

# ANALISA MODAL PADA POROS ENKOL 4 SILINDER KENDARAAN RINGAN

**Sudirman Lubis**

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
[sudirmanlubis@umsu.ac.id](mailto:sudirmanlubis@umsu.ac.id)

## Abstrak

Penelitian 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 ekuivalen stress yang didapat dari pengujian ketiga model poros engkol tersebut dan dapat diartikan nilai total deformasi dan 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-Kata Kunci:** Poros Engkol, Tegangan, Ansys, Crankshaft

## I. PENDAHULUAN

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, masalah-masalah perpindahan panas, mekanika fluida, maupun getaran dapat dengan mudah diselesaikan dengan menggunakan metode elemen hingga (Rohman, Okariawan, & Zainuri, 2012).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 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*.

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.

## 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

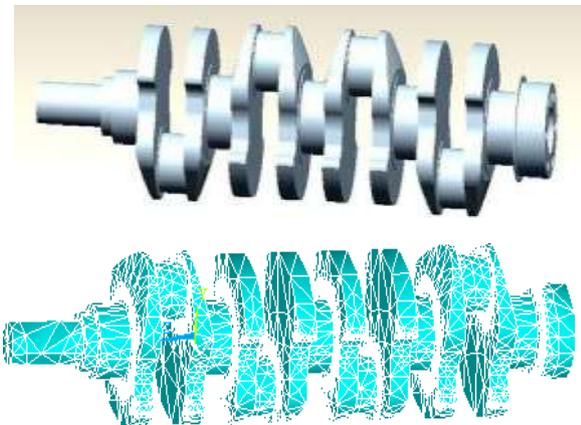
dengan menggunakan metode statistik berdasarkan probabilitas. Dengan teknik ini, kemungkinan kegagalan untuk setiap kategori mobil yaitu pribadi, mobil komersial dan bus dievaluasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa mobil pribadi memiliki tingkat kegagalan terendah di tahap awal sementara bus komersial 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, *misassembly*, 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* bias 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 disel 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.

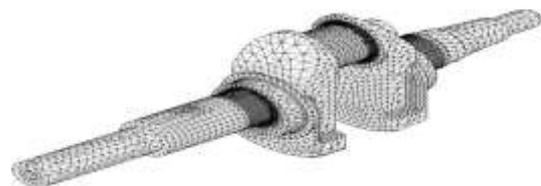


**Gambar 1. Model Crankthrow**

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

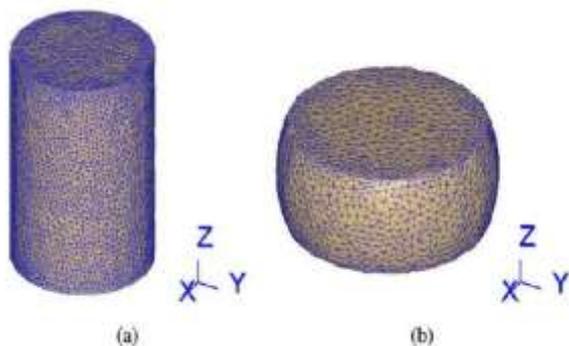
deformasi bawah frekuensi yang lebih rendah, dan deformasi maksimum terletak di link antara jurnal bearing utama dan crankpin dan pipi engkol. Jadi daerah ini proses muncul kelelahan retak lentur. Hasil memberikan dasar teoritis untuk mengoptimalkan desain dan kelelahan perhitungan kehidupan. Melakukan 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.

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 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). 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)



**Gambar 2. Model FEA crankshaft dengan fine mesh**

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 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 3. The meshed finite element model

Analisa modal dari sistem berolasi menentukan aigenmodes dan nilai aigen. Nilai nilai ini dapat di tentukan dengan simulasi (eigen) atau percobaan (frekuensi alami dan bentuk modus) Eigen mode dan eigen digunakan utuk menyelidiki getaran struktur mekanik, untuk mendiagnosa arsitektur dan rekayasa kontruksi ini adalah salah satu metode dinamika dasar.

