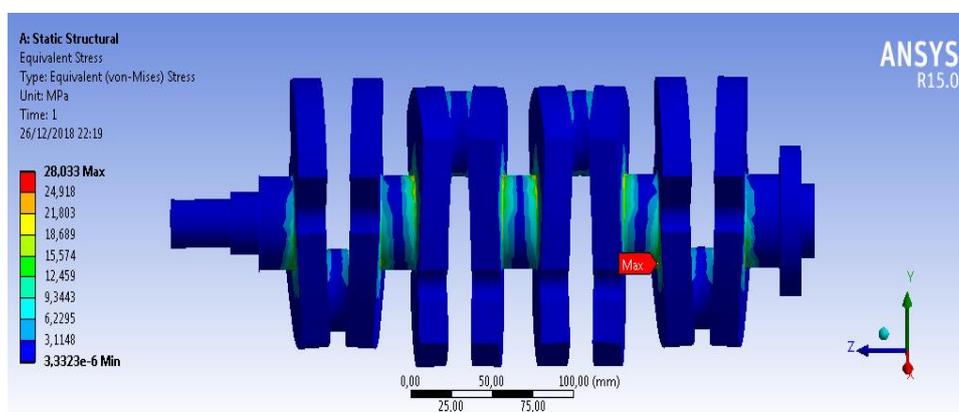
4.5 Hasil Pembahasan Equivalent stress

Dari hasil simulasi Equivalent Stress pada poros engkol 1200 cc 3NR dengan pembebanan 2800 N. Akibat Total Equivalent stress dari hasil gambar 4.9 dibawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya adalah 27,011 Mpa



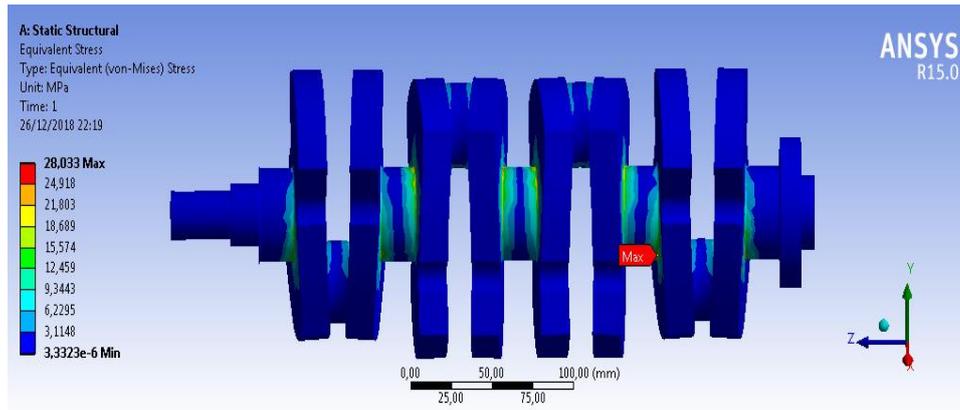
Gambar 4.9 Equivalent Stress pada poros engkol 1200 cc

Dari hasil simulasi Equivalent Stress pada poros engkol 1300 cc 1NR dengan beban 2800 N. Akibat Total Equivalent stress dari hasil gambar 4.10 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya adalah 27,916 Mpa



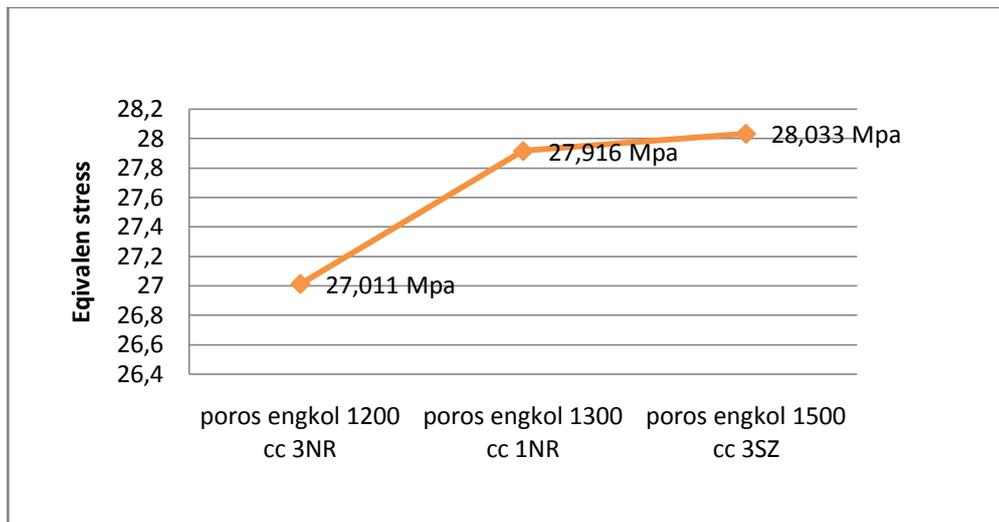
Gambar 4.10 Equivalent Stress pada poros engkol 1300 cc

