

TUGAS AKHIR

ANALISA TEGANGAN DAN MODAL PADA POROS ENKOL MOTOR BAKAR SATU SILINDER DENGAN DAYA MAKSIMUM 1HP MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANSYS

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

Disusun Oleh:

HEIRIZAL RIADI

1407230073



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Heirizal Riadi
NPM : 1407230073
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Tegangan Dan Modal Pada Poros Engkol Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya Maksimum IHP Menggunakan Perangkat Lunak Ansys
Bidang Ilmu : Kontruksi dan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim 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, 23 Februari 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



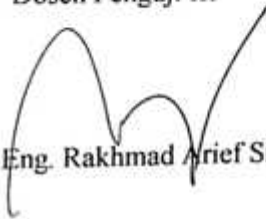
Beki Suroso, S.T, M.Eng.

Dosen Peguji 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



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	Heirizal Riadi
Tempat /Tanggal Lahir	Sunggal Kanan, 4 februari 1995
NPM	1407230073
Fakultas	Teknik
Program Studi	Teknik Mesin

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

“Analisa tegangan dan modal pada poros engkol motor bakar satu silinder dengan daya maksimum 1HP menggunakan perangkat lunak ANSYS”

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 Tugas Akhir saya secara orisinal 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 Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Februari 2019

Saya yang menyatakan,



Heirizal Riadi

ABSTRAK

Salah satu tujuan diciptakannya teknologi adalah untuk mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup. Terutama kendaraan adalah hal yang dominan dibutuhkan manusia, oleh sebab itu kendaraan mempunyai komponen seperti mesin dan diantara ada pembakaran yang dihasilkan oleh kinerja poros engkol, *connecting rod* dan piston. Poros engkol juga menerima beban yang berat selama beroperasi, dengan alasan ini maka poros engkol dibuat dari bahan baja carbon khusus sehingga memiliki daya tahan tinggi, maka disini penulis ingin membahas tentang Analisa Tegangan dan Modal Pada poros engkol motor bakar satu silinder dengan daya maksimum 1 Hp menggunakan perangkat lunak ansys yang bertujuan, untuk mengetahui kekuatan poros engkol serta menganalisa konsentrasi tegangan dan mengevaluasi tegangan pada poros engkol dengan melalui beberapa tahap, yaitu menentukan analisa sistem, menentukan geometri, *meshing static structural*, pemberian pengujian. Dari hasil pengujian statis dan dinamis dari 3 poros engkol dengan ukuran diameter poros 10,2 mm, 12,2 mm dan 14,2 mm kekuatan dan kekerasan yang paling baik adalah pada poros engkol berdiameter 14,2 mm dengan pengujian statis dengan tegangan *total deformation* dan *equivalent stress* adalah $6,5695e-5$ mm dan 0,78188 Mpa, sedangkan dengan pengujian dinamis pada poros engkol yang berdiameter 12,2mm terdapat titik tegangan yang paling baik dengan *total deformation* dan *equivalent elastic strain* adalah 0,077205 mm dan 0,0028946 mm/mm.

Kata Kunci : poros engkol, ansys, konsentrasi tegangan

ABSTRACT

One purpose is to facilitate the creation of human technology in meeting the needs of life. Especially the vehicle is dominant human needs, and therefore the vehicle has components such as the engine and among no combustion produced by the performance of the crankshaft, connecting rod and piston. Crankshaft also receive a heavy load during the operation, and for this reason the crankshaft is made of carbon steel specialty that has high durability, so here I would like to discuss about the analysis of voltage and Capital At the crank shaft motor fuel single-cylinder engine with a maximum power of 1 hp using ANSYS software that aims to knowing the strength of the crankshaft as well as to analyze stress concentrations and evaluate the voltage on the crankshaft through several stages determining system analysis, determine the geometry, meshing static structural, test administration. From the results of static and dynamic testing of the crankshaft 3 with a shaft diameter of 10.2 mm, 12.2 mm and 14.2 mm in strength and hardness of the nicest is the crankshaft diameter of 14.2 mm with a static test with a total voltage of deformation and the equivalent stress is $6,5695e-5$ mm and 0.78188 MPa, whereas with dynamic testing on the crankshaft with a diameter of 12,2mm are the most well voltage point total equivalent elastic deformation and strain is 0.077205 mm and 0.0028946 mm / mm.

Keywords: crankshaft, ANSYS, stress concentration

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita kepada ALLAH SUBHANAWATAALAH atas segala berkat dan rahmat yang telah diberikan sehingga selesainya penelitian dan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “Analisa tegangan dan modal pada poros engkol motor bakar satu silinder dengan daya maksimum 1HP menggunakan perangkat lunak ANSYS” 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 spritiual sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.
6. Terima kasih buat temen,sahabat yang selalu membantu memberikan semangat untuk melanjutkan Tugas Akhir .
7. Teman-Teman A3 malam dari 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 diharapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Medan, 4 juli 2018



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Poros Engkol	4
2.2 Komponen Poros Engkol	5
2.3 Material Poros Engkol	7
2.3.1 Jenis-jenis besi tuang	7
2.3.2 Metode Kegagalan Material Poros Engkol	11
2.4 Tegangan	14
2.4.1. Jenis-jenis tegangan	16
2.5 FEM (Finite Elements Method)	21
BAB 3 METODOLOGI	24
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	24
3.1.1 Tempat Penelitian	24
3.1.2 Waktu	24
3.2 Alat Penelitian	24
3.2.1 Laptop	24
3.2.2 Perangkat Lunak Autodesk Inventor 2014	25
3.2.3 Perangkat Lunak Ansys	25
3.3 Data Survei	26
3.3.1 Spesifikasi Mesin Tiger 30cc	26
3.4 Diagram Alir	28
3.5 Tahap Mendesain Poros Engkol	29
3.5.1 Menyalakan Komputer Dan Pilih perangkat lunak autodesk inventor 2014	29
3.6 Tahapan Menggunakan Ansys	30
3.6.1 Tampilan Awal Workbench 15.0	30
3.6.2 Menentukan Analisis Sistem	30
3.6.3 Engineering Data	31

3.6.4 Menentukan Geometry	32
3.6.5 Tahap Menampilkan Spesimen ke Model	33
3.6.6 Tahap <i>Meshing Static Structural</i>	33
3.6.7 Hasil <i>Force dan Fixed Support</i>	34
3.6.8 Hasil <i>Rotation Velocity dan Moment</i>	34
3.6.8 Pemberian pengujian yang sudah ditentukan	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Gambar Poros Engkol Tiger 30cc	36
4.1.1 Hasil Gambar Poros Engkol Sesuai Geometri	36
4.1.2 Konsep Uji <i>Static Structural</i> Pada Poros Engkol	37
4.1.3 Konsep Uji <i>Transient Struktural</i> Pada Poros Engkol	37
4.2 Hasil Pembahasan Simulasi <i>Static Structural</i>	38
4.2.1 Hasil Pembahasan <i>Total Deformation</i>	38
4.2.2 Hasil Grafik Simulasi <i>Total Deformation</i>	40
4.2.3 Hasil Pembahasan <i>Equivalent Stress</i>	41
4.2.4 Hasil Grafik Simulasi <i>Equivalent Stress</i>	42
4.3 Hasil Pembahasan Simulasi <i>Transient Structural</i>	44
4.3.1 Hasil Pembahasan <i>Total Deformation</i>	44
4.3.2 Hasil Grafik Simulasi <i>Total Deformation</i>	46
4.3.3 Hasil Pembahasan <i>Equivalent Elastic Strain</i>	48
4.3.4 Hasil Grafik Simulasi <i>Equivalent Elastic Strain</i>	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 :	Komposisi Kimia (%)	13
Tabel 3.1 :	Skedjul Proses Penelitian	24
Tabel 3.2 :	Spesifikasi dan Model Mesin Tiger 30cc	26
Tabel 4.1 :	Hasil Pengujian Static Struktural	43
Tabel 4.2 :	Pengujian Hasil Transient Structural	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Poros Engkol Beserta Komponen	6
Gambar 2.2	Poros Engkol Tunggal	6
Gambar 2.3	Poros Engkol Ganda	7
Gambar 2.4	Struktur Dari Besi Tuang Kelabu	8
Gambar 2.5	Hasil-Hasil Daari Besi Tuang Kelabu	8
Gambar 2.6	Bentuk Struktur Dari Besi Tuang Putih	9
Gambar 2.7	Struktur besi tuang mampu tempa	10
Gambar 2.8	Struktur besi tuang mampu tempa Pada bahan magnesium	10
Gambar 2.9	Hasil dari besi noduler	11
Gambar 2.10	Posisi fraktur poros engkol pada mesin kompresor udara	12
Gambar 2.11	Permukaan fraktur poros engkol	13
Gambar 2.12	Makrokospik dari permukaan fraktur	14
Gambar 2.13	Tegangan Normal	16
Gambar 2.14	Tegangan tarik pada batang penampang luas A	17
Gambar 2.15	Tegangan Tekan	18
Gambar 2.16	Tegangan geser	19
Gambar 2.17	Tegangan lengkung pada batang rocker arm	20
Gambar 2.18	Tegangan puntir	20
Gambar 2.19	Metode elemen hingga	22
Gambar 2.20	Konsep metode elemen hingga	23
Gambar 3.1	Mesin tiger 30 cc	26
Gambar 3.2	Komponen pada mesin tiger 30 cc	27
Gambar 3.3	Diagram alir	29
Gambar 3.4	Tahap desain dan <i>finishing</i> poros engkol dengan <i>inventor2014</i>	29
Gambar 3.5	Tampilan awal <i>static structural ansys workbench 15.0</i>	30
Gambar 3.6	Tampilan awal <i>static structural ansys workbench 15.0</i>	30
Gambar 3.7	Outline of general material	31
Gambar 3.8	Propertis material	31
Gambar 3.9	Memilih geometry	32
Gambar 3.10	Geometry selesai di import	32
Gambar 3.11	Model poros engkol dalam ansys 15.0	33
Gambar 3.12	<i>Meshing ansys static structural</i>	33
Gambar 3.13	<i>Force dan Fixed Support</i> pada Poros Engkol	34
Gambar 3.14	<i>Rotational Velocity dan Moment</i> pada poros engkol	34
Gambar 4.1	Hasil Gambar Poros Engkol 10,2 mm	36
Gambar 4.2	Hasil Gambar Poros Engkol 12,2 mm	36
Gambar 4.3	Hasil Gambar Poros Engkol 14,2 mm	37
Gambar 4.4	Konsep Uji Static	37
Gambar 4.5	Hasil Simulasi <i>Total Deformation</i> Poros Engkol 10,2 mm	38
Gambar 4.6	Hasil Simulasi <i>Total Deformation</i> Poros Engkol 12,2 mm	38
Gambar 4.7	Hasil Simulasi <i>Total Deformation</i> Poros Engkol 14,2 mm.	39
Gambar 4.8	Grafik Simulasi <i>Total Deformation</i>	40
Gambar 4.9	Hasil Simulasi <i>Equivalent Stress</i> Poros Engkol 10,2 mm	41
Gambar 4.10	Hasil Simulasi <i>Equivalent Stress</i> Poros Engkol 12,2 mm	41

Gambar 4.11	Hasil Simulasi <i>Equivalent Stress</i> Poros Engkol 14,2 mm	42
Gambar 4.12	Grafik simulasi <i>Equivalent stress</i>	42
Gambar 4.13	Hasil Simulasi <i>Total Deformation</i> Poros Engkol 10,2mm	43
Gambar 4.14	Hasil Simulasi <i>Total Deformation</i> Poros Engkol 12,2mm	44
Gambar 4.15	Hasil Simulasi <i>Total Deformation</i> Poros Engkol 14,2mm	44
Gambar 4.16	Grafik Simulasi <i>Total Deformation</i>	45
Gambar 4.17	Hasil Simulasi <i>Equivalent Elastic Strain</i> Poros Engkol 10,2mm	46
Gambar 4.18	Hasil Simulasi <i>Equivalent Elastic Strain</i> Poros Engkol 12,2mm	46
Gambar 4.19	Hasil Simulasi <i>Equivalent Elastic Strain</i> Poros Engkol 14,2mm	46
Gambar 4.20	Grafik simulasi <i>equivalent elastic strain</i>	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu tujuan diciptakannya teknologi adalah untuk mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup. Hal ini dapat dirasakan dan dibuktikan dengan semakin mudahnya manusia melakukan sesuatu untuk memenuhi kebutuhan hidup. Terlepas dari dampak negatif yang timbul akibat penemuan dan penciptaan teknologi yang baru, sains dan teknologi sangat dibutuhkan oleh manusia. Terutama kendaraan adalah hal yang dominan dibutuhkan manusia, oleh sebab itu kendaraan mempunyai komponen seperti mesin dan diantara ada pembakaran yg dihasilkan oleh kinerja poros engkol, batang torak dan piston.

Poros engkol terbuat dari baja tuang dan terletak pada blok mesin tengah, yang berfungsi untuk mengubah gerakan naik dan turun dari pada piston didalam silinder mesin menjadi gerak berputar didalam silinder, serta berfungsi untuk menerima tekanan gerak lurus dari piston dan diubah menjadi gerak putar. Poros engkol pada sepeda motor memiliki komponen-komponen utama yaitu : poros mesin, roda penerus, pena engkol dan bantalan. Poros engkol juga menerima beban yang berat selama beroperasi, dengan alasan ini maka poros engkol dibuat dari bahan baja karbon 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. Poros engkol 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.

Tujuan penelitian ini adalah: mengetahui kekuatan poros engkol yang sudah di gambar menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor berdasarkan ukuran yang sudah di teliti dan menganalisa konsentrasi tegangan dengan menggunakan perangkat lunak finite element (ANSYS)

Maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul **Analisa Tegangan Dan Modal Pada Poros Engkol Motor Bakar Satu Silinder dengan Daya Maksimum 1hp Menggunakan Perangkat Lunak ANSYS.**

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimanakah analisa konsentrasi tegangan dan modal pada poros engkol satu silinder?
- b. Bagaimanakah menguji geometri dengan menggunakan perangkat lunak finite element (ANSYS)?

1.3 Ruang Lingkup

Karena luasnya jangkauan permasalahan dalam pengujian material poros engkol maka perlu adanya pembatasan masalah, adapun batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui analisa konsentrasi tegangan dan modal pada poros engkol 1 silinder dengan variasi diameter yang ideal
2. Untuk menganalisa poros engkol yang ideal berkapasitas 1 hp dengan menggunakan perangkat lunak finite element (ANSYS).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisa konsentrasi tegangan pada poros engkol 1Hp menggunakan perangkat lunak finite element (ANSYS).
2. Untuk mengetahui kekuatan poros engkol terhadap besarnya diameter poros yang akan diuji dengan diameter poros yaitu 10,2mm , 12,2mm ,dan 14,2mm

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan poros engkol terhadap gesekan agar dapat menentukan dimana batas kekuatan poros engkol dan agar dapat membuat poros engkol yang baru lebih unggul setelah di analisa.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Pengertian Poros Engkol

Poros engkol adalah sebuah bagian pada mesin yang mengubah gerak vertikal atau horizontal dari piston menjadi gerak rotasi (putaran). Poros engkol juga berfungsi untuk meneruskan gaya putar yang menuju ke *flywheel* dan selanjutnya ke sistem pemindah tenaga. Poros engkol akan menerima beban dan tekanan yang sangat tinggi ketika mesin beroperasi, oleh sebab itu poros engkol harus terbuat dari bahan yang sangat kuat dan tahan terhadap tekanan, seperti mesin pompa, generator, dan kompresor (Al-Jazari, 2013)

Menurut Rinkle Garg dan Sunil Baghl model crankshaft dan engkol lemparan diciptakan oleh Pro / E Software dan kemudian diimpor ke software ANSYS. Dari hasil penelitian bahwa peningkatan kekuatan poros engkol sebagai batasan maksimum tegangan, deformasi total, dan ketegangan berkurang. Sebagai berat crankshaft menurun ini akan menurunkan biaya crankshaft dan meningkatkan performa mesin IC.

Telah mempelajari komputer dibantu modeling dan optimalisasi menurut CM Balamurugan, dkk membandingkan kinerja kelelahan dua bersaing teknologi manufaktur untuk crankshaft otomotif, yaitu ditempa baja dan besi ulet cor. Model tiga dimensi crankshaft diciptakan oleh perangkat lunak tepi solid dan kemudian diimpor ke software ansys. Proses optimasi termaksud perubahan geometri kompatibel dengan mesin saat ini, fillet bergulir dan hasil peningkatan kekuatan kelelahan dan mengurangi biaya crankshaft, tanpa mengubah menghubungkan batang dan blok mesin.