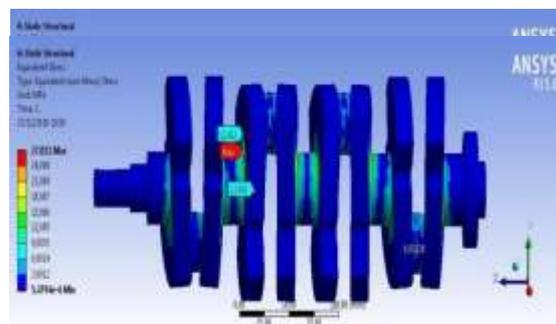
Prinsip analisis modal didasarkan pada kemungkinan dekomposisi gerak asilasi untuk persial (juga modal, sendiri) bagian. Gerak yang dihasilkan oleh superposing tiap bagian dari osilasi ditandai dengan frekuensi sendiri eigen mode dan bentuk modus redaman yang sesuai penjelasan lengkap dari sistem mekanis 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)

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menjelaskan rancangan analisa tegangan pada crankshaft mesin xenia 1300 cc yang didesain menggunakan software autodesk Inventor 2014 yang didalamnya terdapat sketch gambar 3D. Untuk melakukan studi numeric menggunakan work station yang berada didalam software ansys 2015 (mechanical APDL 2015 dan workbench 2015). Material yang digunakan untuk poros engkol saat simulasi ialah material besi cor noduler.

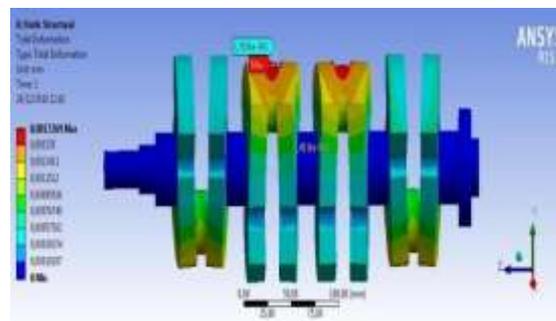
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 dangan pembebanan 2800 N. Akibat total Deformasi dari hasil Gambar 4 di bawah ini dapat dihasilkan perubahan maksimumnya adalah 0,0016188 mm



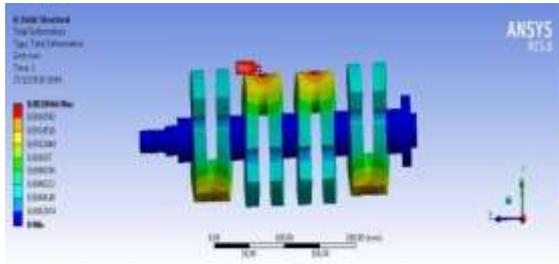
Gambar 4. Total Deformasi pada Poros 1200 cc 3 NR

Dari hasil simulasi total deformasi pada poros engkol 1300 cc 1 NR dengan pembebanan 2800 N. Akibat Total Deformasi dari Gambar 5 dibawah ini dapat dihasilkan perubahan maksimumnya adalah 0,0017269.



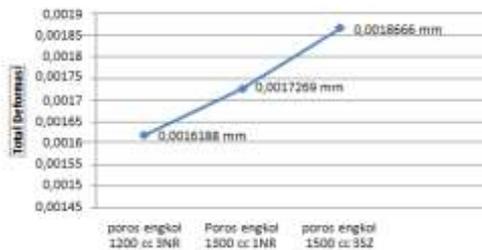
Gambar 5. Total deformasi pada Poros engkol 1300 1 NR

Dari hasil simulasi total deformasi pada poros engkol 1500 cc 3 SZ dengan pembebanan 2800 N. Akibat Total Deformasi dari gambar 6 dibawah ini dapat dihasilkan perubahan maksimumnya adalah 0,0018666 mm.