Dari hasil simulasi Equivalent Stress pada poros engkol 1500 cc 3SZ dengan pembebanan 2800 N. Akibat Total Equivalent stress dari hasil gambar 4.11 dibawah ini didapat hasil tegngan maksimumnya adalah 28,033 Mpa



Gambar 4.11 Equivalent Stress pada poros engkol 1500 cc

4.6 Hasil Grafik dari simulasi pada Equivalent stress poros engkol 1200 cc, 1300 cc, dan 1500 cc



Gambar 4.12 Hasil Grafik dari simulasi pada equivalent stress poros engkol

4.7 Tabel Hasil Pengujian Static Struktural

No	Desain	Perbandingan poros engkol								
		1200 cc 3 NR			1300 cc 1NR			1500 cc 3SZ		
		Skor	Pembera	Nilai	Skor	Pembera	Nilai	Skor	Pembe	Nilai
r	t		t	t		rat				
1	Total Deformasi pada bantalan jalan	9	40 %	3.6	7	40 %	2.8	5	40 %	2
2	Equivalent stress pada bantalan jalan	9	60 %	5.4	7	60 %	4.2	5	60 %	3
3	hasil			9			7			5

Gambar 4.13 Tabel hasil pengujian static struktural

Keterangan skor :

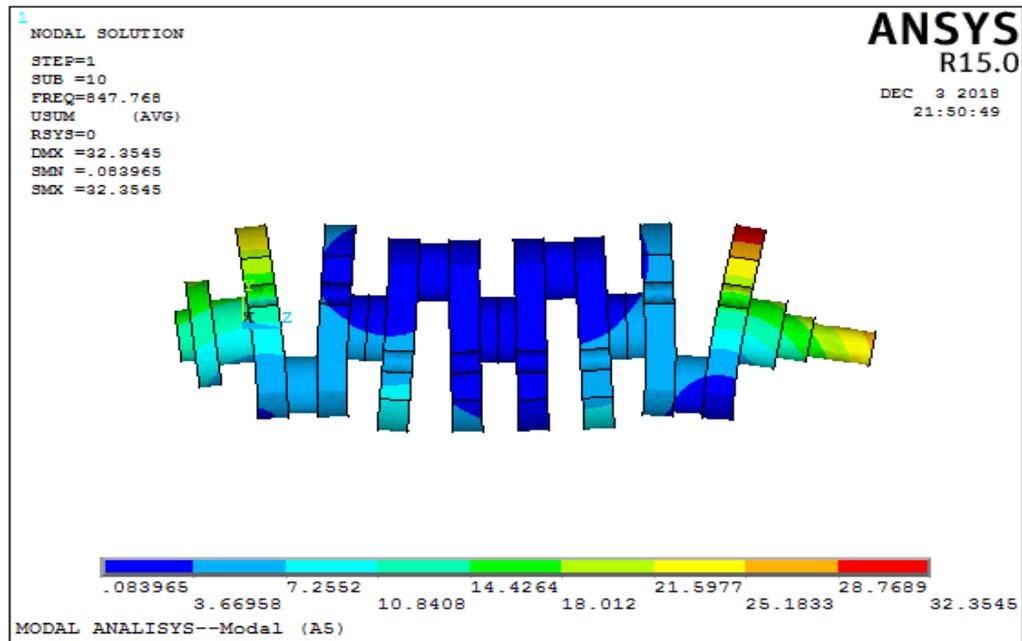
- Angka 3 artinya adalah tidak baik
- Angka 5 artinya adalah cukup
- Angka 7 artinya adalah baik
- Angka 9 artinya adalah sangat baik

Untuk menentukan nilai tertinggi dari tabel 4.7 pemilihan poros engkol pada total deformasi dan equivalent stress, maka untuk mendapatkan hasil nilai tertinggi adalah dengan skor dikali pemberat misalnya $9 \times 40\% = 3.6$ begitu pula seterusnya.