Dalam penelitian Gu yingkui, Zhou Zhibo menganalisa tiga model dimensi dari crankshaft mesin diesel didirikan dengan menggunakan PRO/E perangkat lunak dan analisa ansys, menunjukkan bahwa wilayah stress yang tinggi terutama

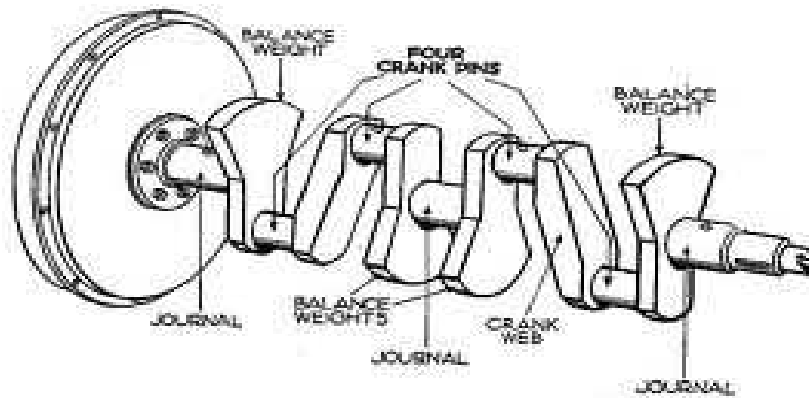
pada buku-buku jari engkol lengan, dan jurnal utama serta menghubungkan jurnal batang yang merupakan daerah fatal yang mudah rusak.

RJ Deshbhratar, dan YR Suple mengalisa tentang *crankshaft* 4-silinder dan model *crankshaft* diciptakan oleh Pro/E software dan kemudian diimpor ke software ansys deformasi maksimum muncul ditengah permukaan crankshaft . tegangan maksimum muncul di fillet antara jurnal crankshaft dan pipi engkol. 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 ,crankpin dan pipi engkol Sehingga daerah ini muncul kelelahan retak lentur.

2.2. Komponen Poros Engkol

Komponen-komponen yang terdapat pada poros engkol terdiri dari *crank pin*, *crank journal*, *crank arm*, *crankshaft bearing*, *balance weight* dan lubang oli.

- *Crank journal* ditopang oleh bantalan luncur pada *crankcase* (ruangengkol) atau blok silinder dan poros engkol ini akan berputar pada journalnya.Masing-masing dari *crank journal* memiliki crank arm dan pada ujung *crank arm* terdapat *crank pin*.
- *Crank pin* merupakan bagian yang berhubungan dengan batang piston pada bagian *big end* (ujung yang besar). Posisi antara *crank pin* dengan *crank journal* dibuat tidak sejajar melainkan dibuat offset.
- *Balance weight* pada poros engkol digunakan untuk menjamin keseimbangan putaran dari poros engkol ketika beroperasi.
- Lubang oli di poros engkol digunakan untuk menyalurkan oli pelumas ke *crank journal*, *crank pin*, batang piston, pena piston dan lain-lain.



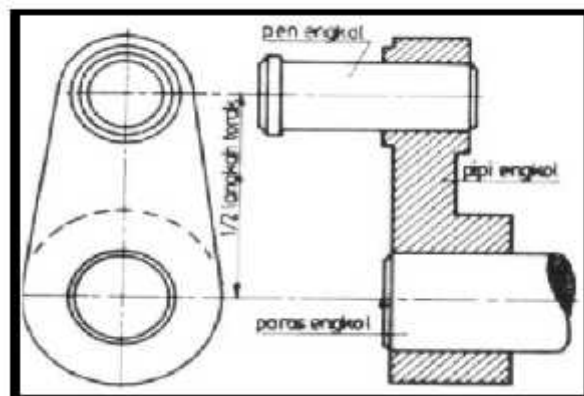
Gambar 2.1 poros engkol beserta komponennya

(<http://otomotif-mobil.blogspot.com>. 2014)

Poros engkol dalam dunia praktek terbagi 2 macam, yaitu:

1. Poros Engkol Tunggal

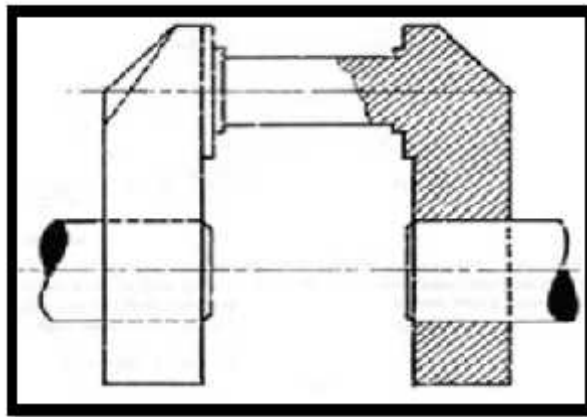
Poros ini terdiri dari sebuah poros engkol dan sebuah pen engkol. Keduanya diikat menjadi satu oleh pipi engkol yang pemasangannya menggunakan cara pengingsutan. Pipi engkol biasanya dibuat dari baja tuang, sedangkan pen engkolnya dari baja st.50 atau st.60. jarak antara sumbu pen engkol dengan sumbu poros engkol adalah setengah langkah torak.



Gambar 2.2 Poros Engkol Tunggal (Cindyantika, 2013)

2. Poros engkol ganda

Poros engkol ini mempunyai 2 buah pipi engkol terdiri dari satu bahan sedang pemasangan poros engkolnya adalah dengan sambungan insutuan. Poros-poros engkol ini bahan dibuat dari besi tuang khusus. Disamping harga pembuatannya lebih ringan, besi tuang itu mempunyai sifat dapat menahan getaran-getaran.



Gambar 2.3 poros engkol ganda (Cindyantika, 2013)

2.3 Material Poros Engkol

Poros engkol terbuat dari baja campuran yang dituang atau ditempa dari besi tuang nodular, kemudian semua permukaan tempat pemasangannya dan bantalan dibubut secara presisi. Besi tuang atau besi cor (*cast iron*) adalah paduan besi carbon dengan kandungan karbon lebih dari 2% Perbedaan kadar C(carbon) dan Si(silikon) menyebabkan titik lebur besi tuang lebih rendah dari baja. . (Van Vliet, G, L, J dan Both,W. 1983)

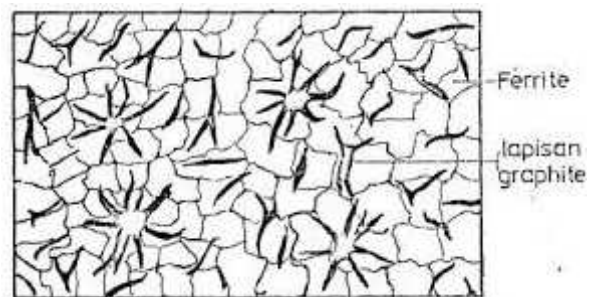
2.3.1 Jenis- Jenis Besi Tuang (*cast iron*)

Secara umum jenis utama dari besi tuang dapat dibagi menjadi 4 bagian, yaitu:

1. Besi Tuang Kelabu (*gray cast iron*)

Terdapat karbon didalam bahan yang berbentuk lamel-lamel grafit. Lamel-lamel itu berbentuk seperti suatu jenis dedaunan, lamel-lamel grafit yang kecil

memberikan warna kelabu pada permukaan tempat patahnya, karena itulah diberikan dengan nama besi tuang kelabu. Grafit ini merupakan zat arang(karbon) murni, bahan yang lemah dan tidak dapat menahan gaya-gaya tarik (gaya tekan) , dan lamel-lamel grafit ini merupakan keretakan-keretakan di dalam bahan sehingga bahan mudah cepat patah, oleh sebab itu besi tuang kelabu tidak kuat dan sangat getas.



Gambar 2.4 struktur dari besi tuang kelabu (*gray cast iron*)

Pada besi tuang kelabu mempengaruhi bahwa tebalnya benda kerja tuangan sangat menentukan untuk sifat-sifat mekanis yang diperolehnya, bila dari kualitas yang sama kita menuangkan sebuah batang yang lebih tipis maka iya akan lebih kuat dan batang yang lebih tebal akan lebih lunak, oleh karena itu sebuah benda kerja tuangan dengan ketebalan-ketebalan sifat-sifat kekuatan akan bervariasi menurut ketebalan sebuah benda . (Van Vliet, G, L, J dan Both, W. 1983)



Gambar 2.5 hasil- hasil dari besi tuang kelabu : pipa air pendingin, pompa air kotor, roda gigi tirus dan baling-baling kapal

2. Besi Tuang Putih (*white cast iron*)

Dalam keadaan tertentu seperti kadar silicium rendah dan kecepatan pendinginan yang tinggi, zat arang (karbon) didalam besi tuang saat beku tidak bisa dipisahkan menjadi karbon bebas tetapi menjadi grafit. Saat besi bersenyawa disebut sementif, maka bahan yang terjadi sangat keras , apabila dipatahkan maka terlihat permukaannya putih makanya lamel-lamel pada besi tuang ini tidak ada.

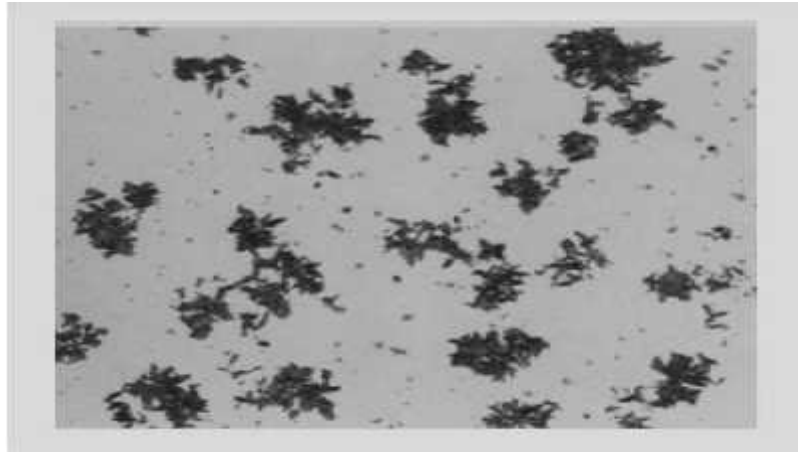


Gambar 2.6 bentuk struktur besi tuang putih (*white cast iron*)

Besi tuang ini sedemikian keras sehingga hanya dapat dikerjakan dengan pengasahan, tetapi karena kerasnya itu besi tuang ini sangat lah tahan aus karena kekerasannya, jenis besi tuang ini hanya dipakai untuk bahan yang keras saja , tetapi mempunyai kerugian yaitu sangat getas sehingga cepat patah. Besi tuang putih ini merupakan bahan baku untuk pembuatan besi tuang mampu tempa. (Van Vliet, G, L, J dan Both,W. 1983)

3. Besi Tuang Mampu Tempa (*malleable cast iron*)

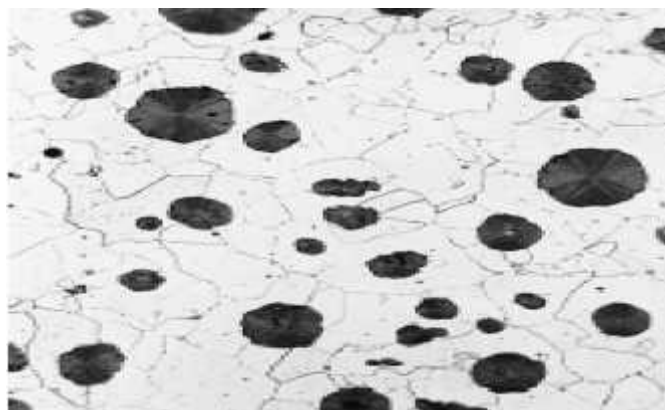
Besi tuang mampu tempa merupakan besi tuang putih yang diberi perlakuan panas sampai kurang lebih 900 °C. Perlakuan panas yang diterapkan pada besi tuang putih umumnya adalah anil yang bertujuan untuk memisahkan karbida besi Fe_3C menjadi besi dan grafit. Secara umum, besi tuang ini memiliki sifat yang sama seperti baja ringan . Besi tuang jenis ini memiliki mampu tempa yang sangat baik, serta ketahanan terhadap beban kejut dan mampu mesin yang baik sehingga banyak digunakan pada industri kereta api, otomotif, sambungan pipa dan industri pertanian. Pada transportasi ini dapat terjadi 2 hal,yaitu besi tuang murni dan besi tuang muda. . (Van Vliet, G, L, J dan Both,W. 1983)



Gambar 2.7 Struktur besi tuang mampu tempa

4. Besi Tuang Noduler

Besi tuang noduler memiliki bentuk grafit yang bulat. Penambahan magnesium dan cerium (paduan Fe-Si-Mg) pada saat besi tuang dalam keadaan cair menyebabkan grafit menjadi bulat (nodularisasi). Besi tuang noduler mempunyai kekuatan, keuletan dan ketangguhan yang lebih baik dibandingkan besi tuang kelabu, karena bentuk grafitnya yang bulat maka konsentrasi regangannya menjadi lebih kecil. Besi tuang noduler diperoleh dengan pada tahap pertama bertoak dari bahan-bahan dasar murni dan proses peleburan yang bersih dan mudah ditangani.



Gambar 2.8 Struktur besi tuang mampu tempa Pada bahan magnesium biasanya dalam bentuk paduan, magnesium berusaha supaya grafitnya dipisahkan

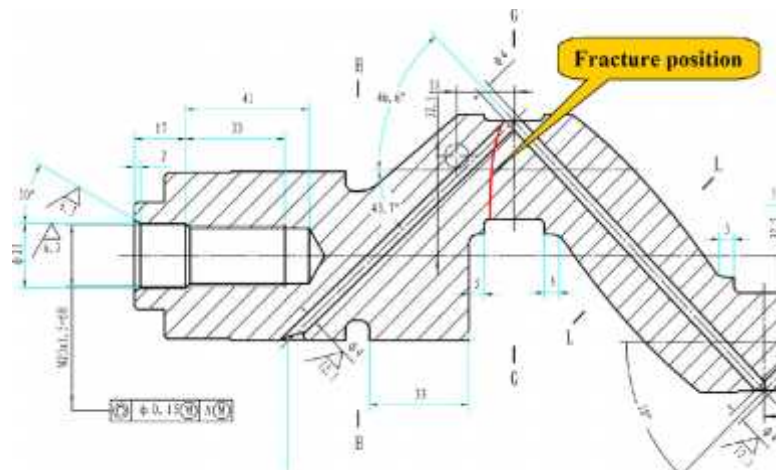
dalam bentuk bulat dengan syarat-syarat tertentu. Jenis besi tuang ini dinyatakan dengan GN, besi tuang ini di gunakan pada bahan poros engkol , blok silinder, batang torak, dan ain-lain. (Van Vliet, G, L, J dan Both,W. 1983)



Gambar 2.9 Hasil dari besi noduler: poros engkol, blok silinder dan batang torak

2.3.2 Metode Kegagalan Material Poros Engkol

Poros engkol merupakan komponen struktural yang mengubah piston linier menjadi gerakan berputar menunjukkan bahwa kelelahan mekanik yang dihasilkan oleh beban lentur pada ilets dan torsi stabil mungkin ini adalah penyebab paling umum dari kegagalan poros engkol, dalam mengetahui penyebab terjadinya fraktur kegagalan poros engkol dilakukan : *analisa eksperimental* poros engkol, *analisa fitur makroskopik* , serta melakukan perhitungan teoritis.



Gambar 2.10 posisi fraktur poros engkol pada mesin kompresor udara

1. Analisa Eksperimental Poros Engkol

Analisis unsur kimia adalah untuk secara akurat menentukan elemen konten dari bahan poros engkol dan membandingkannya dengan nilai standar, kemudian menentukan apakah bahan poros engkol cocok. Analisis kimia dari bahan poros engkol retak dilakukan dengan menggunakan spektrometer. Pemeriksaan komposisi kimia dari sampel yang diambil pada titik fraktur dilakukan. Tabel 2.1. memberikan komposisi kimia dari poros engkol dan komposisi standar 42CrMo.

(a) Sisi depan

(b) sisi belakang





(c) engkol dari poros

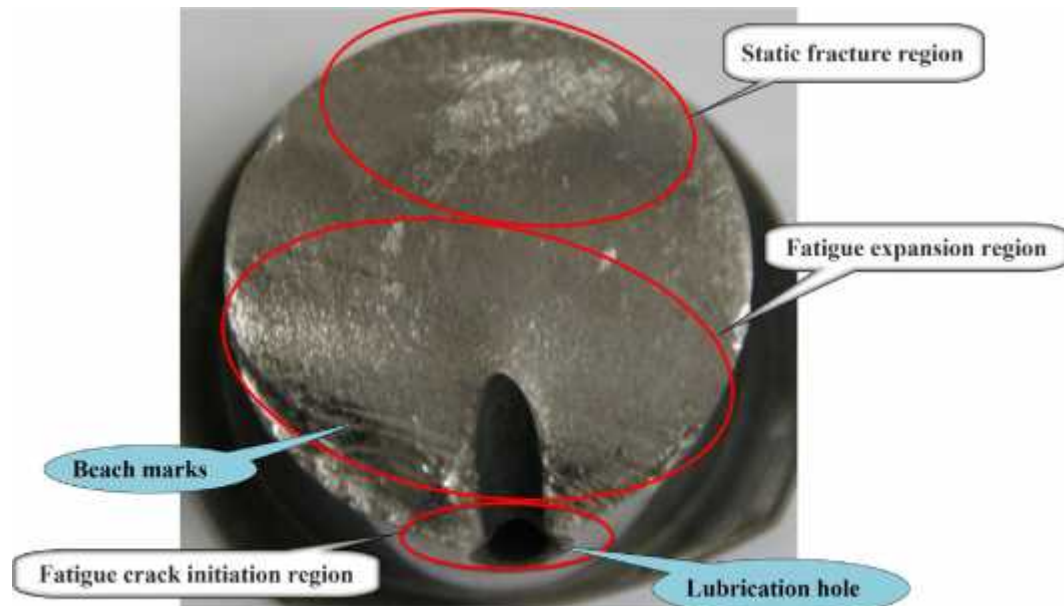
Gambar 2.11 permukaan fraktur poros engkol

Tabel 2.1 Komposisi kimia (%).