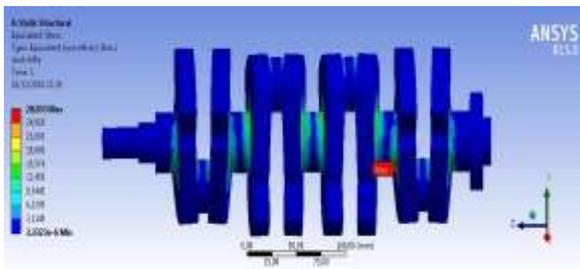
Gambar 6. Total deformasi pada poros engkol 1500 cc 3 SZ

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



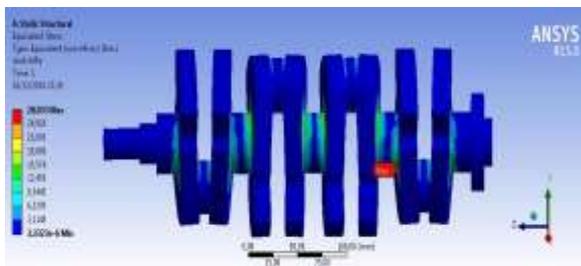
Gambar 7. Hasil grafik simulasi

Dari hasil simulasi Equivalent Stress pada poros engkol 1200 cc 3NR dengan pembebanan 2800 N. Akibat Total Equivalent stress dari hasil Gambar 8 dibawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya adalah 27,011 Mpa.



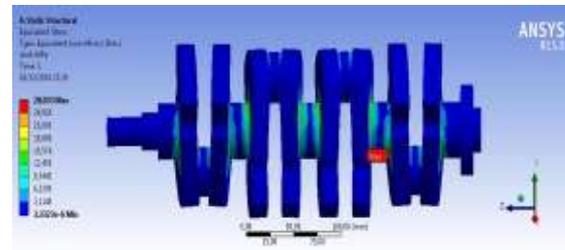
Gambar 8. Equivalent stress pada poros engkol 1200 cc 3 NR

Dari hasil simulasi Equivalent Stress pada poros engkol 1300 cc 1NR dengan baban 2800 N. Akibat Total Equivalent stress dari hasil Gambar 9 di bawah ini dapat dihasilkan tegangan maksimumnya adalah 27,916 Mpa.



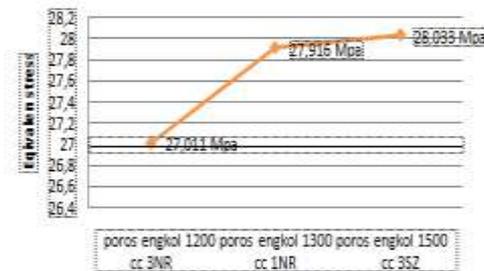
Gambar 9. Equivalen stress pada poros engkol 1300 cc1 NR

Dari hasil equivalent stress pada poros engkol 1500 cc 3 SZ dengan pembebanan 2800 N. Akibat total equivalent stress dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini hasil tegangan maksimum adalah 28,033 Mpa.



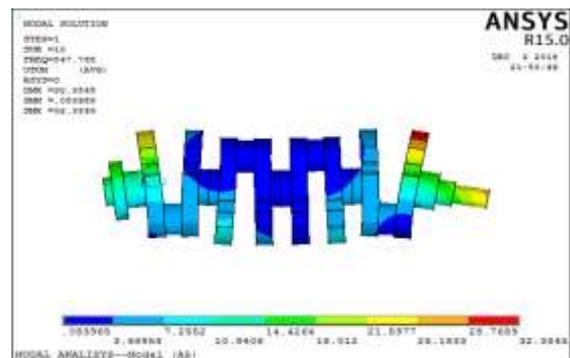
Gambar 10. Equivalent stress pada poros engkol 1500 cc 3 SZ