Dari penilaian pada tabel 4.7 diatas pemilihan poros engkol yang dilakukan pada pengujian statis struktural di dapat nilai yang paling tinggi atau yang paling baik yaitu poros engkol mesin 1200 cc 3NR di hitung secara teoritis di bandingkan dua poros engkol lainnya yang memiliki dimensi lebih besar yaitu pada poros engkol 1300 cc 1NR dan 1500 cc 3SZ .

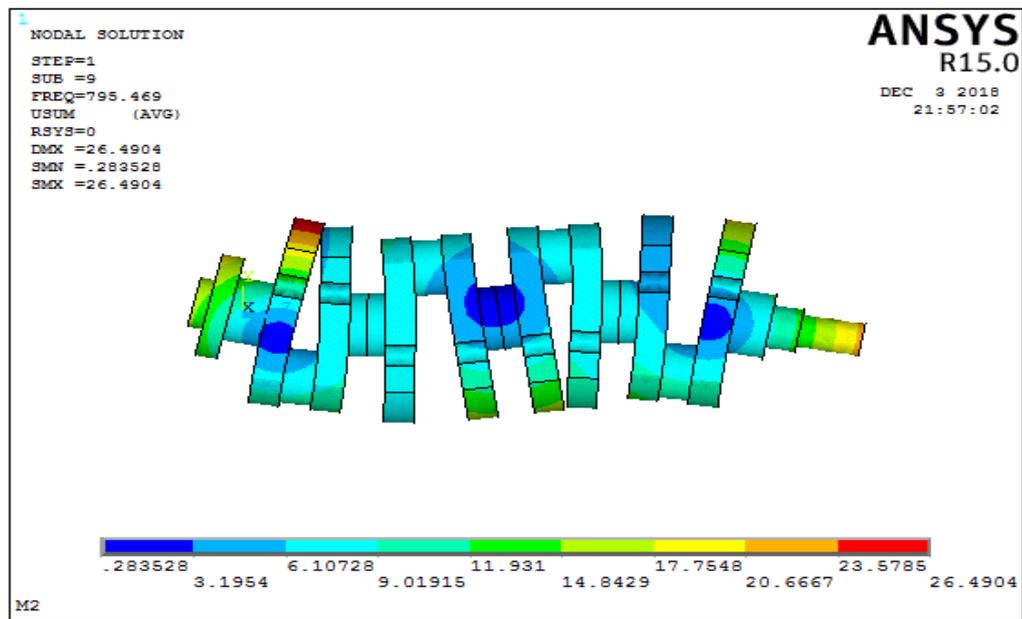
4.4 Hasil Modal Analysis

Dari hasil simulasi analisis modal pada poros engkol 1500 cc 3SZ dengan bantalan jalan 42 mm dan bantalan duduk 46 mm dan panjang poros engkol 395 mm. Akibat Analisis modal dan frekuensi hasil dari gambar 4.14 dibawah ini di dapat hasil modal 32.3545 dan frekuensi 847.768 Hz