Elemen	Spesifikasi	Sebenarnya
C	0,38-0,45	0,41
cr	0,90-1,20	0,95
Mo	0,15-0,25	0,15

2. Analisa Mikrokopis

Permukaan patahan ditampilkan di Gambar. 2.12 dapat dibagi menjadi tiga wilayah: (1) wilayah ini siasi retak kelelahan, (2) wilayah ekspansi kelelahan dan (3) wilayah fraktur statis. Fraktur bencana yang menunjukkan tingkat pertumbuhan retak kelelahan yang tinggi tampaknya menjadi konsekuensi dari lentur tinggi, loading membungkuk terlalu tinggi adalah bahwa misalignment jurnal utama dan fillet kecil dari lubang pelumasan. (Li,wei.Yan,qing. Xue,jianhua 2015)



Gambar 2.12 Makroskopik dari permukaan fraktur

3. Perhitungan Teoritis

Sesuai dengan kondisi kekuatan poros engkol ketika bekerja, bagian berbahaya adalah permukaan lubang pelumasan dan transisi fillet jurnal.

2.4 Tegangan

Tegangan ialah gaya / satuan luas, tegangan dapat dibedakan atas dua keadaan, yaitu:

a) Tegangan Beban (*load stress*)

Tegangan ialah tegangan-tegangan yang terjadi akibat gaya-gaya luar, Tegangan beban pada perencanaan konstruksi harus diperhitungkan pada tegangan di daerah elastis bahan, karena tegangan pada elastis akan menjadi hilang. Besar kecilnya tegangan beban yang diperbolehkan dari suatu bahan, semata-mata tergantung pada kekuatan bahan itu sendiri. Tegangan beban dapat dibedakan atas 2 hal:

1. Tegangan Statistik

Yaitu tegangan yang disebabkan oleh gaya statistik. Gaya statistik ialah gaya yang berubah besar, arah, dan titik tangkapnya.

2. Tegangan Dinamis

Yaitu tegangan akibat gaya-gaya yang berubah besarnya, arahnya atau juga kedua-dua berubah. Karena keadaan yang berubah-ubah, besar tegangan dinamis yang diijinkan lebih kecil dari tegangan statistik yang diijinkan.

Berdasarkan arah dari gaya-gaya luar, tegangan beban dapat pula dibedakan, sebagai berikut:

- Tegangan akibat gaya-gaya aksial (searah dengan sumbu memanjang batang), seperti tegangan tarik dan tegangan tekan
- Tegangan akibat gaya-gaya arah radial (tegak lurus dengan sumbu memanjang batang), seperti tegangan lengkung, tegangan geser, dan tegangan punter.
- Tekanan gabungan akibat gabungan gaya dengan gaya-gaya yang berlainan arah atau gabungan gaya-gaya dengan momen.
- Tekan bidang (tekanan permukaan) : tekanan akibat gaya-gaya atau beban pada permukaan yang bersinggungan.

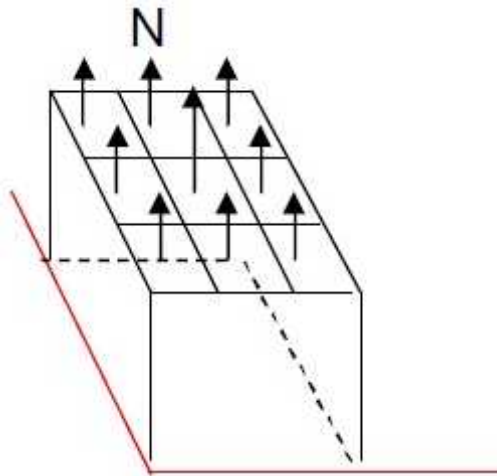
b) Tegangan sisa (*residual stress*)

tegangan sisa ialah tegangan yang terjadi bukan disebabkan gaya-gaya luar, melainkan karena sebab-sebab lain yang tidak dapat diketahui seperti tegangan beban. Tegangan sisa ini bersifat mengurangi kekuatan tegangan bahan, beban yang selalu berubah-ubah, pukulan dan getaran dapat pula menimbulkan tegangan sisa.

2.4.1 Jenis-Jenis Tegangan

a). Tegangan Normal

Tegangan normal terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda. Jika gaya dalam diukur dalam N, sedangkan luas penampang dalam m², maka satuan tegangan adalah N/m² atau dyne/cm².



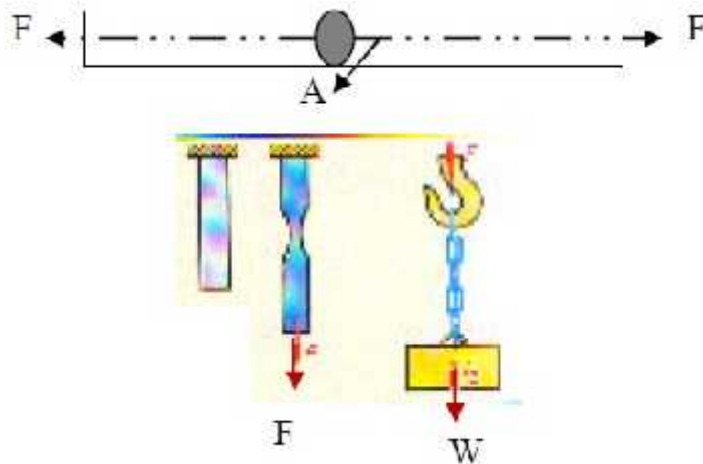
Gambar 2.13 Tegangan Normal

Tegangan normal bila luas penampang = $A \text{ m}^2$ dan besarnya gaya $F_n = \text{kg.f}$

$$\sigma = \frac{F_n}{A} = \frac{\text{kg.f}}{\text{m}^2}$$

b). Tegangan Tarik

Tegangan tarik pada umumnya terjadi pada rantai, tali, paku keling, dan lain-lain. Rantai yang diberi beban W akan mengalami tegangan tarik yang besarnya tergantung pada beratnya.



Gambar 2.14 tegangan tarik pada batang penampang luas A

Persamaan tegangan tarik dapat di tuliskan :

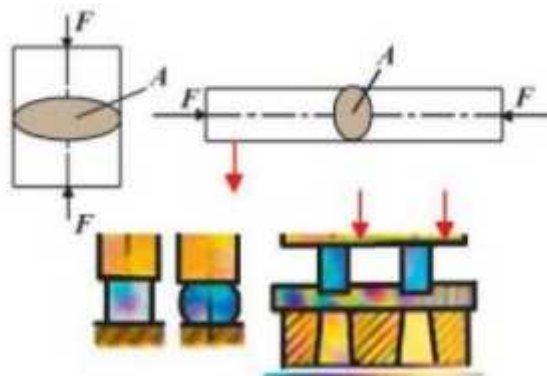
$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{F_d}{A}$$

Dimana : F = gaya tarik, dan A = luas penampang

c). Tegangan Tekan

Tegangan tekan terjadi bila suatu batang diberi gaya F yang saling berlawanan dan terletak dalam satu garis gaya. Misalnya, terjadi pada tiang bangunan yang belum mengalami tekukan, porok sepeda, dan batang torak. Tegangan tekan dapat

ditulis: $\sigma_d = \frac{F}{A}$



Gambar 2.15 Tegangan Tekan

Jika terjadi tidak kesetabilan ,batang akan mengalami perubahan posisi disebut lekukan. Agar jangan terjadi lekukan , gaya tekan harus lebih kecil dibandingkan

gaya kritis. Euler dan J.B Johnson mendapatkan rumus-rumus untuk menentukan gaya kritis :

1. Rumus Euler
$$P_{kr} = \frac{C\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2} \text{ (kg)}$$

2. Rumus J.B Johnson
$$P_k = F\sigma_{lu} \left(l - \frac{\sigma_{lu} l^2}{4 \cdot C \pi^2 \cdot E \cdot i^2} \right)$$

Dimana :

E = luas penampang (cm²)

I = momen kelembapan penampang minimum (cm²)

l = panjang batang (cm)

i = jari-jari kelembaman

$$= \sqrt{\frac{I}{F}} \text{ (cm)}$$

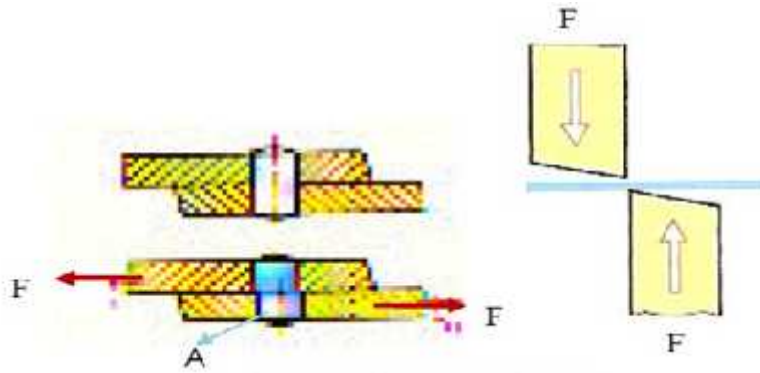
C = koefisien pemasangan

E = modulus elastis bahan (kg/cm²)

σ_{lu} = tegangan pada batas lumer bahan (kg/cm²)

d. Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi. Misalnya: sambungan keling, gunting, dan sambungan baut.



Gambar 2.16 tegangan geser

Pada gambar diatas, dua gaya F sama besar berlawanan arah . gaya F bekerja merata pada penampang A pada material akan timbul tegangan gesernya.

$$\tau_g = \frac{\text{gaya dalam}}{\text{luas penampang}}$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Untuk konstruksi pada paku keling, maka $F_{\text{maksimum}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$

Tegangan geser terjadi karena adanya gaya radial F yang bekerja pada penampang normal dengan jarak yang relatif kecil, maka pelengkungan benda diabaikan. Untuk hal ini tegangan yang terjadi adalah Apabila pada konstruksi mempunyai n buah paku keling, maka sesuai dengan persamaan dibawah ini tegangan gesernya adalah

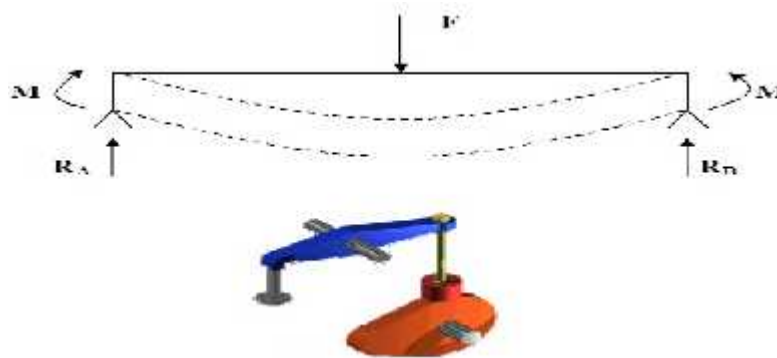
$$\tau_g = \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$$

$$\tau_g = \frac{F}{n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2}$$

dimana D = diameter paku keling

e. Tegangan Lengkung

Misalnya, pada poros-poros mesin dan poros roda yang dalam keadaan ditumpu. Jadi, merupakan tegangan tangensial. Gambar 20. Tegangan lengkung pada batang rocker arm.



Gambar 2.17 tegangan lengkung pada batang rocker arm

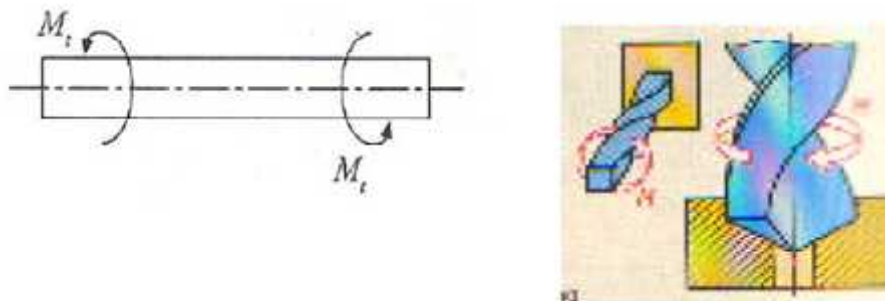
$$F = R_A + R_B \quad \text{dan} \quad \tau_b = \frac{M_b}{W_b}$$

M_b = Momen lengkung

W_b = Momen tahanan lengkung

f. Tegangan Puntir

Tegangan puntir sering terjadi pada poros roda gigi dan batang-batang torsi pada mobil, juga saat melakukan pengeboran. Jadi, merupakan tegangan tangensial.



Gambar 2.18 tegangan puntir

Benda yang mengalami beban puntir akan menimbulkan tegangan puntir sebesar :

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_p}$$

Dimana, M_t = momen puntir (torsi)

W_p = momen tahanan polar (pada puntir)

(Isma putra, Boy. Hidayat, alfan. Purnama, jaka. (2008)

2.5 FEM (Finite Elements Method)

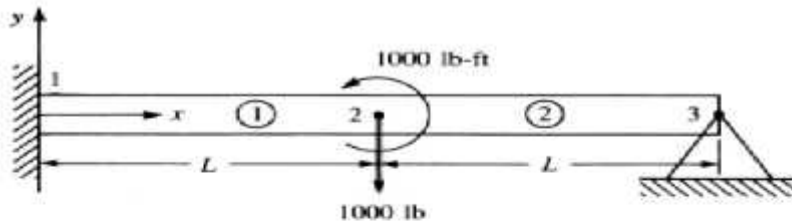
FEM adalah singkatan dari finite element method, dalam bahasa Indonesia disebut metode elemen hingga. Konsep paling dasar FEM adalah, menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga. Bagian-bagian kecil ini kemudian dianalisa dan hasilnya digabungkan kembali untuk mendapatkan penyelesaian untuk keseluruhan daerah. Kata “ finite atau terhingga” digunakan untuk menekankan bahwa bagian-bagian kecil tersebut tidak tak terhingga , seperti yang lazim digunakan pada metode integral analitik.

Memembagi bagian analisa menjadi bagian-bagian kecil disebut “ discretizing atau diskritisasi “ bagian –bagian kecil ini disebut elemen, yang terdiri dari titik-titik sudut (nodal atau node) dan daerah elemen yang terbentuk dari titik-titik tersebut. Membagi sebuah objek menjadi bagian-bagian kecil secara fisika sebenarnya menuntun kita pada pembuatan persamaan diferensial . jadi secara lebih matematis, FEM didefinisikan sebagai teknik numerik untuk menyelesaikan problem yang dinyatakan dalam persamaan diferensial . namun biasanya didefinisi FEM secara matematis memberikan kesan yang rumit yang sebenarnya tidak perlu. Oleh karena itu dalam pelajaran kita, pendekatan matematis tidak terlalu ditekankan , meski demikian mengingat pentingnya ilustrasi persamaan FEM dan diferensial-integral (kalkulus) akan kita bahas secara detail pada kesempatan berikutnya.

Secara umum langkah-langkah dalam FEM

Melakukan modelisasi sederhana yang berlaku untuk setiap elemen, misalnya dimodelkan sebagai pegas, dimana pegas ini sifatnya sederhana, yaitu tegangan berbanding lurus dengan perubahan bentuknya.

Membuat formula sederhana untuk setiap element tersebut. Misalnya untuk pegas berlaku hukum $f=k.x$. dimana k adalah konstanta pegas, dan x adalah pertambahan panjang pegas. Pada langkah ini kita akan memperoleh sebuah persamaan yang disebut “ element stiffnes matrix “ atau matriks kekakuan element.