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



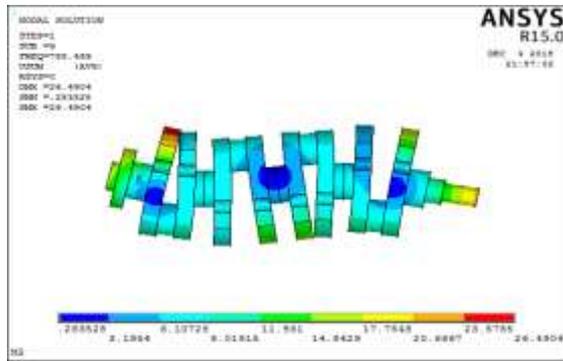
Gambar 11. Hasil grafik simulasi equivalent stress pada poros engkol

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 12. Di bawah ini di dapat hasil modal 32.3545 dan frekuensi 847.768 Hz.



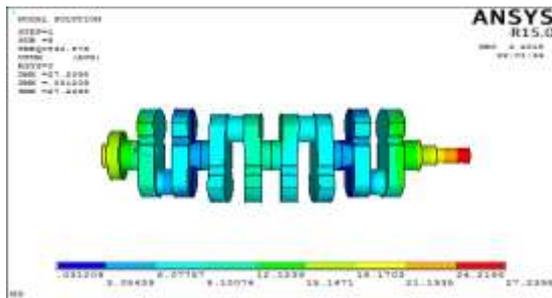
Gambar 12. Hasil Modal Analysis poros engkol 1500 cc

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 13. Di bawah ini di dapat hasil modal 26.4904 dan frekuensi 798.469 Hz.



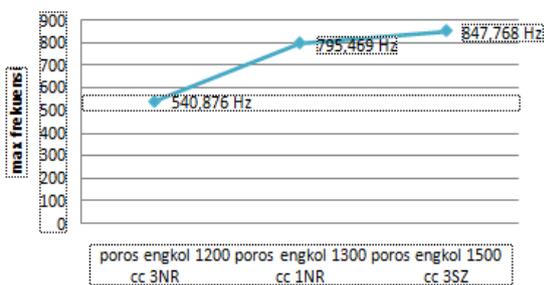
Gambar 13. Hasil Analisis pada poros engkol 1300 cc

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 14 di bawah ini di dapat hasil modal 27.2398 dan frekuensi 540.876 Hz.

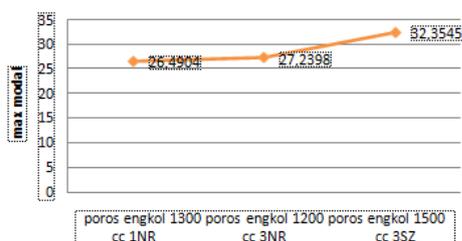


Gambar 14. Hasil Modal Analysis Pada Poros Engkol 1200 cc.

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



Gambar 15. Grafik Simulasi Maksimal Frekuensi Poros Engkol



Gambar 16. Hasil Grafik Simulasi Maksimal Analisis Modal Pada Poros Engkol

## V. 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 :

- Dari hasil analisis terhadap static struktural, bahwa terdapat tegangan maksimal diantara total deformation, equivalent stress pada poros engkol 1200 cc, 1300 cc, dan 1500 cc adalah Hasil pada total deformation 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
- 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

- 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.
- 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.

## 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.

- [4]. Kareem, B., 2015, *Case Studies in Engineering Failure Analysis Evaluation of failures in mechanical crankshafts of automobile based on expert opinion*. BiochemicalPharmacology, 3,25–33.  
<https://doi.org/10.1016/j.csefa.2014.11.001>
- [5]. 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>
- [6]. 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.
- [7]. Meng, J., 2011, *Finite Element Analysis of 4-Cylinder Diesel Crankshaft*, (August), 22–29.
- [8]. 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>
- [9]. Montazersadgh, F. H., & Fatemi, A., 2007, *Dynamic Load and Stress Analysis of a Crankshaft*, 1–8.
- [10]. Niemann, G., 1978, *Machine elements ; design and calculation in mechanical engineering* (II). New York: Berlin : Springer-Verlag. Retrieved from
- [11]. 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
- [12]. 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>
- [13]. 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=overvie>