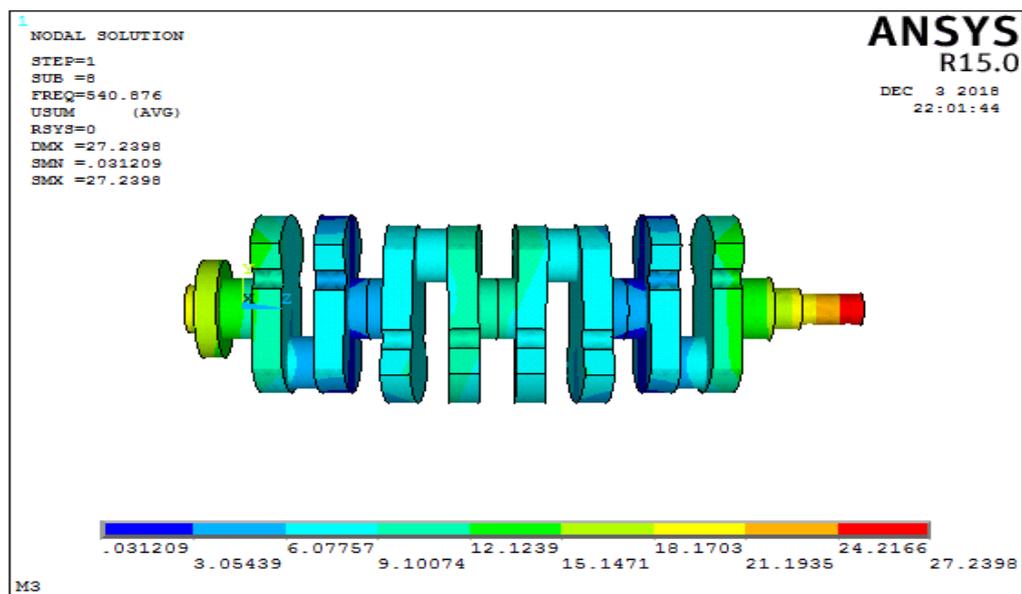
Gambar 4.14 Hasil modal analisis poros engkol 1500 cc

Dari hasil simulasi analisis modal pada poros engkol 1300 cc 1NR dengan bantalan jalan 40 mm dan bantalan duduk 46 mm dan panjang poros engkol 395 mm. Akibat Analisis modal dan frekuensi hasil dari gambar 4.15 dibawah ini di dapat hasil modal 26.4904 dan frekuensi 798.469 Hz



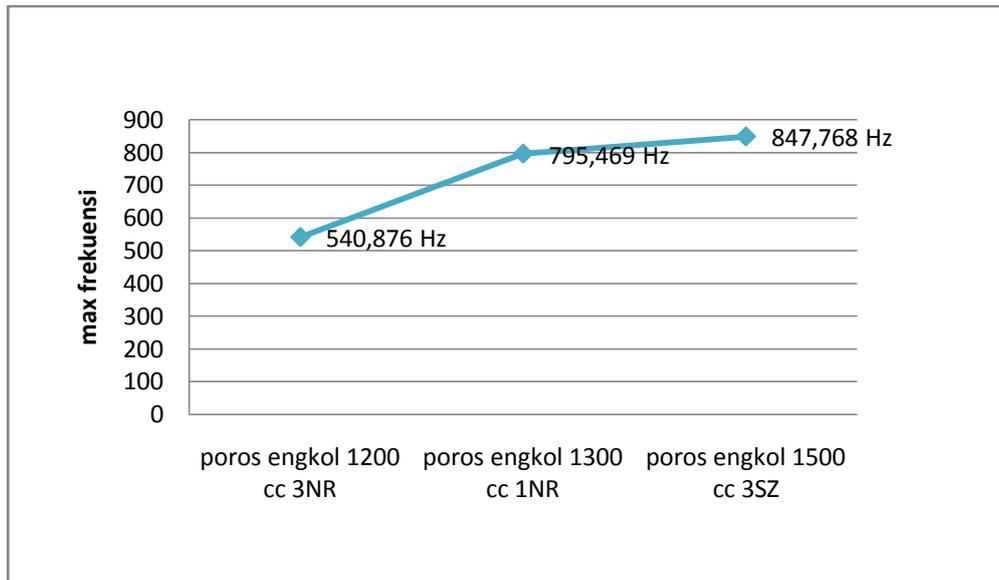
Gambar 4.15 Hasil modal analisis dari poros engkol 1300 cc

Dari hasil simulasi analisis modal pada poros engkol 1200 cc 3NR dengan bantalan jalan 38 mm dan bantalan duduk 46 mm dan panjang poros engkol 395 mm. Akibat analisis modal dan frekuensi dari hasil gambar 4.16 dibawah ini di dapat hasil modal 27.2398 dan frekuensi 540.876 Hz