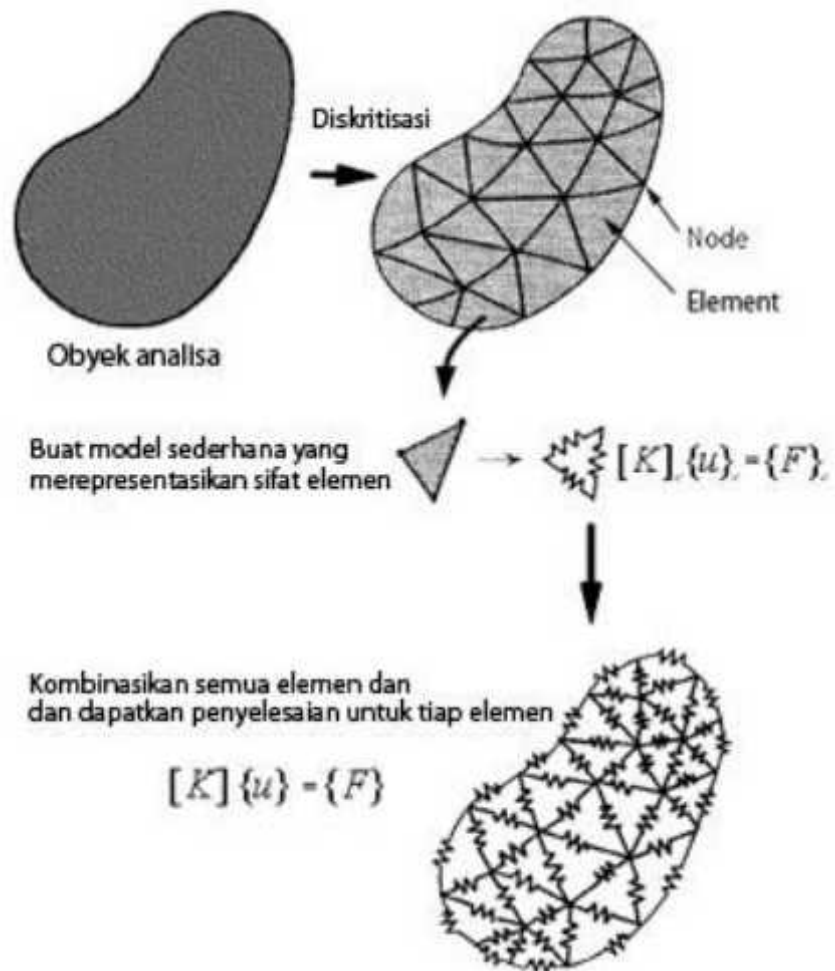
$$\underline{k}^{(1)} = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} d_{1y} & \phi_1 & d_{2y} & \phi_2 \\ 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}$$

$$\underline{k}^{(2)} = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} d_{2y} & \phi_2 & d_{3y} & \phi_3 \\ 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}$$

Gambar 2.19 metode elemen hingga

Mengkombinasi seluruh elemen dan membuat persamaan simultan yang mencakup semua variabel. Untuk elemen yang dimodelkan dengan pegas, mencakup f, k , dan x dari semua elemen. Biasanya pada langkah ini kita akan memperoleh sebuah persamaan yang disebut “ global stiffness matrix “ atau matriks kekakuan global . (Yongyao Luo, Zhengwei Wang, Guodong Chen, Zujian Lin . 2009)

Langkah- langkah diatas secara singkat digambarkan pada ilustrasi berikut.



Gambar 2.20 Konsep metode elemen hingga

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dilakukannya penelitian analisa konsentrasi tegangan dan modal pada poros engkol menggunakan perangkat lunak autodesk inventor 2014 dengan menganalisa menggunakan perangkat lunak ansys 15.0 dilakukan di *laboratorium* Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Waktu analisa pengujian dilakukan setelah mendapatkan izin dari dosen pembimbing hingga selesai.

Table 3.1 Skedjul proses penelitian

No	Kegiatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Studi pustaka	█								
2	Pengukuran diameter poros engkol tiger 30 cc		█		█					
3	Menggambar spesimen			█		█				
4	Mensimulasikan poros engkol				█		█			
5	pengujian poros engkol dengan metode statik					█		█		
7	Kesimpulan							█		
8	Penyelesaian skripsi								█	

3.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

3.2.1 Laptop

Spesifikasi Laptop yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Spesifikasi Laptop :

1. Processor : intel (R) core Tm i3 cpu M 380 @2.53GHz
2. RAM : 2 GB
3. Operating Sistem : Producy ID (Windows 7 ultimate – 64 bit)
4. DVD ROM : HP 430

5. Monitor : HP 430 14 inch Resolasi 1366x768
6. Keyboard : HP 430
7. Mouse : HP430

3.2.2 Perangkat Lunak AutoDesk Inventor 2014

Perangkat Lunak AutoDesk Inventor 2014 adalah suatu aplikasi dimana untuk menggambarkan poros engkol yang sudah diukur dan sudah terinstal pada laptop HP430. AutoDesk Inventor Profesional 2014 64-bit yang di dalamnya terdapat sketch gambar 2D dan 3D . Dengan persyaratan sistem pada komputer adalah sebagai berikut :

1. Processor : intel (R) core Tm i3 cpu M 380 @2.53GHz
2. RAM : 2 GB
3. System Type: 64-bit Operating System

3.2.3 Perangkat Lunak Ansys 15.0

Perangkat Lunak Ansys 15.0 ialah aplikasi pemograman untuk menganalisa tegangan dan modal dari gambar yang sudah di buat menggunakan AutoDesk Inventor. Ansys 2015 yang didalamnya terdapat mekanikal APDL 2015 dan *Workbench 2015*.

Dengan persyaratan sistem pada komputer adalah sebagai berikut:

1. Processor : intel (R) core Tm i3 cpu M 380 @2.53GHz
2. RAM : 2 GB
3. System Type: 64-bit Operating System

3.3 Data Survei

3.3.1 Spesifikasi Mesin Tiger 30 cc

Sebagai objek pada penelitian ini adalah sebuah mesin pemotong rumput tiger 30 cc yang banyak beredar dipasaran. Berikut ini data spesifikasi mesin tiger 30 cc:

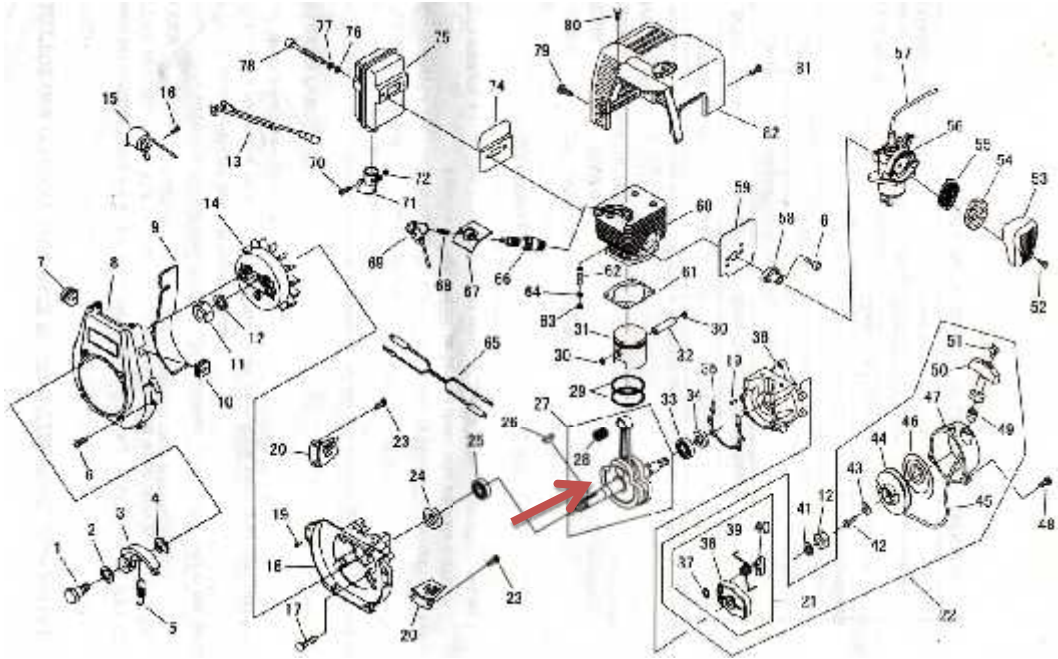


Gambar 3.1 mesin tiger 30 cc

Tabel 3.2 spesifikasi dan model mesin tiger 30 cc

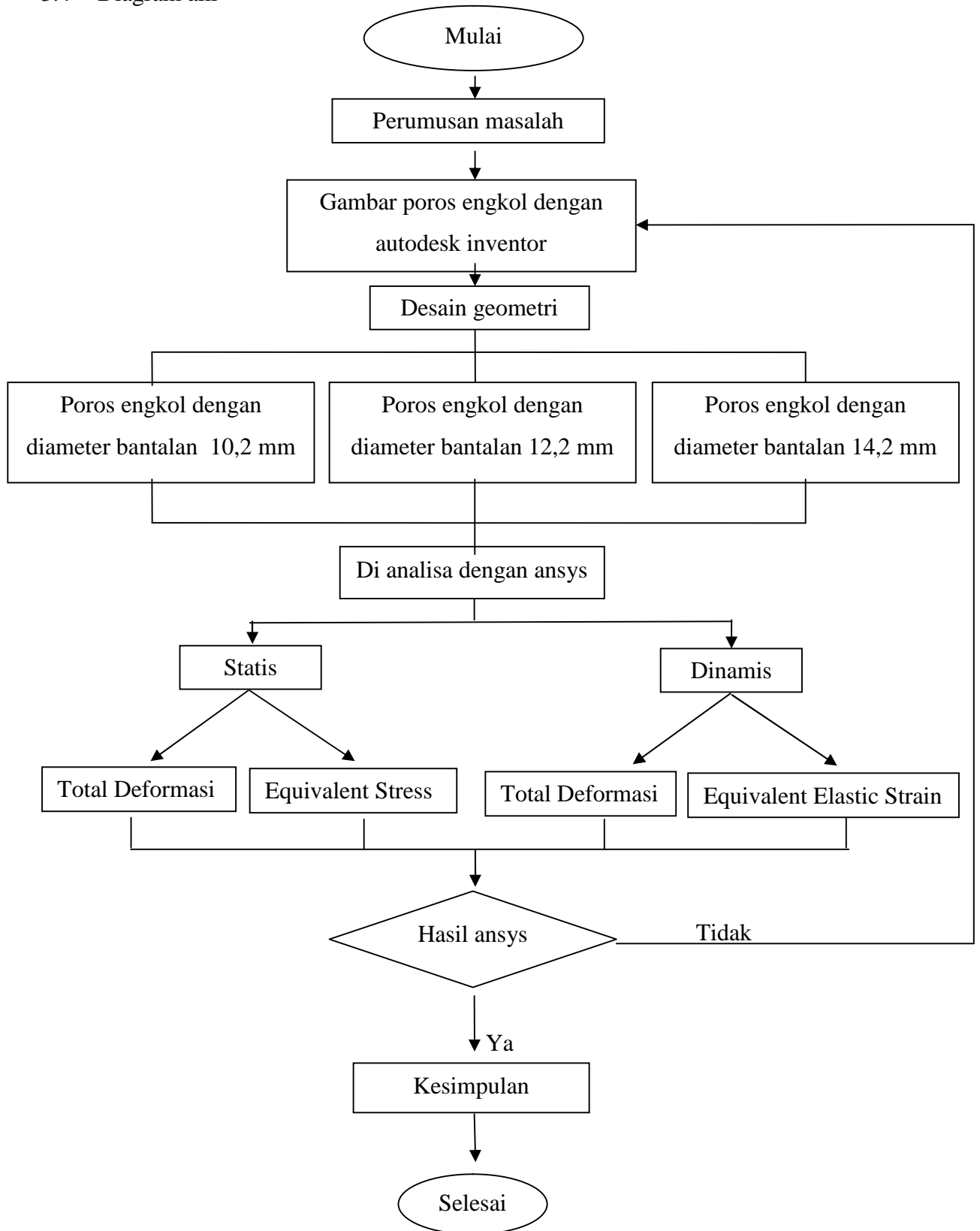
Model	BG-328 (A)
Engine	
Type	2 siklus, satu silinder, pendingin udara, bahan baka bensin
Displacement	30.5 cc
Max.Output	0.81 kw / 6000 rpm
Carburetor	Tipe Pelampung
Ignition System	IC pengapian (solid state)
Ignition Plug	BM-7A or Champion Cj6
Fuel	Perbandingan campuran udara dengan bahan bakar 25:1
Fuel Tank Capacity	1.2 liter
Body	
Drive	Poros flexible, poros jalan, pinion dan gear
Rotational Direction Of The Cutter viewed from the top of the cutter	Counter lockwise
Dimension	345x280x401 mm
Dry weight	9.4 kg

Gambar komponen- komponen yang terdapat pada mesin Tiger 30 cc, sebagai berikut:



Gambar 3.2 komponen pada mesin tiger 30 cc

3.4 Diagram alir

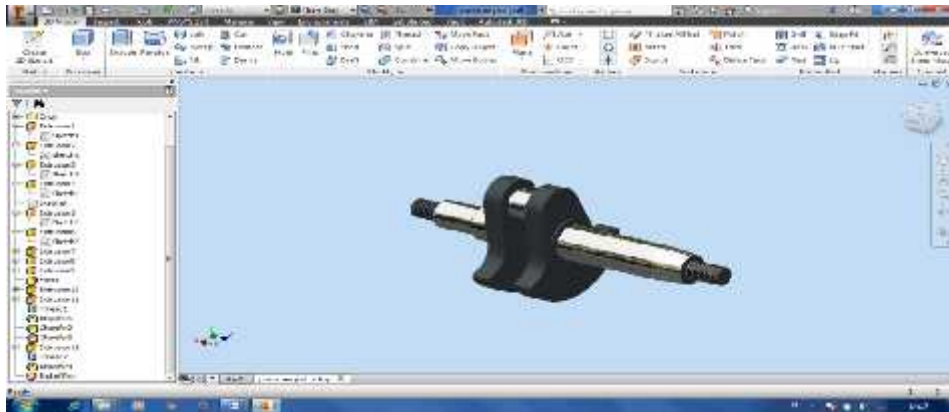


Gambar 3.3 Diagram alir

3.5 Tahap Menggambar Poros Engkol

3.5.1 Menyalakan Komputer Dan Pilih perangkat lunak Autodesk Inventor 2014

1. Langkah pertama buka perangkat lunak *Autodesk Inventor 2014* kemudian pilih new- metric-standart(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 nantinya selesai langsung di extrusion
5. Kemudian lakukan tahap demi tahap sehingga menjadi semua lingkaran yang di butuhkan untuk menggambar poros engkol
6. Setelah lingkaran yang di disain 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 bisa di gunakan di *ansys workbench 15.0*

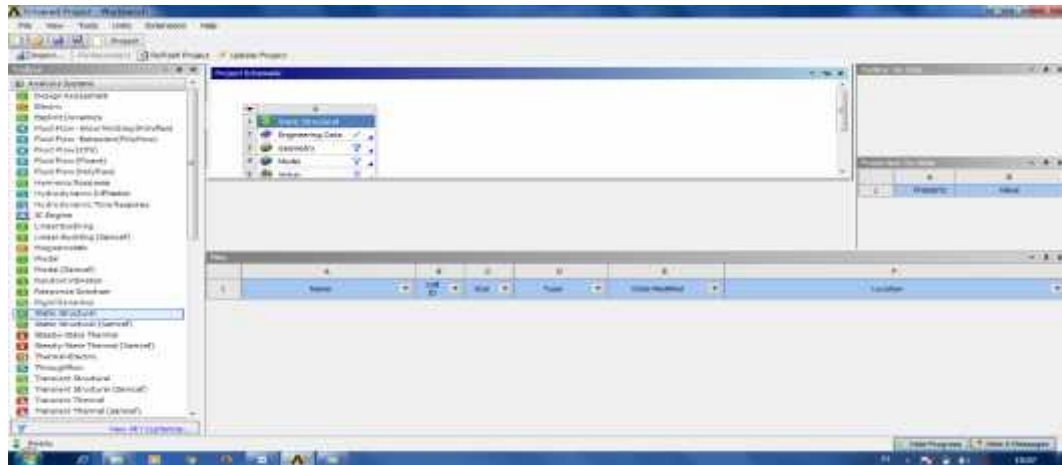


Gambar 3.4 Tahap desain dan finishing poros engkol dengan perangkat lunak *autodesk inventor 2014*

3.6 Tahapan Menggunakan Ansys Workbench 15.0

3.6.1 Tampilan Awal Pada *static structural ansys workbench 15.0*

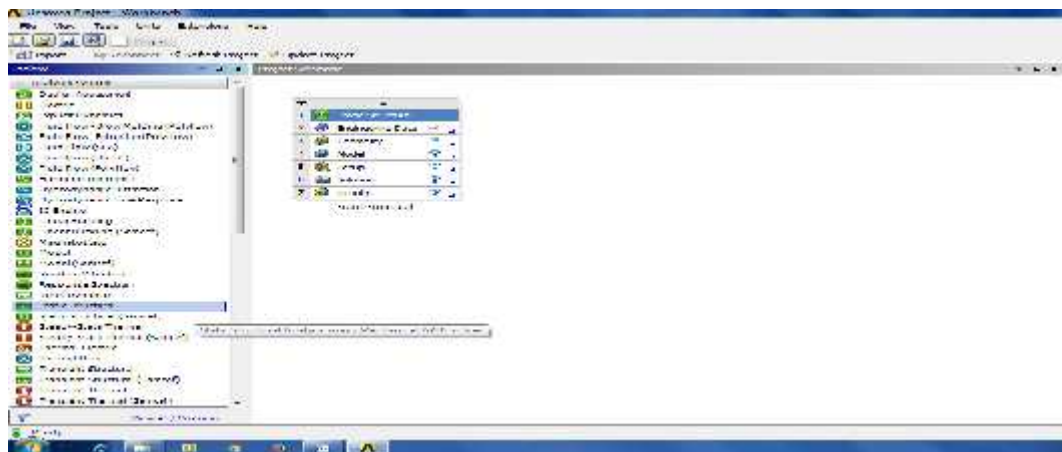
Pada tampilan ini pilih *static structural* di toolbox – klik dan arahkan ke project schematic - kemudian tunggu hingga keluar menu.



Gambar 3.5 Tampilan awal *static structural ansys workbench 15.0*

3.6.2 Menentukan Analisa System

Seperti yang sudah dijelaskan pada batasan masalah, simulasi yang digunakan dalam analisa ini adalah *static structural* . maka langkah selanjutnya adalah dengan mengklik *static structural* pada *toolbox*.



Gambar 3.6 Tampilan awal *static structural ansys workbench 15.0*

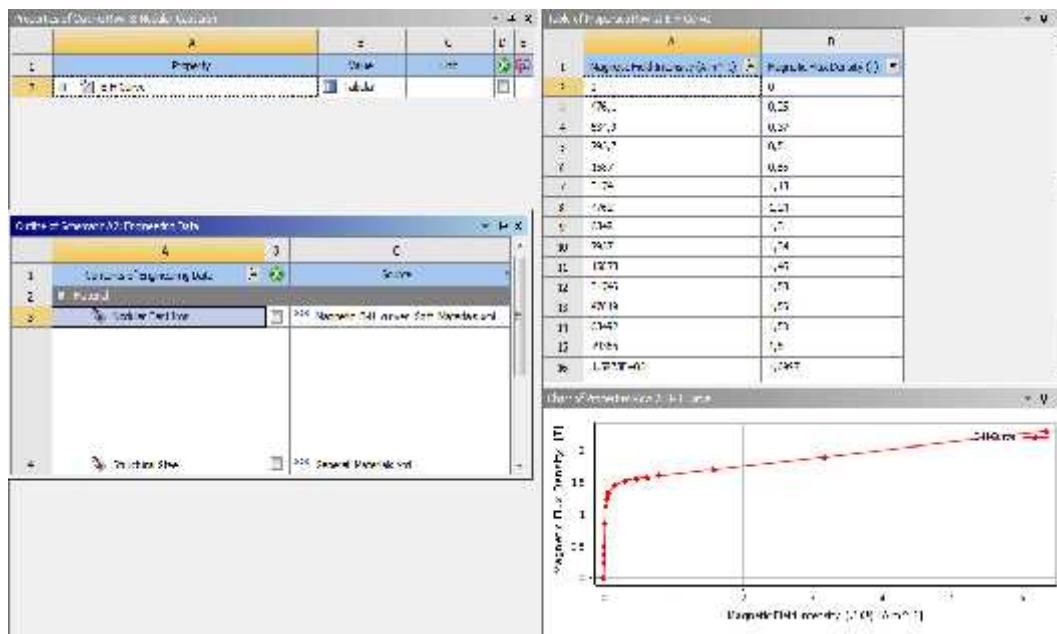
3.6.3 Engineering Data

Engineering Data adalah fitur yang bertujuan untuk menentukan jenis material yang digunakan pada objek yang akan dianalisa. Jenis material yang digunakan pada poros engkol adalah *cast iron noduler*.

Langkah yang harus dilakukan pada tahap ini adalah dengan mengklik dua kali pada *Engineering* → *nodular cast iron* → *return to project* . maka muncul outline

	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data		Source	Description
2	Material			
3	Nodular Cast Iron		Magnetic_B-H_curves_soft_Materials.xml	
4	Structural Steel		General_Materials.xml	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section B, Div 2, Table B-110.1
5	Click here to add a new material			

Gambar 3.7 Outline of general materials

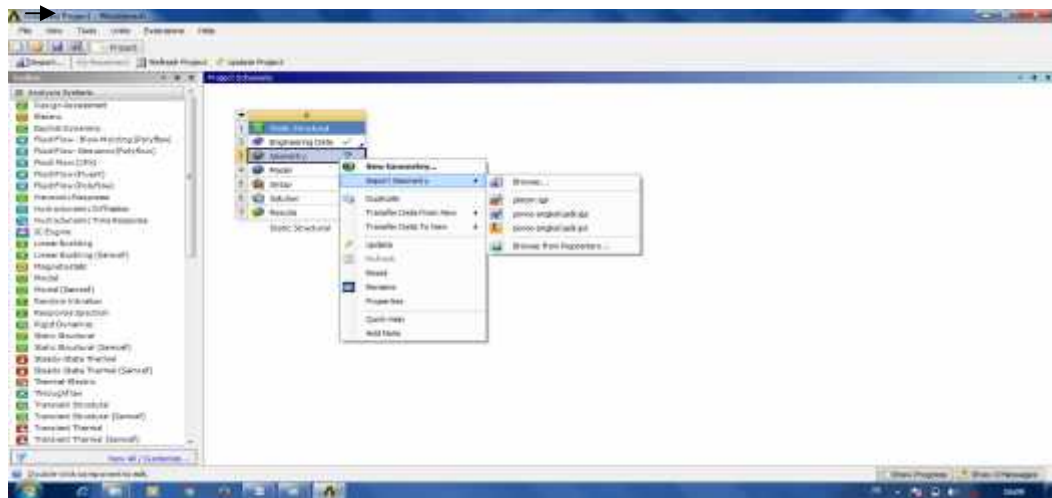


Gambar 3.8 Propertis material

3.6.4 Menentukan Geometry

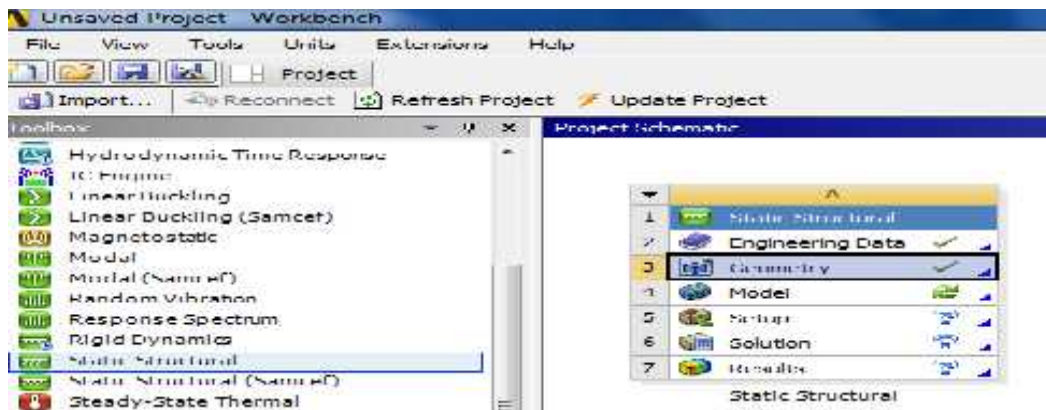
Fitur geometry adalah fasilitas yang diberikan *ansys workbench* yang bertujuan untuk mendesain sebuah model yang akan dianalisa. Dalam model ini kasus desain sudah dilakukan dengan menggunakan *software autodesk inventor 2014* . yang digunakan untuk menampilkan hasil permodelan adalah :

Dengan klik kanan pada geometry → import geometry → browse → pilih geometry yang sudah di desain menggunakan autodesk inventor dengan file IGES lalu open.



Gambar 3.9 Memilih geometry

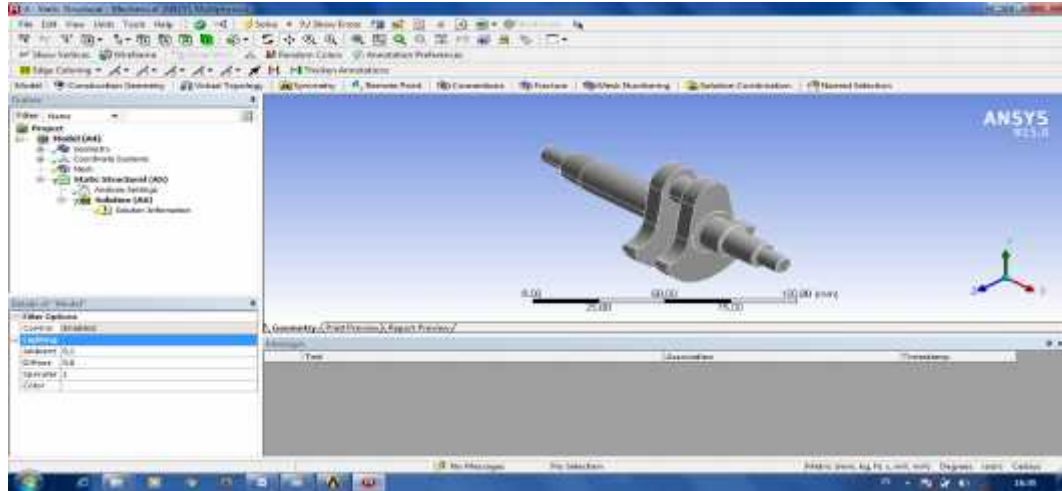
Setelah memilih mengimport *geometry* maka pada *geometry* akan muncul tanda ceklis (✓).



Gambar 3.10 Geometry selesai di import

3.6.5 Tahap Menampilkan Spesimen ke Model

Menampilkan spesimen ke model, proses masuk dengan mengklik dua kali model pada project schematic.



Gambar 3.11 Model poros engkol dalam ansys 15.0

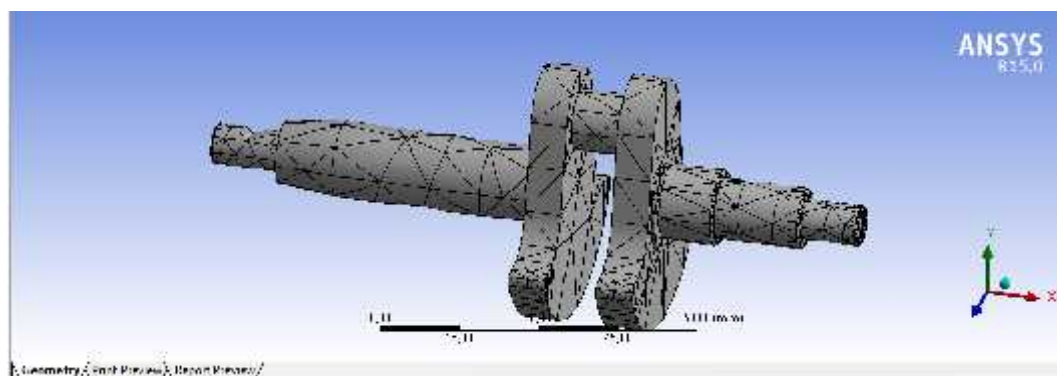
3.6.6 Tahap Meshing Static Structural

Meshing adalah produk berkinerja tinggi yang memiliki tujuan umum, cerdas, dan otomatis. Meshing mempengaruhi akurasi, dan kecepatan solusi multifungsi yang akurat dan efisiensi. Jaring yang cocok untuk analisis tertentu.

Pemberian meshing pada benda kerja dilakukan dengan cara :

Klik *mesh* → pilih *elemen size* → lalu beri ukuran *mesh* → *generate meshing*

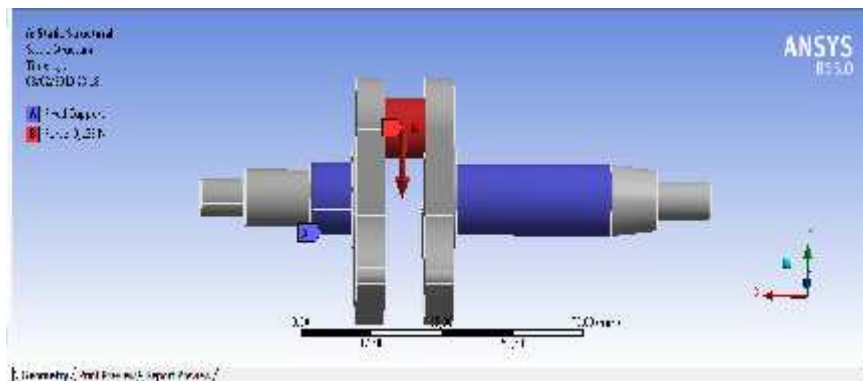
Nodes : 3149, *elements* : 1565



Gambar 3.12 Meshing ansys static structural

3.6.7 Hasil Force dan Fixed Support

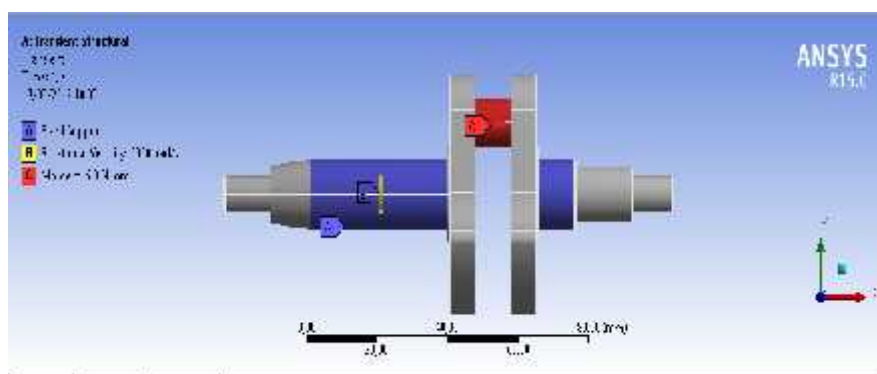
Force merupakan tempat letak beban di ansys, yang mana force dapat diletakkan dibagian tengah pada bantalan batang torak poros engkol . Force pada poros engkol motor bakar 1 silinder adalah 100 N (M.robby kurniawan ,2014) . Tahap force adalah dengan cara : *klik static struktur klik kanan-pilih force – kemudian pilih component*. Tahap mulai fixed support *klik static struktural – klik kanan – pilih fixed support*.



Gambar 3.13 Force dan Fixed Support pada Poros Engkol

3.6.8 Hasil *Rotational velocity* dan *Moment*

Rotational velocity ialah kecepatan putaran poros engkol yang di uji dengan besar putaran 6000 Rpm dan *Moment* ialah besarnya torsi atau beban yang di hasilkan poros engkol dengan kekuatan sebesar 6,8 N.mm. (M.robby kurniawan ,2014)



Gambar 3.14 Rotational Velocity dan Moment pada poros engkol

3.6.9 Pemberian pengujian yang sudah ditentukan

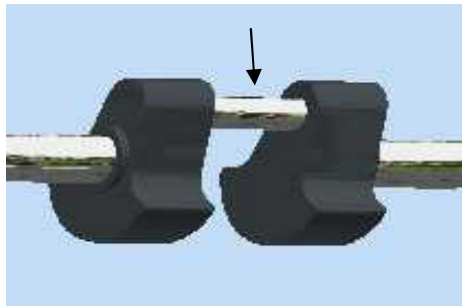
Klik kanan pada *solution* → pilih *insert* → pilih *total deformation* → *contour* → *Y axis* → kemudian klik kanan kembali *solution* → *insert* → pilih *stress* → *equivalent (non-mises)* setelah selesai klik *solve*

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Gambar Poros Engkol Tiger 30cc

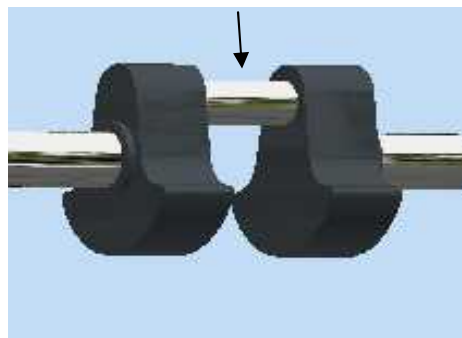
4.1.1 Hasil Gambar Poros Engkol Sesuai Geometri

Pada gambar 4.1 dibawah ini menunjukan diameter poros engkol yang akan diuji menggunakan ansys dengan ukuran diameter 10,2 mm berunjuk pada arah panah.



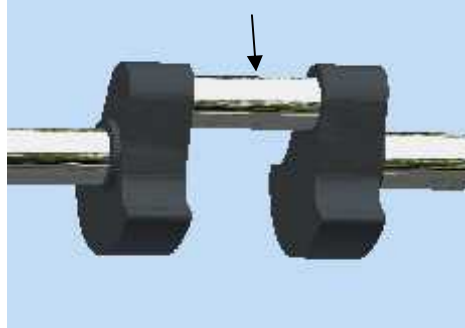
Gambar 4.1 Hasil Gambar Poros Engkol 10,2 mm.

Pada gambar 4.2 dibawah ini menunjukan diameter poros engkol yang akan diuji menggunakan ansys dengan ukuran diameter 12,2 mm berunjuk pada arah panah.



Gambar 4.2 Hasil Gambar Poros Engkol 12,2 mm.