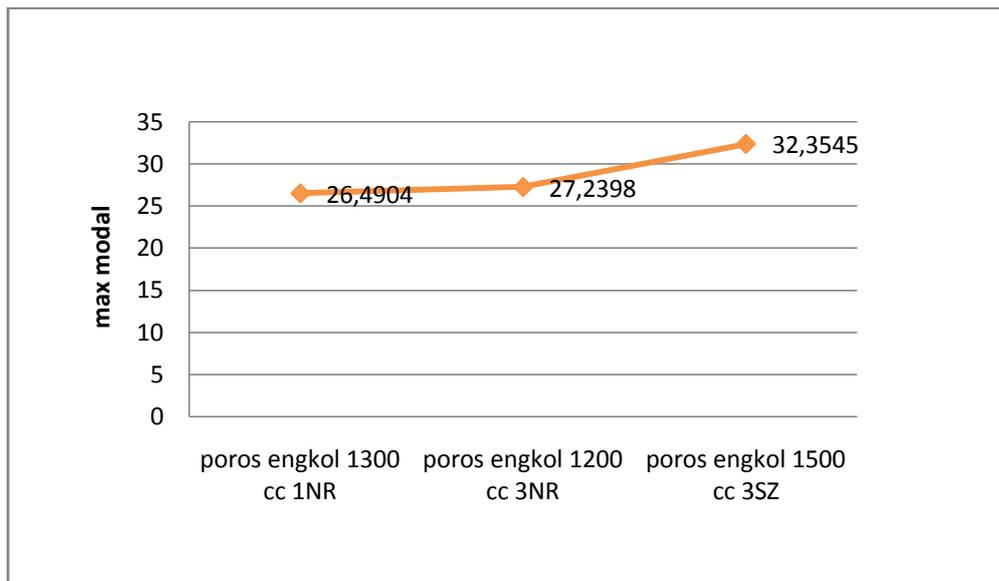
Gambar 4.16 Hasil Modal analisis dari poros engkol 1200 cc

4.8 Hasil grafik simulasi maksimal frekuensi pada poros engkol 1200cc, 1300cc, dan 1500 cc



Gambar 4.17 Hasil grafik simulasi maksimal frekuensi pada poros engkol

4.9 Hasil grafik simulasi maksimal analisis modal pada poros engkol 1200cc, 1300cc, dan 1500 cc



Gambar 4.18 Hasil grafik simulasi maksimal analisis modal pada poros engkol

4.10 Tabel hasil pengujian analisa modal

No	Desain	Perbandingan poros engkol								
		1200 cc 3NR			1300 cc 1NR			1500 cc 3SZ		
		Skor	pembera	Nilai	Skor	Pembera	Nilai	Skor	Pembe	Nilai
		t			t			rat		
1	Maksimal Frekuensi	9	40 %	3.6	7	40 %	2.8	5	40 %	2
2	Maksimal Analisa modal	7	60 %	4.2	9	60 %	5.4	5	60 %	3
3	hasil	7.8			8.2			5		

Gambar 4.19 Tabel hasil pengujian analisa modal

Keterangan skor :

- Angka 3 artinya adalah tidak baik
- Angka 5 artinya adalah cukup
- Angka 7 artinya adalah baik
- Angka 9 artinya adalah sangat baik

Untuk menentukan nilai tertinggi dari tabel 4.10 pemilihan poros engkol pada maksimal frekuensi dan analisa modal, maka untuk mendapatkan hasil nilai tertinggi adalah dengan skor dikali pemberat misalnya $9 \times 40\% = 3.6$ begitu pula seterusnya.

Dari penilaian pada tabel 4.10 pemilihan poros engkol yang dilakukan pada pengujian modal analisis di dapat nilai frekuensi dan modal (getaran) yang paling tinggi atau yang paling baik yaitu poros engkol mesin 1300 cc 1NR di hitung secara teoritis di bandingkan dua poros engkol lainnya yang memiliki dimensi lebih besar yaitu pada poros engkol 1200 cc 3NR dan 1500 cc 3SZ .

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada 3 poros engkol dari satu manufaktur yaitu poros engkol 1300 cc 1NR, 1500 cc 3SZ, dan 1200 cc 3NR dengan Static struktural didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dari hasil analisis terhadap static struktural, bahwa terdapat tegangan maksimal diantara total deformasion, equivalen stress pada poros engkol 1200 cc, 1300 cc, dan 1500 cc adalah :
Hasil pada total deformasion kekuatan maksimal terletak pada poros engkol 1500 cc dengan nilai 0,0018666 mm dan poros yang baik terletak pada poros 1200 cc karena perubahan bentuknya paling rendah dengan nilai 0,0015275 .
2. Hasil pada equivalent stress kekuatan maksimal terletak pada poros engkol 1500 cc dengan nilai 28,033 Mpa dan poros yang paling baik terletak pada poros engkol 1200 cc karena tegangannya paling rendah dengan nilai 26,289 Mpa .

Dari hasil penelitian pada 3 poros engkol 1200 cc, 1300 cc, dan 1500 cc dengan modal analisis didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dari hasil modal terhadap poros engkol 1200 cc, 1300 cc, 1500 cc getaran maksimal terletak pada poros engkol 1500 cc dengan nilai 32,3545 dan getaran yang paling rendah ada pada poros engkol 1300 cc dengan nilai 26.4904 .
2. Dari hasil Frekuensi terhadap poros engkol 1200 cc, 1300 cc, dan 1500 cc frekuensi maksimal terletak pada poros engkol 1500 cc dengan nilai 847,768 dan frekuensi yang paling rendah ada pada poros engkol 1200 cc dengan nilai 540,876.

5. 2 Saran

1. Penulis meyarankan untuk mempelajari dalam menggunakan software autodesk inventor dalam menggambar poros engkol dan menganalisa software ansys dalam simulasinya.
2. Perlu dikaji ulang dalam analisis setting didalam meshing pada software ansys worcbench.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, M., Lin, Y. C., Chen, M., & Zhong, J. (2008). Numerical simulation for stress / strain distribution and microstructural evolution in 42CrMo steel during hot upsetting process Numerical simulation for stress / strain distribution and microstructural evolution in 42CrMo steel during hot upsetting proce. *Computational Materials Science*, 43(4), 1117–1122. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2008.03.010>
- Deshbhratar, R. J., & Suple, Y. R. (2012). Analysis & Optimization of Crankshaft Using Fem. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 2(5), 3086–3088.
- Jayachandraiah, K. T. B. (2013). Modeling and Analysis of the Crankshaft Using Ansys Software. *International Journal of Computational Engineering Research*, 03(05), 84–89.
- Kareem, B. (2015). Case Studies in Engineering Failure Analysis Evaluation of failures in mechanical crankshafts of automobile based on expert opinion. *Biochemical Pharmacology*, 3, 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.csefa.2014.11.001>
- Klimenda, F., & Soukup, J. (2016) XXI International Polish-Slovak Conference Machine Modeling and Simulations 2016 Modal Analysis of Thin Alumunium Plate *Procedia Engineering* 177 (2017) 11-16 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817306823>
- Lubis, Sudirman. (2013). Analisa Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Sepatu Rem Mobil Penumpang jenis Mini Bus Menggunakan Perangkat Lunak MSC.Nastran. *Jurnal Reintek*. Vol. 9 (2), 8.
- Meng, J. (2011). Finite Element Analysis of 4-Cylinder Diesel Crankshaft, (August), 22–29.
- Moaveni, S., & Saeed. (2008). *Finite element analysis : theory and application with ANSYS* (Third Edit). Pearson Prentice Hall. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1203619>
- Montazersadgh, F. H., & Fatemi, A. (2007). Dynamic Load and Stress Analysis of a Crankshaft, 1–8.
- Niemann, G. (1978). *Machine elements ; design and calculation in mechanical engineering* (II). New York: Berlin : Springer-Verlag. Retrieved from

https://openlibrary.org/books/OL15275705M/Machine_elements

- Park, H., & Dang, X. (2013). Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013 A study on the heating process for forging of an automotive crankshaft in terms of energy efficiency. *Procedia CIRP*, 7, 646–651. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.047>
- Rohman, S. A., Okariawan, I. D. K., & Zainuri, A. (2012). Analisis Variasi Jarak Sumbu Poros Terhadap Tegangan Kontak Dan Tegangan Bending Pada Helical Gear Pair Berdasarkan Metode Elemen Hingga. *Dinamika Teknik Mesin*, 2(2), 84–91. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/69189-ID-analisis-variati-jarak-sumbu-poros-terha.pdf>
- Spotts, M. F., Terry E. Shoup, & Hornberger, L. E. (2004). *Design of Machine Elements* (Eighth Edi). New Delhi: Pearson Education. Retrieved from <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Spotts-Design-of-Machine-Elements-8th-Edition/PGM278115.html?tab=overview>