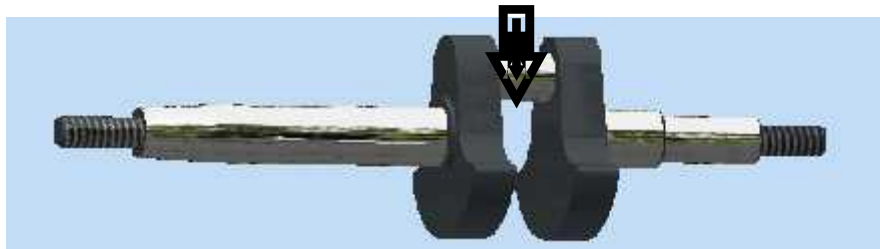
Pada gambar 4.3 dibawah ini menunjukan diameter poros engkol yang akan diuji menggunakan ansys dengan ukuran diameter 14,2 mm berunjuk pada arah panah.



Gambar 4.3 Hasil Gambar Poros Engkol 14,2 mm.

4.1.2 Konsep Uji *Static Struktural* Poros Engkol

Konsep uji static untuk mencari titik max tegangan , dan mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu baja tuang (*cast iron*) dengan gaya diberikan pada poros engkol sebesar 100 N , dan mendapatkan kelendutan pada poros engkol



Gambar 4.4 Konsep Uji Static.

4.1.3 Konsep Uji *Transient Struktural* Pada Poros Engkol

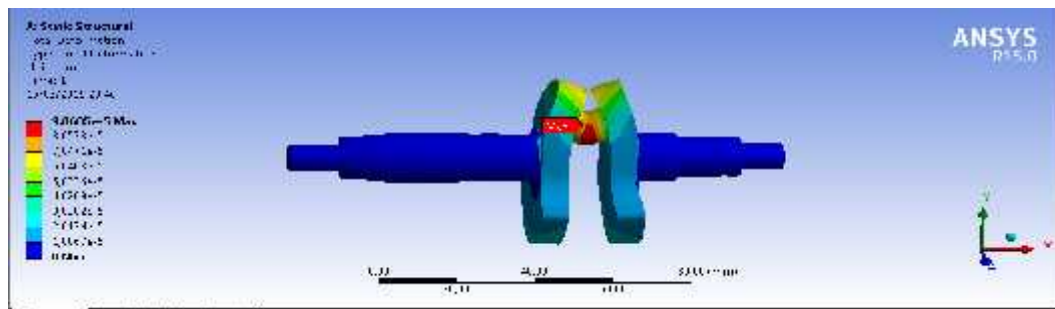
Konsep uji transient adalah untuk mengetahui titik tegangan berdasarkan dari besarnya *rotasi velocity* sebesar 6000 rad/s dan *Moment* sebesar 6,8 N.mm.

4.2 Hasil Pembahasan Simulasi Static Struktural

4.2.1 Hasil Pembahasan Total Deformation Static Struktural

1. Geometri Poros Engkol 10,2 mm

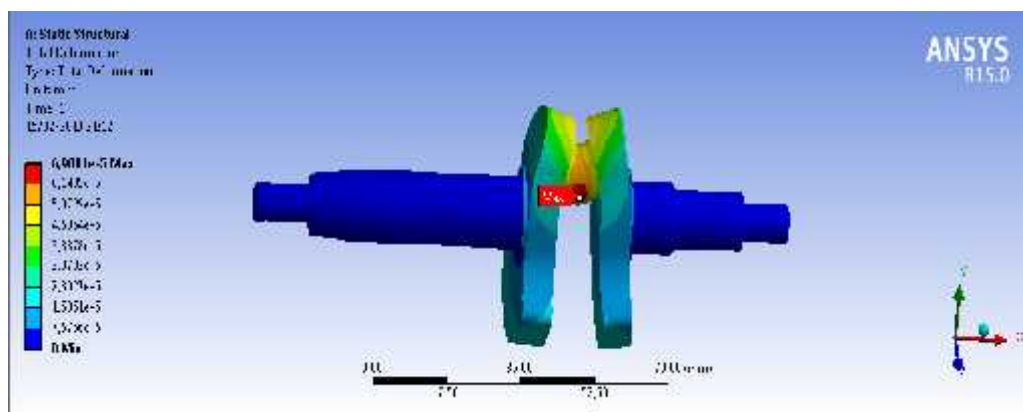
Pada poros engkol 10,2 mm bahwa hasil total deformation yaitu tegangan maksimum yang terletak di dudukan batang torak pada poros engkol dengan simulasi pembebanan 100 N. Akibat total deformation dari gambar 4.5 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya $9,0605 \times 10^{-5}$ mm.



Gambar 4.5 Hasil Simulasi Total Deformation Poros Engkol 10,2 mm

2. Geometri Poros Engkol 12,2 mm

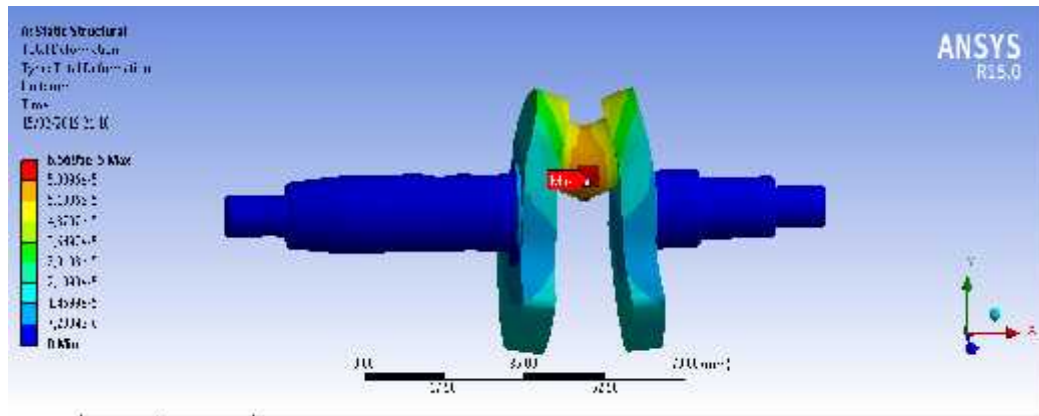
Bahwa hasil simulasi total deformation pada poros engkol 12,2 mm yaitu tegangan maksimumnya terletak dibagian dudukan batang torak pada poros engkol dengan simulasi pembebanan 100 N. akibat total deformation dari hasil gambar 4.6 di bawah ini dapat dihasilkan dengan tegangan maksimum $6,9081 \times 10^{-5}$ mm.



Gambar 4.6 hasil Simulasi Total Deformation Poros Engkol 12,2 mm

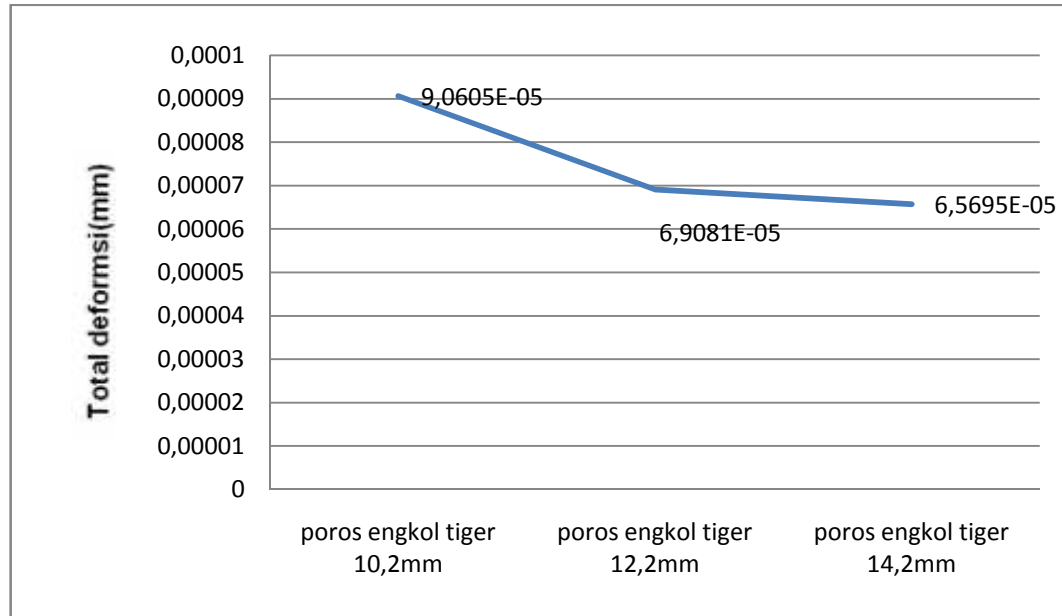
3. Geometri Poros Engkol 14,2 mm

Bahwa hasil simulasi total deformation pada poros engkol 14,2 mm yaitu tegangan maksimumnya terletak pada kedudukan batang torak pada poros engkol yang di simulasikan dengan pembebanan 100 N. Akibat total deformation dari hasil gambar 4.7 di bawah ini dapat di hasilkan tegangan maksimum $6,5695e-5$ mm.



Gambar 4.7 Hasil Simulasi Total Deformation Poros Engkol 14,2 mm.

4.2.2 Hasil grafik simulasi total deformation pada poros engkol berdiameter 10,2mm , 12,2mm , dan 14,2mm.



Gambar 4.8 Grafik Simulasi Total Deformation

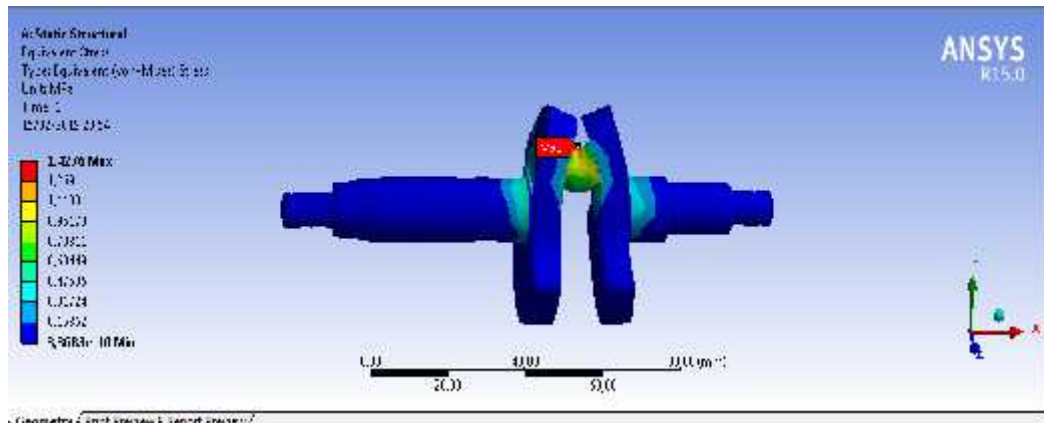
Dengan pembebanan total deformation dengan daya 100 N adalah: Pada poros engkol 10,2mm , 12,2mm , dan 14,2mm pada titik maksimum pengujian tekan mengalami perubahan bentuk pada poros engkol. Poros engkol yang berdiameter 10,2mm memiliki tegangan maksimum $9,0605e-5$ mm, pada poros engkol 12,2mm mengalami penurunan yang dratis sehingga memiliki tegangan maksimum $6,9081e-5$ mm dan pada poros engkol 14,2mm mengalami penurunan tegangan juga yaitu tegangan maksimumnya $6,5695e-5$ mm.

Dan dijelaskan dalam grafik titik tegangan yang paling rendah terletak pada poros engkol 14,2 mm dikarenakan karena semakin besar diameternya dudukan batang torak semakin kecil tegangan yang terjadi sehingga kecil harapan terjadi patah.

4.2.3 Hasil Pembahasan Equivalent Stress Static Struktural

1. Geometri Poros Engkol 10,2 mm

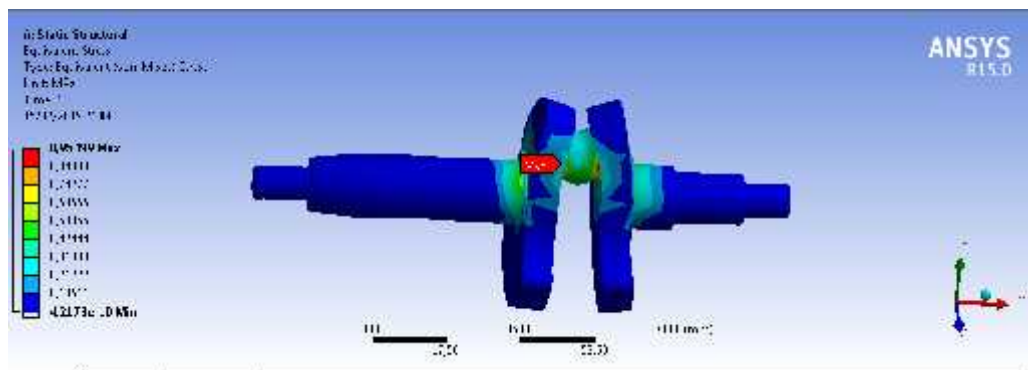
Pada poros engkol 10,2 mm bahwa hasil simulasi equivalent stress dengan tegangan maksimumnya terletak padaudukan batang torak dengan simulasi pembebanan 100 N. Akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.9 dibawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya 1,4276 Mpa.



Gambar 4.9 Hasil Simulasi Equivalent Stress Poros Engkol 10,2 mm

2 Geometri Poros Engkol 12,2 mm

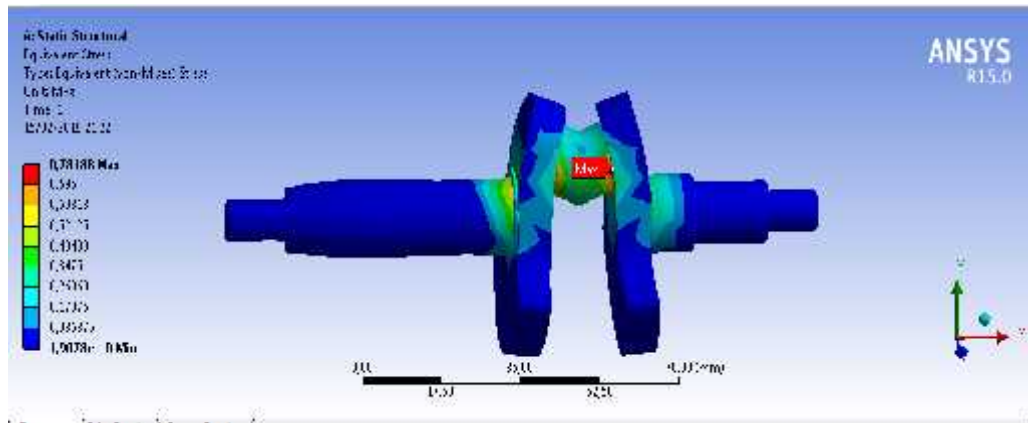
Bahwa hasil simulasi pada poros engkol 12,2 mm yaitu tegangan maksimumnya terletak pada bagian dudukan batang torak, yang memperlihatkan poros engkol 12,2 mm dengan pembebanan 100 N . akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.10 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimum 0,95499 Mpa.



Gambar 4.10 Hasil Simulasi Equivalent Stress Poros Engkol 12,2 mm

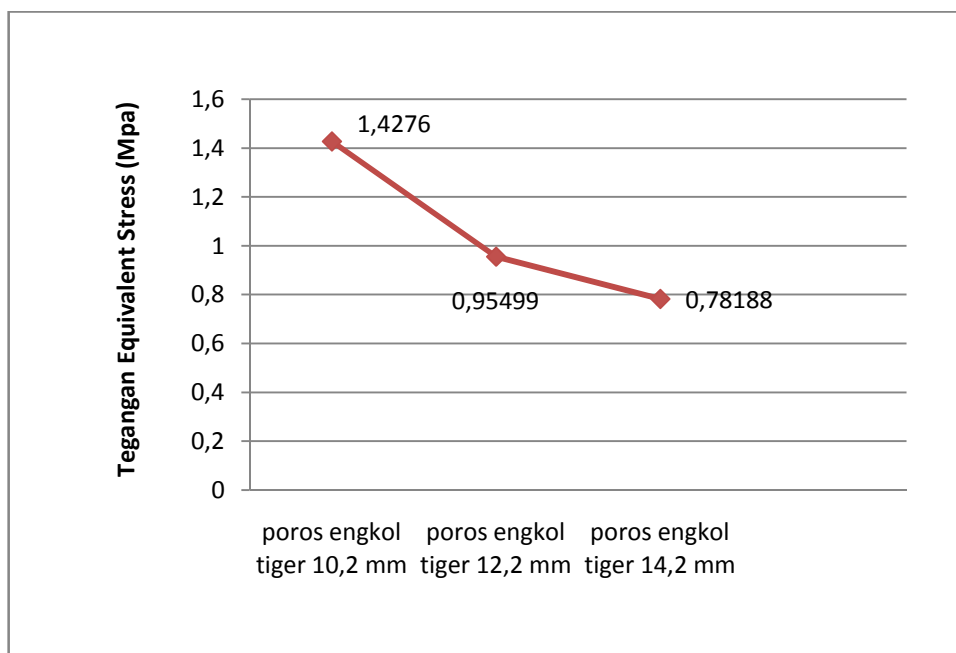
3. Geometri Poros Engkol 14,2 mm

Bahwa hasil simulasi pada poros engkol 14,2 mm yaitu tegangan maksimumnya terletak pada bagian dudukan batang torak, yang memperlihatkan poros engkol 14,2 mm dengan pembebanan 100 N . akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.11 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimum 0,78188 Mpa.



Gambar 4.12 Hasil Simulasi Equivalent Stress Poros Engkol 14,2 mm

4.2.4 Hasil grafik dari simulasi equivalent stress pada poros engkol tiger 10,2mm , 12,2mm ,dan 14,2mm.



Gambar 4.13 Grafik simulasi equivalent stress

Dengan simulasi equivalent stress pada poros engkol dengan pembebanan daya 100 N. Pada poros engkol 10,2mm ,12,2mm dan 14,2mm pada titik maksimum pengujian static mengalami perubahan bentuk pada poros engkol , 10,2mm memiliki tegangan maksimum 1,4276 Mpa, pada poros engkol 12,2mm memiliki tegangan maksimum 0,95499 Mpa, dan pada poros engkol 14,2mm memiliki tegangan maksimum 0,78188 Mpa.

Dan sudah dijelaskan dalam grafik titik tegangan yang paling rendah terletak pada poros engkol 14,2 mm dikarenakan diameter poros lebih besar dan paling kuat dibanding poros yang lainnya.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Static Struktural

No	Desain	Perbandingan poros engkol								
		Diameter 10,2 mm			Diameter 12,2 mm			Diameter 14,2 mm		
		Skor	pemberat	Nilai	Skor	Pemberat	Nilai	Skor	Pemberat	Nilai
1	Total Deformasi	5	40 %	2	7	40 %	2.8	9	40 %	3,6
2	Equivalent stress	5	60 %	3	7	60 %	4.2	9	60 %	5,4
3	Hasil			5			7			9

Keterangan skor :

- a. Angka 3 artinya adalah tidak baik
- b. Angka 5 artinya adalah cukup
- c. Angka 7 artinya adalah baik
- d. Angka 9 artinya adalah sangat baik

Untuk menentukan nilai tertinggi dari tabel 4.1 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 4.1 diatas pemilihan poros engkol yang dilakukan pada pengujian statis struktural didapat nilai yang paling tinggi atau yang paling

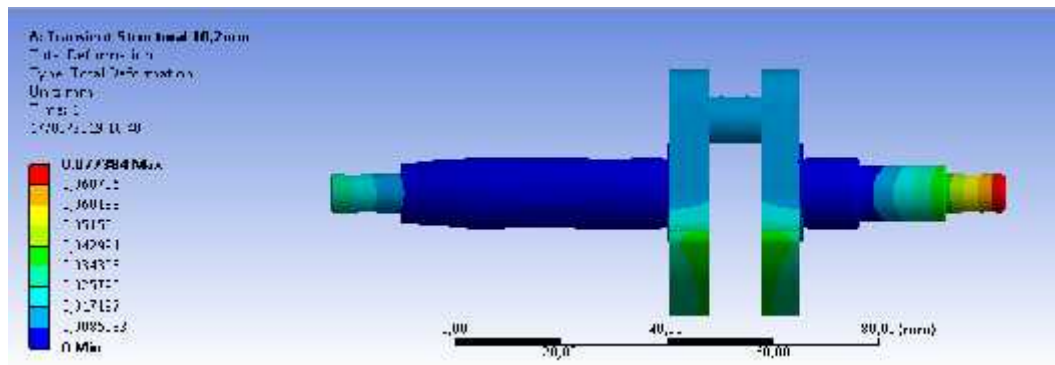
baik yaitu poros engkol berdiameter 14,2 mm di hitung secara teoritis di bandingkan dua poros engkol lainnya yaitu pada poros engkol berdiameter 10,2 mm dan poros engkol berdiameter 12,2mm.

4.3 Hasil Pembahasan Simulasi Transient Structural

4.3.1 Hasil Pembahasan Total Deformation Transient Structural

1. Geometri poros engkol 10,2mm

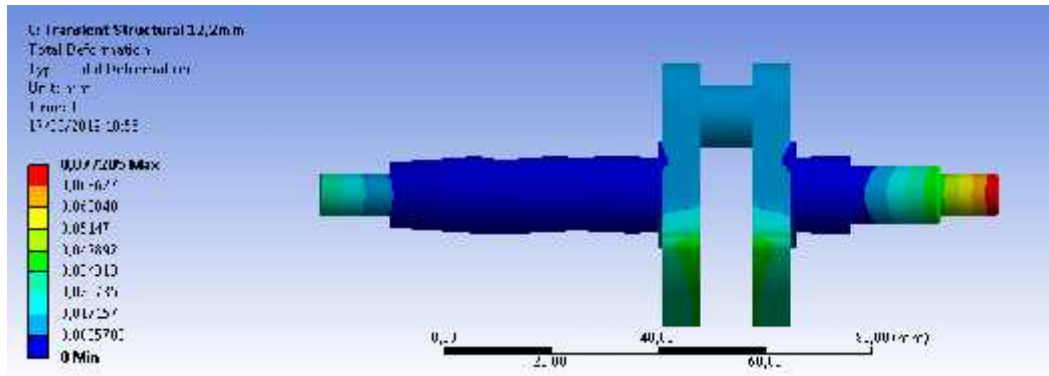
Pada poros engkol dengan diameter poros 10,2 mm bahwa hasil total deformation yaitu tegangan maksimum pada poros engkol dengan kecepatan putaran 6000 Rpm dan pembebanan 6,8 N.mm . Akibat total deformation dari gambar 4.13 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya 0,077384 mm.



Gambar 4.13 Hasil Simulasi Total Deformation Poros Engkol 10,2mm

2. Geometri poros engkol 12,2mm

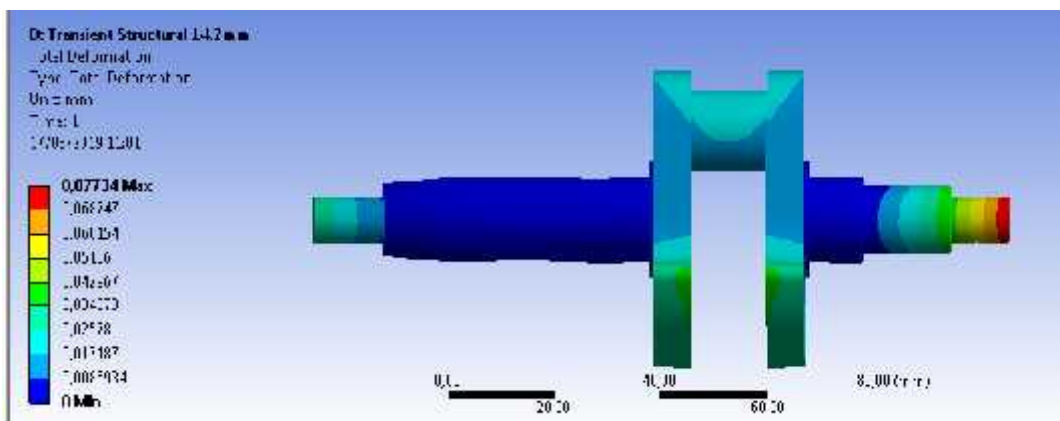
Pada poros engkol dengan diameter poros 12,2 mm bahwa hasil total deformation yaitu tegangan maksimum pada poros engkol dengan kecepatan putaran 6000 Rpm dan pembebanan 6,8 N.mm . Akibat total deformation dari gambar 4.14 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya 0,077205 mm.



Gambar 4.14 Hasil Simulasi Total Deformation Poros Engkol 12,2mm

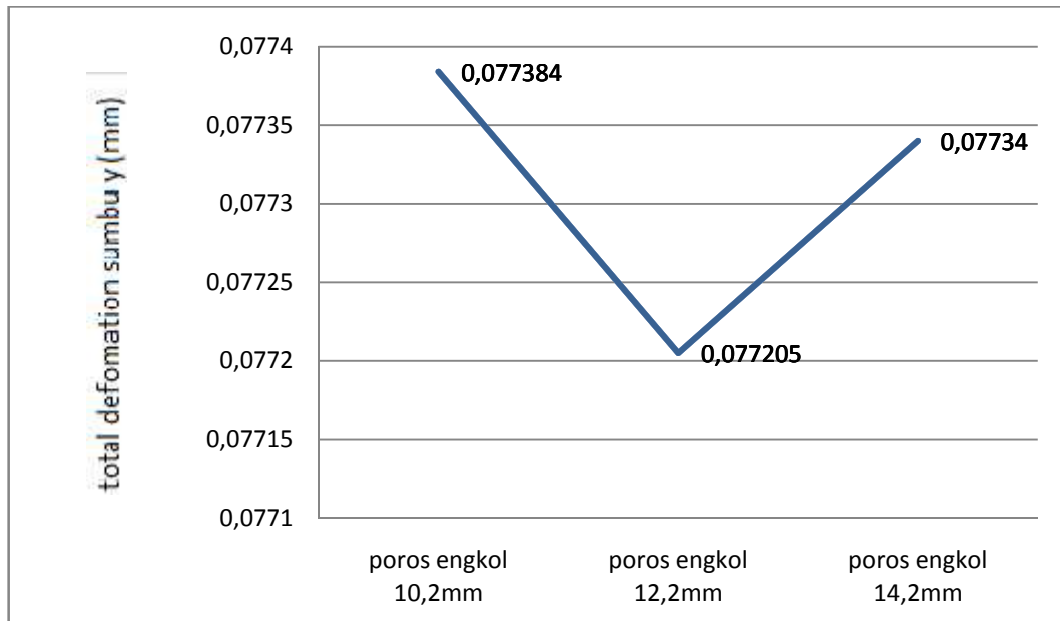
3. Geometri poros engkol 14,2mm

Pada poros engkol dengan diameter poros 14,2 mm bahwa hasil total deformation yaitu tegangan maksimum pada poros engkol dengan kecepatan putaran 6000 Rpm dan pembebanan 6,8 N.mm . Akibat total deformation dari gambar 4.15 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya 0,07734 mm.



Gambar 4.15 Hasil Simulasi Total Deformation Poros Engkol 14,2mm

4.3.2 Hasil grafik simulasi total deformation pada poros engkol berdiameter 10,2mm , 12,2mm , dan 14,2mm.



Gambar 4.16 Grafik Simulasi *Total Deformation*

Dengan pembebanan *total deformation* dengan kecepatan putaran 6000 Rpm dan beban torsi 6,8 N.mm adalah Pada poros engkol 10,2mm , 12,2mm , dan 14,2mm pada titik maksimum pengujian mengalami perubahan bentuk pada poros engkol. Poros engkol yang berdiameter 10,2mm memiliki tegangan maksimum 0,077384 mm, pada poros engkol 12,2mm mengalami penurunan sehingga memiliki tegangan maksimum 0,077205 mm sedangkan pada poros engkol 14,2mm mengalami kenaikan tegangan yaitu tegangan maksimumnya 0,07734 mm.

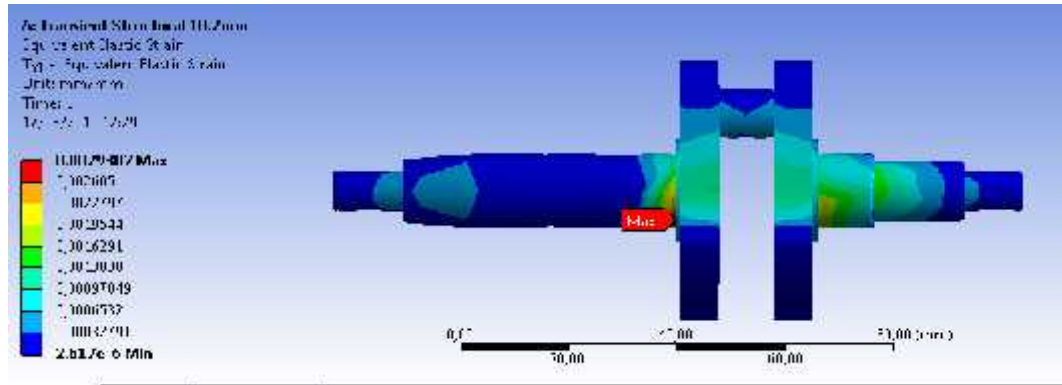
Dan dijelaskan dalam grafik titik tegangan yang paling rendah terletak pada poros engkol 12,2 mm di karenakan diameter yang tepat dan akurat dengan putaran yang sama dan beban yang sama dan memiliki ketahanan yang baik dari pada poros yang lainnya.

4.3.3 Hasil Pembahasan Equivalent Elastic Strain Transient Structural

1. Geometri poros engkol 10,2mm

Pada poros engkol dengan diameter poros 10,2 mm bahwa hasil equivalent elastic strain yaitu tegangan maksimum pada poros engkol dengan kecepatan

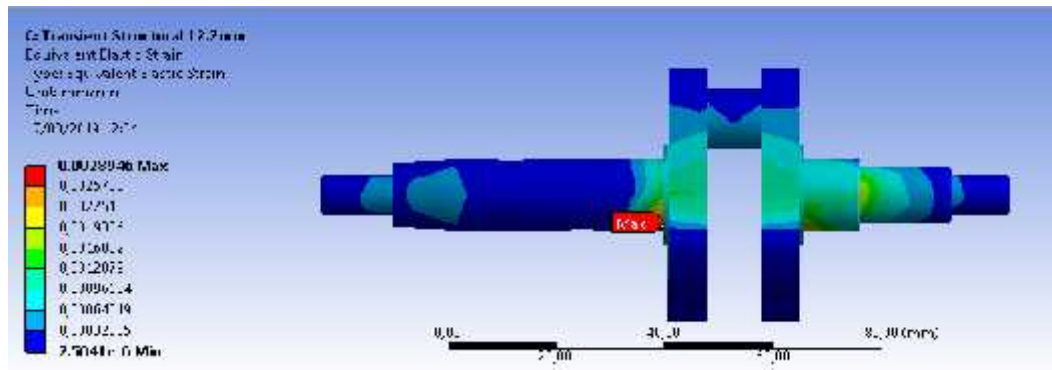
putaran 6000 Rpm dan pembebanan 6,8 N.mm . Akibat equivalent elastic strain dari gambar 4.17 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya 0,0029302 mm/mm.



Gambar 4.17 Hasil Simulasi Equivalent Elastic Strain Poros Engkol 10,2 mm.

2. Geometri poros engkol 12,2mm

Pada poros engkol dengan diameter poros 12,2 mm bahwa hasil equivalent elastic strain yaitu tegangan maksimum pada poros engkol dengan kecepatan putaran 6000 Rpm dan pembebanan 6,8 N.mm . Akibat equivalent elastic strain dari gambar 4.18 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya 0,0028946 mm/mm.

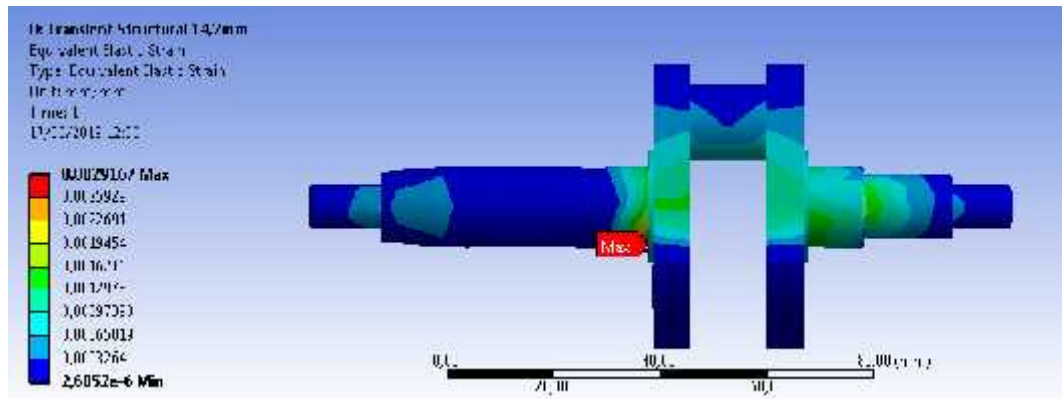


Gambar 4.18 Hasil Simulasi Equivalent Elastic Strain Poros Engkol 12,2 mm.

3. Geometri poros engkol 14,2mm

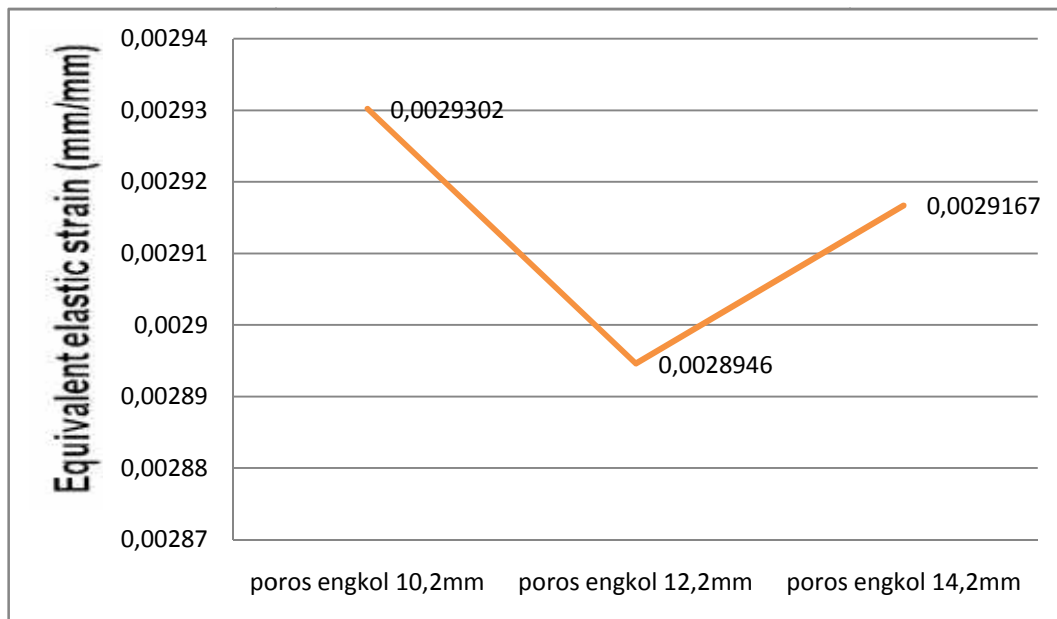
Pada poros engkol dengan diameter poros 14,2 mm bahwa hasil equivalent elastic strain yaitu tegangan maksimum pada poros engkol dengan kecepatan putaran 6000 Rpm dan pembebanan 6,8 N.mm . Akibat equivalent elastic strain

dari gambar 4.19 di halaman berikut dapat dihasilkan tegangan maksimumnya 0,0029167 mm/mm.



Gambar 4.19 Hasil Simulasi Equivalent Elastic Strain Poros Engkol 14,2 mm.

4.3.4 Hasil grafik dari simulasi equivalent elastic strain pada poros engkol berdiameter 10,2mm , 12,2mm ,14,2mm.



Gambar 4.20 Grafik simulasi equivalent elastic strain

Dengan pembebanan equivalent elastic strain dengan kecepatan putaran 6000 Rpm dan beban torsi 6,8 N.mm adalah Pada poros engkol 10,2mm , 12,2mm , dan 14,2mm pada titik maksimum pengujian mengalami perubahan bentuk pada poros engkol. Poros engkol yang berdiameter 10,2mm memiliki

tegangan maksimum 0,0029302 mm/mm, pada poros engkol 12,2mm mengalami penurunan sehingga memiliki tegangan maksimum 0,0028946 mm/mm sedangkan pada poros engkol 14,2mm mengalami kenaikan tegangan yaitu tegangan maksimumnya 0,0029167 mm/mm.

Dan dijelaskan dalam grafik ini tegangan yang paling rendah terletak pada poros engkol berdiameter 12,2mm dikarenakan diameter yang lebih efisien dibandingkan kedua poros engkol yang di uji dengan dinamis dan menghasilkan tegangan yang sangat baik..

Tabel 4.2 pengujian hasil transient structural

No	Desain	Perbandingan poros engkol								
		Diameter 10,2 mm			Diameter 12,2 mm			Diameter 14,2 mm		
		Skor	pemberat	Nilai	Skor	Pemberat	Nilai	Skor	Pemberat	Nilai
1	Total deformation	5	40 %	2	9	40 %	3,6	7	40 %	2,8
2	Equivalent elastic strain	5	60 %	3	9	60 %	5.4	7	60 %	4,2
3	hasil			5			9			7

Keterangan skor :

- a. Angka 3 artinya adalah tidak baik
- b. Angka 5 artinya adalah cukup
- c. Angka 7 artinya adalah baik
- d. Angka 9 artinya adalah sangat baik

Untuk menentukan nilai tertinggi dari tabel 4.2 pemilihan poros engkol pada total deformation dan equivalent elastic strain , maka untuk mendapatkan hasil nilai tertinggi adalah dengan skor dikali pemberat misalnya $9 \times 40\% = 3.6$ begitu pula seterusnya.

Dari penilaian pada tabel 4.2 pemilihan poros engkol yang dilakukan pada pengujian transient structural yang paling tinggi atau yang paling baik yaitu poros

engkol berdiameter 12,2 mm di hitung secara teoritis di bandingkan dua poros engkol lainnya yaitu pada poros engkol berdiameter 10,2 mm dan poros engkol berdiameter 14,2 mm.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian poros engkol dengan variasi geometri ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pengujian statis dengan diberikan daya pembebanan sebesar 100 N :
 1. Pada pengujian ini didapat tegangan *total deformation* dan *equivalent stress* Pada poros engkol berdiameter 10,2mm adalah $9,0605 \times 10^{-5}$ mm dan 1,4276 Mpa. Pada poros engkol diameter 12,2mm adalah $6,9081 \times 10^{-5}$ mm dan 0,95499 Mpa. Pada poros engkol diameter 14,2mm adalah $6,5695 \times 10^{-5}$ mm dan 0,78188 Mpa.
 2. Pada hasil pengujian statis dari 3 poros engkol dari ukuran 10,2 mm, 12,2 mm dan 14,2 mm kekuatan dan kekerasan yang paling baik adalah pada poros engkol berdiameter 14,2 mm karena dengan ukuran diameter yang paling besar maka, tegangan yang terjadi kecil sehingga kecil kemungkinan terjadi keausan dan begitu juga sebaliknya, semakin kecil poros maka semakin besar pula tegangan yang terjadi. Besar kemungkinan terjadinya keausan dan kepatahan pada poros tersebut.
2. Pengujian dinamis dengan diberikan kecepatan putaran 6000 Rpm dan beban torsi 6,8 N.mm :
 1. Pada pengujian ini didapat tegangan *total deformation* dan *equivalent elastic strain* Pada poros engkol berdiameter 10,2mm adalah 0,077384 mm dan 0,0029302 mm/mm. Pada poros engkol diameter 12,2mm adalah 0,077205 mm dan 0,0028946 mm/mm. Pada poros engkol diameter 14,2mm adalah 0,07734 mm dan 0,0029167 mm/mm
 2. Pada hasil pengujian dinamis dari 3 poros engkol dengan ukuran 10,2mm, 12,2mm, dan 14,2mm kekuatan tegangan yang paling baik terletak pada poros engkol berdiameter 12,2mm dikarenakan faktor diameter yang standart dibandingkan kedua poros engkol lainnya. Titik permasalahan di pengujian dinamis ini sangat mempengaruhi berat dan kapasitas suatu benda ketika diuji dan dianalisa.

5.2 Saran

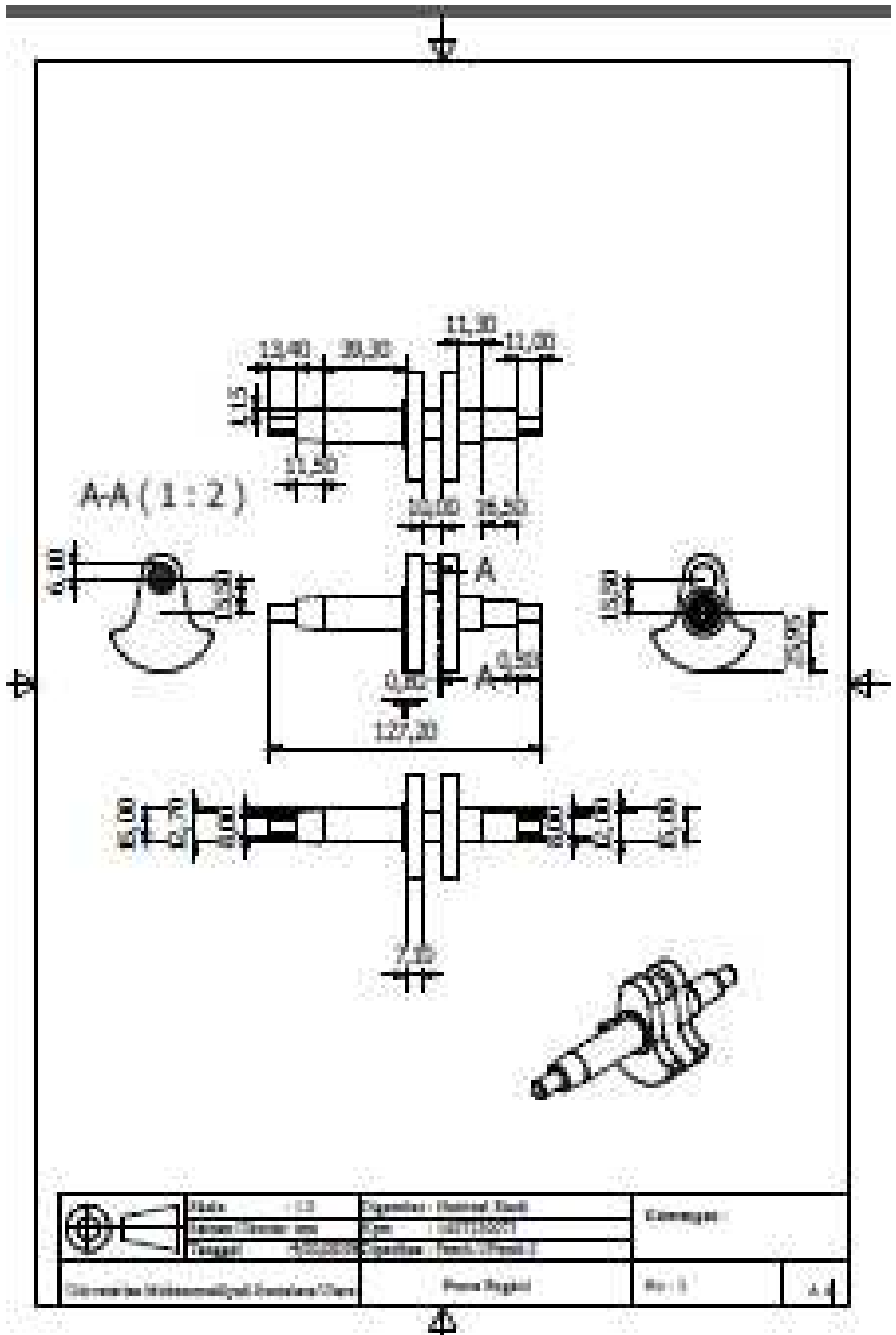
1. Perlu dilakukan untuk mempelajari dalam menggunakan software autodesk inventor 2014 dalam menggambar *poros engkol* ataupun spesimen lainnya, dan menganalisa menggunakan perangkat lunak *ansys* yang lebih dalam dan lebih baik lagi.
2. Perlu melakukan percobaan yang baru dengan menggunakan material yang lain agar bisa menjadi perbandingan dan material yang cocok dan lebih kuat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bilel, Bellakhdhar., Abdelwahab, Dogui., Jean-Louis Ligier (2013) “A simplified coupled crankshaft-engine block model”. Journal of comptes rendus mecanique. Hal 743-754.
- CM Balamurugan, R. Krishnaraj, Dr.M.sakhivel, K. kanthavel, deepan marucdahalam MG, R. palani, (2011) “ computer aided pemodelan dan optimasi dari crankshaft”, international journal of ilmiah dan teknik reaserech, Vol.2(8) ISSN: 2229-5518.
- Cindyantika,R.(2013) Makalah-poros. Dokumen tips.Vol.3(2). <http://www.polman.astra.ac.id>, diakses 7 agustus 2017.
- El Mlipaki, Al-Jazari, (2013) Teknologi Poros dan Engkol Menjadi Gerak Rotasi.. <http://www.Al-Jazari-sang-penemu-poros-engkol.com> , diakses 15 januari 2016.
- Fonte,M. Li,bin. Reis,L. Frietes,M. (2013)” Crankshaft failure analysis of a motor vehicle” Engineering Failure Analysis, international journal of ilmiah dan teknik reaserech, hal. 147-152.
- Gu, yingkui. dan zhou, zhiboo (2011) “ Analisa kekuatan mesin diesel crankshaft berdasarkan PRO/E dan ANSYS”. konferensi internasional ketiga tentang teknologi mengukur dan mekatronika otomasi.
- Isma putra, Boy. Hidayat, alfan. Purnama, jaka. (2008) Elemen Mesin untuk Teknik Industri. Edisi pertama, Yogyakarta:Graha ilmu.
- Kurniawan M.robby (2014) “ Perancangan motor bakar satu silinder dengan daya maksimum 1 hp dan putaran 6000 Rpm ” universitas muhammadiyah sumatera utara.
- Li,wei.Yan,qing. Xue,jianhua (2015) “Analysis of a crankshaft fatigue failure” . internasiaonal journal teknik dan manajemen research, hal. 139-147
- Montazersadgh, Farzin H. Dan Fatemi, Ali (2007) “ dinamis load dan stres analisis crankshaft”. international journal of ilmiah dan teknik reaserech, vol.2, hal 54-59.
- Rincle,Gard. dan Sunil, baghla. (2012) ”analisa elemen hingga dan optimalisasi crankshaft “. internasiaonal journal teknik dan manajemen reaserch , vol.2(6) ISSN: 2250-0758, Hal. 26-31.
- RJ,Deshbhratar. Dan YR, Suple (2012) “ Analisa dan optimalisasi crankshaft menggunakan FEM”, international journal of modren teknik reaserech , Vol.2(5) ISSN: 2249-6645, Hal. 3086-3088.
- Van Vliet, G, L, J dan Both,W (1983) Teknologi untuk Bangunan Mesin, Bahan-Bahan 1 . Jakarta:Erlangga.

Yongyao Luo, Zhengwei Wang, Guodong Chen, Zujian Lin . (2009) elimination of upper resonance in extremely high head francis hydro-generators. Engineering failure Analysis, vol.16, hal 119-127

LAMPIRAN



	Title : B.0	Diameter : 10mm	Drawing : No : 1
	Length : 100mm	Scale : 1:1	
	Author : A.000000	Operator : (not filled)	
Drawing : No : 1		Date :	

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

Peserta Seminar
 Nama : Heirizal Riadi
 NPM : 1407230073
 Judul Tugas Akhir : Analisa Tegangan Dan Modal Pada Poros Engkol Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya Maksimum 1 Hp Menggunakan Perangkat Lunak Ansys.

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230208	M RINALDI SALIM SIREGAR	
2	1407230236	M. Khairul Fidi Rongkah	
3	1407230212	Chang Triandi	
4	1407230068	Juni Di SYAHARA	
5	1407230002	YUDI SYAMPURAN	
6	1407230076	ALI RAHWANIR	
7	1307230183	Dicky Zulferdy	
8	1307230194	Kiki Ramadhani	
9	1407230030	MITRA DAMIA	
10	1407230096	Aulia Suhada	

Medan, 28 Jum.Akhir 1440 H
05 Maret 2019 M

Ketua Prodi. T Mesin

Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Heirizal Riadi
NPM : 1407230073
Judul T.Akhir : Analisa Tegangan Dan Modal Pada Poros Engkol Motor Bakar
Satu Silinder Dengan Daya Maksimum 1 Hp Menggunakan Pe -
Rangkat Lunak Ansys.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Bekti Suroso.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 :

.....*lihat buku pages akhir*.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 28 Jum.Akhir 1440H
05 Maret 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- II

Chandra A Siregar.S.T.M.T

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

NAMA : Heirizal Riadi
NPM : 1407230073
Judul T.Akhir : Analisa Tegangan Dan Modal Pada Poros Engkol Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya Maksimum 1 Hp Menggunakan Pe - Rangkat Lunak Ansys.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Bekti Suroso.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 :

titik pada masalah tugas akhir.

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 28 Jum.Akhir 1440H
05 Maret 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- I


Bekti Suroso.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Tegangan dan Modal Pada Poros Engkol Motor Bakar Satu Silinder Dengan Daya Maksimum 1 Hp Menggunakan Perangkat Lunak Ansys

Nama : Heirizal Riadi
NPM : 1407230073

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	8/9/18	Perbaiki bab 1 dan 2	↑
	24/9/18	Perbaiki bab 2 lanjut bab 3	↑
	15/12/18	Perbaiki bab 3	↑
	12/1/19	Perbaiki bab 4	↑
	16/2/19	lanjut Bab II	↑

All Semu

↑

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : HEIRIZAL RIADI
NPM : 1407230073
Tempat/Tanggal lahir : SUNGGAL KANAN, 4 FEBRUARI 1995
Agama : ISLAM
Alamat : JL. BALAI DESA NO.12-A
Jenis Kelamin : LAKI-LAKI
Anak ke : 3 DARI 3 BERSAUDARA
No.Hp : 082277671494 / 085761537602 :-
Status Perkawinan : BELUM MENIKAH
Email : HEIRIZALFYA95@GMAIL.COM
Nama Orang Tua :
-Ayah : SUMAR HARIADI
-Ibu : HERAWATI BR TARIGAN

PENDIDIKAN FORMAL

2001 – 2007 : SD NEGERI 104181 SUNGGAL, DELI SERDANG
2007 – 2010 : SMP NEGERI 30 MEDAN
2010 – 2013 : SMK SWASTA PANCA BUDI-1 MEDAN
2014 – 2019 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA