

TUGAS AKHIR

ANALISA KEGAGALAN FATIGUE PADA BATANG PENGHUBUNG SEPEDA MOTOR

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

Disusun Oleh:

FACHRUR ROZA
1407230090



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fachrur roza
NPM : 1407230090
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Kegagalan Fatigue Pada Batang Penghubung Sepeda Motor
Bidang ilmu : Konstruksi 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, 15 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Chandra A. siregar, S.T., M.T

DosenPenguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fachrur Roza
Tempat /Tanggal Lahir : Medan /23 September 1995
NPM : 1407230090
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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


“Analisa Kegagalan Fatigue Pada Batang Penghubung Sepeda Motor”,

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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2019
Saya yang menyatakan,

The image shows a yellow rectangular stamp with the text "METERAI TEMPEL" at the top, a small emblem, and the number "6000" in large digits. Below the number, it says "ENAM RIBU RUPIAH". A handwritten signature in black ink is written over the stamp. Below the stamp, the name "Fachrur Roza" is printed in black.

Fachrur Roza

ABSTRAK

Kemajuan teknologi sekarang ini telah menghasilkan berbagai kreasi dalam segala hal yang bertujuan memudahkan segala aktifitas manusia. Ada berbagai sarana transformasi tersedia, mulai dari darat, udara, dan laut. Kendaraan yang diproduksi massal di negara kita umumnya kendaraan darat, salah satunya sepeda motor. Connecting rod merupakan komponen mesin yang berperan untuk mengubah gerakan resiprok (maju mundur/ turun naik) piston menjadi gerakan berputar (rotary) pada poros engkol. Dalam tugas akhir ini, menganalisa distribusi tegangan dan defleksi connecting rod dengan daya 6 HP menggunakan metode elemen hingga. *Connecting rod* yang dianalisa adalah *connecting rod* sepeda motor honda supra X 125CC. Adapun material dari *connecting rod* ini ialah AISI 1045 *cold drawn* dengan kekuatan luluh (σ_y) = $5.3 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa tegangan yang terjadi pada *connecting rod* setelah dipengaruhi oleh tekanan statis. Setelah itu mencari tegangan Von Mises dan faktor keamanan (factor of Safety) untuk mengetahui *connecting rod* ini dalam keadaan aman atau tidak dengan bantuan dari software Solidwork 2014. Setelah dilakukan analisa didapat bahwa tegangan *Von Mises* maksimum yang terjadi yaitu sebesar $540.781 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Dari hasil tersebut dapat dilihat nilai tegangan *Von Mises* berada dibawah batas izin tegangan yield material baja AISI 1045 sehingga *connecting rod* ini dapat dikatakan dalam keadaan aman.

Kata kunci: connecting rod, tegangan von mises, faktor keamanan, dan solidwork 2014

ABSTRAK

Kemajuan teknologi sekarang ini telah menghasilkan berbagai kreasi dalam segala hal yang bertujuan memudahkan segala aktifitas manusia. Ada berbagai sarana transformasi tersedia, mulai dari darat, udara, dan laut. Kendaraan yang diproduksi massal di negara kita umumnya kendaraan darat, salah satunya sepeda motor. Connecting rod merupakan komponen mesin yang berperan untuk mengubah gerakan resiprok (maju mundur/ turun naik) piston menjadi gerakan berputar (rotary) pada poros engkol. Dalam tugas akhir ini, menganalisa distribusi tegangan dan defleksi connecting rod dengan daya 6 HP menggunakan metode elemen hingga. Connecting rod yang dianalisa adalah connecting rod sepeda motor honda supra X 125CC. Adapun material dari connecting rod ini ialah AISI 1045 cold drawn dengan kekuatan luluh (σ_y) = $5.3 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa tegangan yang terjadi pada connecting rod setelah dipengaruhi oleh tekanan statis. Setelah itu mencari tegangan Von Mises dan faktor keamanan (factor of Safety) untuk mengetahui connecting ini dalam keadaan aman atau tidak dengan bantuan dari software Solidwork 2014. Setelah dilakukan analisa didapat bahwa tegangan Von Mises maksimum yang terjadi yaitu sebesar $540.781 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Dari hasil tersebut dapat dilihat nilai tegangan Von Mises berada dibawah batas izin tegangan yield material baja AISI 1045 sehingga connecting rod ini dapat dikatakan dalam keadaan aman.

Kata kunci: connecting rod, tegangan von mises, faktor keamanan, dan solidwork

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisa Kegagalan Fatigue Pada Batang Penghubung Sepeda Motor**” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

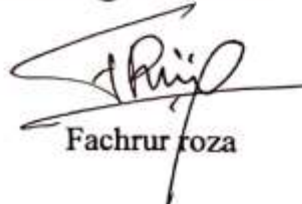
1. Bapak Khairul Umurani S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. sekaligus sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Sudirman Lubis,ST, M.,T, selaku Dosen Pimbimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., MT, selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Candra A Siregar, S.T.,M.T yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekertaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Rachmad dan Fathimah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Senior-senior dan Adik-adik **PK IMM Fakultas Teknik UMSU dan IMMawan IMMawati PC IMM Kota Medan P.A 2018-2019.**
10. Rekan –rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Khususnya Angkatan 2014 terima kasih atas bantuan dan dukungannya.

Ucapan terima kasih kepada sahabat –sahabat saya yang membantu selama menyelesaikan tugas sarjana ini, khususnya, **Muhammad Amin, Andre Andana, Bayu Septian, Irfan Syahputra, Muhammad Haris, Asrul Ardian Harahap, Taufik Thowil Lubis (Pakarnya Ahli), Tyo Franstio, IMMtek 14** dan Serta Adik-adik saya **Una, Munir, Fariz, Dicki, Maida, Rani, Pika** dan semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil/Mesin/Elektro.

Medan, 09 Maret 2019



Fachrur roza

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Motor Bensin 4 langkah	4
2.1.1. Prinsip Kerja	4
2.2. Batang Penghubung	7
2.2.1. Bagian-bagian dan persyaratan connecting rod	8
2.2.2. Beban yang diterima connecting rod	9
2.3. Material connecting rod	10
2.3.1. Baja karbon medium (medium carbon stell)	10
2.3.2. Medium carbon low alloy stells	11
2.3.3. Baja SAE 4130	12
2.3.4. Baja SAE 4340	13
2.4. Konsep dasar elemen hingga	14
2.4.1. Pengertian Metode Elemen Hingga	15
2.4.2. Aplikasi dari Metode Elemen Hingga	16
2.4.3. Keuntungan dari Metode Elemen Hingga	16
2.4.4. Peran Komputer dalam MEH	17
2.5. Elemen Solid 187	17
2.5.1. Analisa Dinamis Transiet	18
2.5.2. Analisa Modal	18
2.5.3. Analisa Harmonik	19
2.6. Sifat Mekanik Bahan	19
2.6.1. Elastisitas	19
2.6.2. Deformasi	20
2.6.3. Kekuatan Tarik	21
2.6.4. Kekuatan Luluh	21
2.6.5. Keuletan	21
2.6.6. Kekerasan	22
2.7. Konsep Tegangan Regangan	24
2.7.1. Konsep Tegangan	24

2.7.2	Konsep Regangan	25
2.8	Simulasi Pada software solidwork 2014	25
2.8.1	Pengertian Simulasi	25
2.8.2	Klasifikasi Simulasi	26
2.8.3	Terapan Simulasi	27
2.8.4	Performance	28
BAB 3	METODOLOGI	29
3.1	Tempat dan Waktu	29
3.1.1	Tempat	29
3.1.2	Waktu	29
3.2	Bahan dan Alat	30
3.2.1	alat	30
3.2.2	Bahan	32
3.3	Bagan Alir Penelitian	33
3.4	Rancangan Alat Penelitian	34
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1	Hasil Analisa	36
4.2	Pembahasan	42
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1.	Kesimpulan	43
5.2.	Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA	44
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 komposisi kimia baja AISI 1045 %
Tabel 3.1 waktu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Langkah Hisap
- Gambar 2.2 Langkah Kompresi
- Gambar 2.3 Langkah Usaha
- Gambar 2.4 Langkah Buang
- Gambar 2.5 *Connecting rod* terpasang pada piston
- Gambar 2.6 Penampang *Connecting Rod*
- Gambar 3.1 Komputer Lab Teknik UMSU
- Gambar 3.2 Perangkat Lunak *solidwork 2014*
- Gambar 3.3 Printer
- Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian
- Gambar 3.5 Tampilan Awal *Solidorks 2014*
- Gambar 3.6 Menentukan *Plane* perancangan
- Gambar 3.7 Desain dan Ukuran
- Gambar 3.8 Desain Setelah di *Revolved Boss Base*
- Gambar 4.1 Hasil Simulasi *Connecting rod* diberi Gaya 300 newton
- Gambar 4.2 Hasil simulasi *Connecting Rod* diberi gaya 500 newton
- Gambar 4.3 Hasil simualasi *Connecting rod* diberi gaya 700 newton
- Gambar 4.4 Hasil Simulasi *connecting rod* diberi gaya 1000 newton

DAFTAR NOTASI

ε = regangan

δ = pertambahan panjang total (m)

L = panjang mula – mula (m)

σ = Tegangan Normal N/m²

F = gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan (N)

A = luas bidang (m²)

ε = regangan

δ = pertambahan panjang total (m)

L = panjang mula – mula (m)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat memberi dampak yang baik serta manfaat yang besar bagi manusia dalam berbagai bidang kehidupan. Hal ini dapat dilihat dengan semakin banyaknya peralatan yang telah diciptakan oleh manusia dengan berbagai model, bentuk serta kemampuan dari segi pemakain yang relative lebih unggul dibandingkan dengan peralatan-peralatan konvensional. Keunggulan tersebut tidak lepas dari hasil penelitian dan percobaan oleh para ahli *science*, yang selalu mencari terobosan dan temuan baru untuk menciptakan sesuatu yang baru bermanfaat dan berguna bagi kehidupan manusia.

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, *science* dan teknologi sangat dibutuhkan oleh manusia. Sebagai contoh suatu perusahaan akan kesulitan jika dalam ruang kerja tidak terdapat computer untuk menyelesaikan tugas dan pekerjaan kantor maupun lainnya.

Kemajuan teknologi sekarang ini telah menghasilkan berbagai kreasi dalam segala hal yang bertujuan memudahkan segala aktifitas manusia. Ada berbagai sarana transportasi tersedia, mulai dari darat, laut, udara. Kendaraan yang diproduksi massal di Negara kita pada umumnya kendaraan darat, salah satunya sepeda motor. Agar sepeda motor kita memiliki umur yang lebih panjang maka selain komponen sepeda motor didesain dengan efektif dan efisien, juga tergantung dari material komponen tersebut.

Pada saat proses pembakaran terjadi di dalam silinder, tenaga yang dihasilkan oleh gas pembakaran sangatlah tinggi. Jika piston dan kelengkapannya tidak mampu menahan daya ledak dari proses pembakaran tersebut, dapat dipastikan kalau piston dan *connecting rod* (batang penhubung) dapat mengalami

kerusakan. Untuk itu agar tidak terjadi kerusakan maka kita haruskan mengetahui kekuatan dari batang penghubung tersebut dalam meneruskan tenaga dari proses pembakaran menuju poros engkol agar diubah dari gerak translasi menjadi gerak putar dan dari energy panas menjadi energy mekanik. Jika kita mengetahui kekuatan batang penghubung tersebut tidak mampu menahan daya dari tenaga hasil pembakaran, maka kita perlu merubah material atau desain dari penghubung tersebut.

Dengan perangkat computer, khususnya perangkat lunak *solidworks* ini, desain untuk pembuatan suatu produk dapat dikontrol dengan baik sehingga diharapkan kualitas hasil produk akan lebih baik. Pengujian karakteristik static secara eksperimental di laboratorium memerlukan biaya yang tidak sedikit. Untuk itu diperlukan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mampu menganalisa karakteristik static suatu model seperti *solidworks*. Pemilihan penggunaan *software* ini dikarenakan sudah banyak digunakan pada perusahaan-perusahaan besar seperti Astra Honda Motor, dan Toyota. Perusahaan-perusahaan tersebut menggunakan *solidworks* karena mempunyai berbagai keunggulan yaitu dapat memprediksi sejak awal berbagai dampak dari desain yang tengah mereka kerjakan serta berbagai perubahannya, baik dari segi kekuatan, tampilan, material yang dibutuhkan, ketertarikan dengan bagian atau komponen lainnya, bahkan sampai ke implikasi biaya.

(Zainal Abidin, dkk)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah tegangan maksimal pada batang penghubung masih dibawah kekuatan luluh atau tidak.
2. Apakah jenis baja yang digunakan mempunyai tegangan maksimal paling rendah sehingga paling aman digunakan pada batang penghubung.

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian tugas akhir ini mengambil batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Struktur yang dianalisis adalah batang penghubung sepeda motor.
2. Dalam desain model tiga dimensi batang penghubung sepeda motor menggunakan *software solidworks 2014* sesuai data dari hasil pengukuran secara manual yang dilakukan peneliti dengan penyesuaian terhadap desain dari perangkat lunak yang digunakan, sehingga dimungkinkan terdapat hasil tiga dimensi yang kurang teliti.
3. Beban-beban yang terjadi pada struktur batang penghubung.
4. Penelitian ini meliputi penggambaran benda (*part design*) dan dilanjutkan dengan analisis ststik.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung distribusi tegangan yang terjadi pada batang penghubung, baik tegangan maksimal maupun daerah-daerah kritis akibat pembebanan statis dengan metode elemen hingga menggunakan *software solidwork 2014*.
2. Mengetahui *yield strength* maksimal dari baja yang digunakan pada batang penghubung sehingga dapat digunakan aman atau tidak.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat ilmu pengetahuan tentang kekuatan tegangan dan deformasi yang terjadi pada *connecting rod*.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan artikel ilmiah yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk pemanfaatan pembuatan model *connecting rod* yang akan datang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Bensin 4 Langkah

Kerja periodic didalam selinder dimulai dari pemasukan campuran udar dan bensin kedalam slinder, kompresi, pembakaran dan pengeluaran gas-gas sisa pembakaran dari dalam slinder inilah yang disebut dengan “siklus motor”. Pada motor bensin terdapat macam tipe, yaitu:

1. Motor bakar 4 tak (4langkah atau 4 gerakan). Pada motor 4 tak, untuk melakukan siklus kerja memerlukan 4 gerakan torak atau dua kali putaran poros engkol.
2. Motor bakar 2 tak (2 langkah atau 2 gerakan). Motor 2 tak, untuk melakukan satu siklus kerja memerlukan 2 gerakan atau satu putaran poros engkol.

2.1.1 Prinsip Kerja

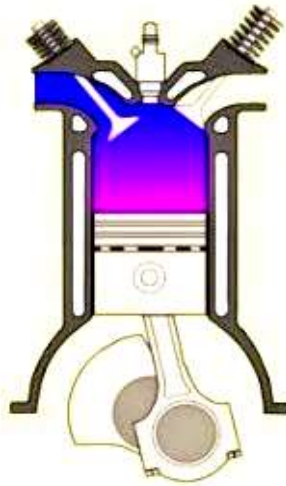
Torak bergerak naik turun didalam slinder dalam gerakan *reciprocating*. Titik tertinggi yangdicapai oleh torak disebut titik mati atas (TMA) dan titik terendah disebut titik mati bawah (TMB). Gerakan dari TMA ke TMB didebut langkah torak (Stroke). Pada motor 4 langkah mempunyai 4 langkah dalam satu gerakan yaitu langkah penghisapan, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah pembuangan.

Adapun urutan proses kerja motor bensin 4 tak dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Langkah hisap

Pada gerak hisap, campuran udara bensin dihisap ke dalam slinder. Bila jarum dilepas dari sebuah alat suntik dan plunyeranya ditarik sambil menutup bagian ujung yang terbuka dengan jari (Alat suntik akan rusak bila plunyer ditarik dengan tiba-tiba). Dengan membebaskan jari akan menyebabkan udara masuk kea lat suntik dan akan terdengar suara letupan. Hal ini terjadi sebab tekanan didalam lebih rendah dari tekanan

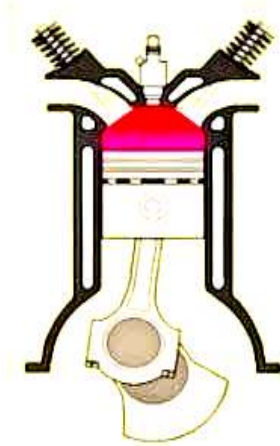
udara luar. Hal yang sama juga terjadi pada motor, torak dalam gerakan turun dari TMA ke TMB menyebabkan kehampaan didalam slinder dengan demikian campuran udara bensin dihisap ke dalam. Selama langkah torak ini katup hisap akan membuka dan katup buang menutup.



Gambar 2.1 langkah hisap

b. Langkah Kompresi

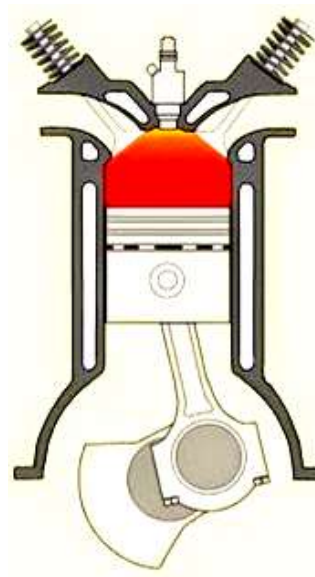
Dalam gerakan ini campuran udara bensin yang didalam slinder dimampatkan oleh torak yang bergerak ke atas dari TMB ke TMA. Katup hisap dan katup buang akan menutup selama gerakan, tekanan dan suhu campuran udara bensin menjadi naik. Bila tekanan campuran udara bensin ditambah, maka tekanan serta ledakan terjadi semakin besar. Tekanan kuat ini akan mendorong torak kebawah. Torak sudah melakukan dua gerakan atau satu putaran, dan poros engkol berputar satu putaran.



Gambar 2.2 Langkah Kompresi

c. Langkah Usaha

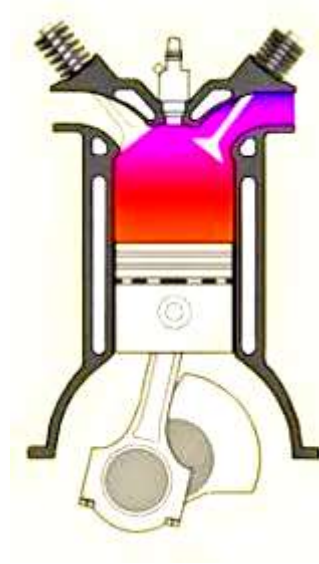
Dalam gerakan ini, campuran udara bensin yang dihisap telah dibakar dan menghasilkan tenaga yang mendorong torak ke bawah meneruskan tenaga penggerak yang nyata. Selama gerak ini katup hisap dan katup buang masih tertutup. Torak telah melakukan tiga langkah dan poros engkol berputar satu setengah putaran.



Gambar 2.3 Langkah Usaha

d. Langkah Buang

Dalam gerak ini torak terdorong ke TMB dan naik kembali ke TMA untuk mendorong gas-gas yang telah terbakar dari silinder.



Gambar 2.4 Langkah Buang

Selama gerak ini katup buang terbuka. Bila torak mencapai TMA sesudah melakukan pekerjaan seperti diatas, torak akan kembali pada keadaan untuk memulai gerak hisap. Torak motor telah melakukan 4 gerakan penuh, hisap-kompresi-usaha-buang. Poros engkol berputar 2 putaran, dan telah menghasilkan satu tenaga. Di dalam motor sebenarnya, membuka dan menutupnya katup tidak terjadi tepat pada TMA dan TMB, tetapi akan berlaku lebih cepat atau lambat, ini dimaksudkan untuk lebih efektif untuk aliran gas.

2.2 Batang Penghubung

Batang Penghubung/*Connecting rod* merupakan komponen mesin yang berperan untuk mengubah gerak bolak-balik(maju mundur/ turun naik) piston menjadi gerakan berputar (*rotary*) pada poros engkol. Dalam operasinya *rod* menyangga bantalan untuk pena piston dan pena engkol. Panjang minimum batang ditentukan oleh jari jari piston dan dimensi pada berat yang berlawanan. Selain itu juga batang penghubung juga dapat menyediakan/ melengkapi pena piston dengan pelumasan oli dan dalam beberapa hal dengan pendinginan oli.

Fungsi dasar batang penghubung adalah mentransfer daya piston dan gerakan piston pada poros engkol dan melakukan pelumasan oli pada piston.



Gambar 2.5 *connecting rod* yang terpasang pada piston

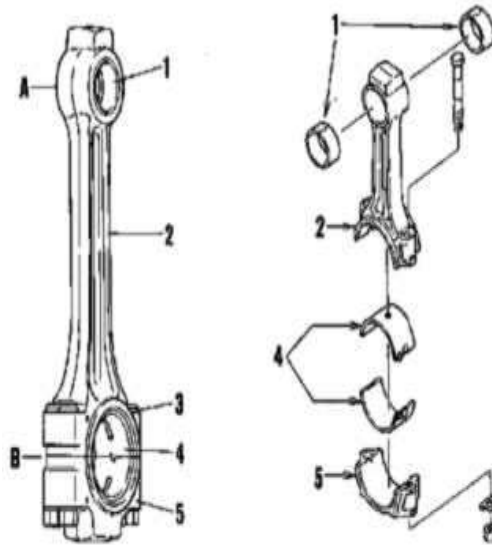
Material batang penghubung yang digunakan adalah baja AISI 1045 *cold drawn* dengan komposisi sebagai berikut:

Tabel 2.1 komposisi kimia baja AISI 1045 %

Component element properties	Metric	English
Carbon, C	0.420-0.50 %	0.420-0.50 %
Iron, Fe	98.51-98.98 %	98.51-98.98 %
Manganese, Mn	0.60-0.90 %	0.60-0.90 %
Phosphorous, P	≤ 0.040 %	≤ 0.040 %
Sulfur, S	≤ 0.050 %	≤ 0.050 %

2.2.1 Bagian-bagian dan persyaratan *connecting rod*

Connecting rod berfungsi untuk menghubungkan piston ke poros engkol dan selanjutnya meneruskan tenaga yang dihasilkan oleh piston ke poros engkol. Bagian *connecting rod* yang berhubungan dengan pena piston disebut *small end* dan yang berhubungan dengan poros engkol disebut *big end*. Gambar 2.2 menunjukkan penampang dari *connecting rod*.



Gambar 2.6 penampang *connecting rod*

1. Connecting rod bushing
2. Connecting rod
3. Connecting rod bolt
4. Connecting rod bearing shell
5. Connecting rod cap

2.2.2 Beban yang diterima *connecting rod*

Pada umumnya, *connecting rod* dibuat menggunakan proses casting atau forging dan menerima beban yang bervariasi, seperti:

- Beban kompresi pada arah longitudinal. Kerusakan yang terjadi pada *connecting rod* disebabkan oleh *stress*, yang dihasilkan dari beban kompresi yang besar dan terjadi pada saat pembakaran di ruang bakar.
- Beban tarik yang lain, seperti perubahan kecepatan pada piston.
- Beban bending pada lengan *connecting rod*, seperti pada saat pergerakan osilasi dari poros pin *small end* maupun *big end*

Frekuensi dari peningkatan beban dengan cepat tergantung pada meningkatnya putaran dari mesin. Dalam banyak kasus, kegagalan dari mesin

dikarenakan oleh rusaknya *connecting rod* dan kadang kadang kerusakan terjadi pada lengan dari *connecting rod* maupun pada *small end* dan *big end*.

Oleh karena itu, batang torak harus dibuat seringan mungkin agar massa kelembabannya kecil, dan tahan terhadap tekukkan, tekanan maupun puntiran dengan demikian biasanya konstruksi batang torak dibuat dengan profik "I", karena bentuk ini mempunyai kekuatan yang tinggi dan stabil serta bobotnya relative kecil.

2.3 Material *connecting rod*

Connecting rod terbuat dari baja. Adapun bebrapa jenis baja yang sering digunakan untuk material *connecting rod* antara lain:

2.3.1 Baja karbon Medium (*MediumCarbon Steel*)

Medium steel atau baja karbon medium mengandung 0,2 - 0,6% karbon dan digunakan untuk kekuatan yang lebih tinggi dibanding baja karbon rendah. Aplikasi baja ini adalah misalnya untuk *crankshafts* dan *connecting rod*. Kebanyakan pabrikan sepeda motor dengan kapasitas (cc) yang kecil menggunakan baja ini sebagai bahan untuk membuat *connecting rod*. Dimana jenis baja ini sangat murah jika dibandingkan dengan baja yang lain. Sifat mekanik dari baja karbon medium adalah sebagai berikut:

- Kekuatan lebih besar dibanding baja karbon rendah
- Keuletan lebih kecil dibanding baja karbon rendah
- Dapat dikeraskan dengan transformasi martensitik

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Baja Karbon Medium

Properties		Conditions	
		T(°C)	Treatment
Density(x 1000 kg/m ³)	7.845	25	
Poisson's Ratio	0.27_0.30	25	
Elastic Modulus (Gpa)	190-210	25	
Tensile Strength(Mpa)	518.8		
Yield Strength(Mpa)	353.30.24	25	Annealed at 790° C
Elongation(%)	30.2		
Reduction(%)	57.2		
Hardness (HB)	149	25	Annealed at 790° C
Impact Strength(J) (izod)	44.3	25	Annealed at 790° C

Untuk baja ini mendapatkan Heat treatment atau perlakuan panasnya antara lain:

- *Annealing*, dipanaskan pada temperature 870°C sampai 190 °C ditahan sampai temperature yang ditentukan dan didinginkan didalam *furnace* atau dapur
- *Tempering*, dipanaskan pada suhu antara 150 °C sampai 200 °C tahan selama 1 jam setiap 25 mm dan didinginkan menggunakan udara
- *Quenching*, dipanaskan pada temperature 150 °C sampai 200 °C, terus sampai suhu merata diseluruh bagian, rendam selama 1 jam per 25 mm dari bagian dan dingin dalam udara

2.3.2 Medium Carbon Low Alloy Steels

Baja karbon medium paduan rendah adalah keluarga dari *ultrahigh strength steels* termaksud SAE 4130, SAE 4140, dan SAE 4340. Baja ini mempunyai sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan baja karbon biasa yaitu pada kekuatan, kekerasan pada temperature tinggi, ketahanan aus, keuletan, dan

lain lain. Untuk mendapatkan sifat mekanik tersebut sering diperlakukan dengan *heat treatment* atau perlakuan panas.

Unsur- unsur paduan yang biasa menyertai baja ini adalah krom (Cr), mangan (Mn), molybdenum (Mo), nikel (Ni) dan vanadium (V) baik sebagai paduan tunggal maupun gabungan. Unsur ini biasanya membentuk larutan padat (*solid solution*) dengan besi dan senyawa logam dengan karbon membentuk karbida. Pengaruh dari paduan utama tersebut adalah:

- Krom meningkatkan kekerasan, kekuatan, daya tahan aus, dan *hot hardness*.
- Mangan meningkatkan kekuatan dan kekerasan.
- Molybdenum meningkatkan keuletan dan *hot hardness*.
- Nikel meningkatkan kekuatan dan keuletan serta mampu keras, tetapi tidak sebanyak dengan unsur paduan lain.
- Vanadium menghambat pertumbuhan butir logam saat temperatur naik selama pemrosesan dan perlakuan panas sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan keuletan baja.

Pada baja ini menerima perlakuan hot forged pada temperatur antara 1065 sampai 1230 °C. untuk menghindari hasil retakan karena *air quenching*, part yang di *forging* harus didinginkan pelan-pelan di dalam furnace. Sebelum dibentuk atau dimesin, hal yang sering dilakukan pertama kali adalah di *normalize* pada suhu 870 sampai 925 °C dan temper pada suhu 650 sampai 675 °C. Perlakuan ini memberi struktur yang keras dari medium ke *pearlite* yang bagus. Proses pembentukan untuk baja *medium carbon low alloy steels* adalah dipotong, dipukul, dan pembentukan dingin dalam kondisi *annealing*. Macam-macam medium carbon *low alloy steels* dan proses *heat treatment* adalah sebagai berikut

2.3.3 Baja SAE 4130

Baja 4130 disebut juga baja kromoli atau baja kromium-molibdenum dimana besar dari kandungan krom adalah 0,50; 0,80; dan 0,95, sedangkan untuk kandungan dari molibdenum adalah 0,12; 0,20; dan 0,30.

SAE 4130 adalah baja paduan dengan dan dapat ditingkatkan dari tingkat kekerasan rendah ke menengah. Ini dimaksudkan untuk mempertahankan

tegangan tarik yang baik, lelah, dan beban impact sampai sekitar 370 °C, namun memiliki sifat impact yang kurang baik pada suhu kriogenik. Baja ini tidak tahan terhadap temper. Baja ini biasanya di forging pada suhu 1100-1200 °C sedangkan untuk suhu finishing tidak boleh di bawah 980 ° C. Tabel 2. menunjukkan macam-macam baja yang termasuk baja kromoli.

Baja ini sering digunakan sebagai bilet, bar, batang, untuk proses tempa, plat, tabung atau pipa, dan pengecoran atau casting. Baja SAE 4130 juga digunakan untuk membuat *connecting rod* pada otomotif, *engine mounting lugs*, poros, *fitting*, *bushing*, roda gigi, baut, as, tabung gas, komponen badan pesawat, saluran hidrolik, dan bagian mesin lainnya.

Proses heat treatment standar untuk baja SAE 4130 adalah :

- *Normalizing*: Panas dengan suhu 870 sampai 925 °C dan ditahan untuk beberapa waktu tergantung dari ketebalan, didinginkan dengan udara kamar dan tempering pada 480 °C atau di atasnya dapat dilakukan setelah *normalizing* untuk menaikkan *yield strength*.
- *Annealing*: Panas dengan suhu 830 sampai 860 °C dan ditahan untuk beberapa waktu tergantung dari ketebalan dan didinginkan didalam *furnace*.
- *Hardening*: Panas dengan suhu 845 sampai 870 °C dan ditahan untuk beberapa waktu, kemudian menggunakan *quench* dengan menggunakan air atau pada temperatur 860 sampai 885 °C ditahan beberapa lama dan dilanjutkan dengan *quenching* di medium oli. Penahanan untuk beberapa waktu tergantung dari ketebalan benda.
- *Tempering*: ditahan setidaknya 1 sampai 2 jam pada suhu 200 °C sampai 700 °C, menggunakan pendinginan udara atau air, temperatur dan waktu *tempering* tergantung pada kekerasan atau kekuatan yang diinginkan.

2.3.4 Baja SAE 4340

Baja SAE 4340 adalah baja paduan medium dengan kandungan karbon 0.4 %, krom 0.50-0.80 %, dan molibdenum 0.25 %. Baja 4340 selalu di *forging* pada 1065 sampai 1230 °C. setelah di *forging*, bagian yang di forging didinginkan dengan udara pada tempat yang kering. Daya tahan permesinan dari baja 4340

adalah 55% material *cold-drawn* dan 45% untuk material *annealed*. Baja 4340 memiliki karakteristik bagus untuk pengelasan tetapi harus menggunakan *welding rods* dengan komposisi yang sama.

Baja ini sering digunakan sebagai bahan pembuat *billet, bar, forging, sheet, tubing* dan *welding wire*. Juga diproduksi sebagai *light plates* dan *castings*. Aplikasi yang sering menggunakan baja ini adalah baut, skrup, roda gigi, pinion, poros, *crankshaft, connecting rod* dan komponen tertentu pada pesawat terbang.

Proses *heat treatment* standar yang diaplikasikan untuk baja 4340 adalah:

- *Normalizing*: Panas yang digunakan dari 845 sampai 900 °C dan ditahan dalam waktu tertentu tergantung ketebalannya dan menggunakan pendinginan udara.
- *Annealing*: Panas yang digunakan dari 830 sampai 860 °C dan ditahan dalam waktu tertentu tergantung ketebalannya, didinginkan pada suhu kamar.
- *Hardening*: Panas yang digunakan dari 800 sampai 845 °C, ditahan selama 15 menit untuk setiap 25 mm (1 in.) dari ketebalannya (minimal 15 menit). Menggunakan pendingin pelumas/oli dibawah 65 °C, atau *quenching* dengan cairan garam pada suhu 200 sampai 210 °C dan di tahan selama 10 menit, dan kemudian menggunakan pendinginan udara dibawah 65 °C.
- *Tempering*: Ditahan setidaknya 1 sampai 2 jam pada suhu 200 sampai 650 °C dan dinginkan dengan pendinginan udara. Temperatur dan waktu sangat bergantung pada kekerasan akhir yang diinginkan.
- *Stress relieve*: setelah proses memperkuat baja, *forming* atau *machining*, baj tersebut mungkin akan dapat mengurangi tegangan sisa pada suhu 650 sampai 675 °C.
- *Bake*: Untuk menghindari *hydrogen embrittlement*, plat baja harus dibakar setidaknya 8 jam pada suhu 185 sampai 195 °C sesegera mungkin setelah *plating*.

2.4 Konsep Dasar Elemen Hingga

Persoalan perancangan dapat diselesaikan dengan cara matematis dan numeris. Untuk benda-benda yang mempunyai bentuk yang tidak teratur (elemen

isoparametrik), penyelesaian akan sulit menggunakan cara matematis. Sehingga perlu dilakukan secara numerik, yang dalam perkembangannya disebut sebagai Metode Elemen Hingga (*Finite Elements Method*).

Bila suatu kontinu dibagi –bagi menjadi beberapa bagian-bagian kecil ini disebut elemen hingga. Proses pembagian suatu kontinu menjadi elemen hingga ini dikenal sebagai proses pembagian (*deskritisasi*), sehingga elemen hingga merupakan pendekatan bagian demi bagian dengan menggunakan polinomial yang mana masing-masing terdefinisi pada daerah (elemen) yang kecil dan dinyatakan dalam harga-harga titik simpul dari fungsi tersebut (Robert D. cook, 1990). Dinamakan elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan kontinunya (Weaver, 1993). Metode ini menjadi suatu solusi permasalahan yang sering dijumpai dalam dunia teknik seperti perpindahan kalor, mekanika fluida, analisa struktur, mekanika benda pejal, sampai dengan getaran. Tujuan utama analisa dengan menggunakan metode elemen hingga adalah untuk memperoleh pendekatan tegangan dan perpindahan yang terjadi pada suatu struktur (Weaver, 1993).

2.4.1 Pengertian Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode atau prosedur numerik untuk memecahkan masalah mekanika kontinum dengan ketelitian yang dapat diterima oleh *engineer*. Untuk permasalahan kompleks dari geometri, pembebanan, dan sifat material, umumnya susah untuk menyelesaikannya secara matematis.

Dikritisasi (*discretization*) adalah proses pemodelan dari struktur / objek dengan membaginya dalam elemen - elemen kecil (*finite element* atau elemen hingga) yang terhubung oleh titik-titik yang disebut nodal (*nodes*) yang digunakan oleh elemen-elemen tersebut dan sebagai batas dari struktur/objek. Dalam metode elemen hingga persamaan dari seluruh sistem dibentuk dari penggabungan persamaan elemen - elemennya.

Keunggulan dari metode elemen hingga adalah arti fisik yang cukup dekat antara jaring elemen dengan struktur aktualnya. Jaring yang dimaksud bukan merupakan abstrak matematis yang sulit divisualisasikan. Metode elemen hingga

juga mempunyai kekurangan. Hasil yang diperoleh dengan metode ini untuk suatu masalah tertentu adalah berupa hasil numerik, tidak ada persamaan bentuk tertutup yang dapat dipakai untuk kasus serupa yang hanya berbeda parameternya.

2.4.2 Aplikasi dari Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga dapat digunakan dalam menyelesaikan berbagai masalah pada dunia teknik, sedangkan aplikasi untuk dunia teknik mesin diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pada masalah struktur
 - a. Analisa Tegangan pada struktur rangka, balok dan frame, pada struktur pelat berl
 - b. Analisa *buckling* pada kolom dan *shell*.
 - c. Analisa Getaran.
2. Pada masalah non-struktur :
 - a. Kejadian Transfer panas (*Heat Transfer*).
 - b. Aliran Fluida (*Fluid Flow*), termasuk aliran dalam media berpori (tanah).
 - c. Distribusi dari potensi magnetik atau elektrik.
3. Aplikasi pada *bioengineering*.

2.4.3 Keuntungan dari Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga mempunyai banyak kegunaan sehingga dapat memudahkan dalam merancang suatu produk *engineering*.

Metode elemen hingga mempunyai keuntungan sebagai berikut :

1. Memodelkan bentuk yang kompleks.
2. Menyelesaikan kondisi pembebanan umum.
3. Memodelkan objek/struktur dengan jenis material yang banyak (karena persamaan pada tingkat elemen).
4. Memodelkan banyak macam syarat batas.
5. Dengan mudah menggunakan bermacam ukuran elemen dalam *meshing* / diskritisasi.
6. Menyelesaikan model dengan mudah dan murah.

7. Dapat memodelkan efek dimanis.
8. Menyelesaikan kelakuan tidak linier dari geometri dan material.

2.4.4 Peran Komputer dalam MEH

Hingga tahun 1950-an, metode matriks dan metode elemen hingga tidak siap digunakan dalam penyelesaian-penyelesaian masalah kompleks karena besarnya persamaan yang harus diselesaikan, sehingga tidak praktis. Dengan hadirnya komputer, maka perhitungan dari penyelesaian persamaan dari sistem struktur tersebut dapat diselesaikan dalam hitungan menit.

Perkembangan computer menyebabkan perkembangan program-program numeris untuk masalah struktur dan nonstruktur. Program komersial dari metode elemen hingga diantaranya GT STRUDL, CATIA, StruCAD, SAP2000, ABAQUS, FLUENT, ALGOR, IDEAS, CFX, ANSYS, FEMAP ADINA, MSC NASTRAN, MSC PATRAN, ROBOT (AUTODESK), MSC DYTRAN, MSC MARC, SACS, dan MICRO SAS (Budiman : 2013).

2.5 Elemen Solid 187

Elemen Solid 187 adalah elemen 3D dengan tingkat yang lebih tinggi, dengan 10 nodal. Elemen solid 187 mempunyai perpindahan kuadratik dan bagus diterapkan untuk memodelkan bentuk *mesh* yang tidak beraturan (seperti model 3D yang dihasilkan oleh beberapa software CAD / CAM).

Elemen ini dijelaskan dengan 10 nodal yang mempunyai 3 derajat kebebasan pada tiap nodal, dengan perpindahan pada arah nodal x, y, z. Elemen ini mempunyai sifat plastis, hiperelastis, dan kemampuan untuk memadukan formulasi untuk mensimulasikan deformasi pada material incompressible elastoplastic.

Selain nodal, data masukan elemen termasuk sifat material orthotropik atau anisotropik. Arah material orthotropik dan anisotropik sesuai dengan arah koordinat elemen. Sistem koordinat arah elemen dijelaskan dalam sifat material linier.

2.5.1 Analisa Dinamis Transient

Analisa dinamis transient (kadang disebut *time-history analysis*) adalah teknik untuk menentukan respon dinamik suatu struktur dengan aksi dari beban yang tergantung waktu. Jenis analisa ini dapat digunakan untuk menentukan waktu berbagai perpindahan, regangan, tegangan, dan kekuatan yang merupakan kombinasi respon struktur dari beban statis, transient, dan harmonik. Skala waktu pembebanan adalah sedemikian rupa sehingga efek inersia atau redaman dianggap penting. Jika inersia dan efek redaman tidak penting, Mungkin dapat menggunakan analisis statis sebagai gantinya.

Persamaan dasar gerak yang diselesaikan oleh suatu analisis dinamik transient adalah :

2.5.2 Analisa Modal

Analisa modal dapat digunakan untuk menentukan karakteristik getaran (frekuensi pribadi dan modus getar) dari struktur atau komponen mesin ketika sedang menjadi desain. Itu juga dapat berfungsi sebagai titik awal untuk analisis dinamis lain yang lebih rinci, seperti analisis dinamik transient, analisis respon gerak adalah :

Sedangkan untuk analisa modal persamaan secara umumnya adalah persamaan dengan asumsi getaran bebas dan tanpa redaman.

Asumsi getaran bebas dan tanpa redaman, adalah :

Sedangkan analisa modal dapat digunakan untuk beberapa analisa sebagai berikut:

1. Memungkinkan desain untuk mencegah getaran resonansi atau bergetar pada frekuensi tertentu (misalnya *speaker*).
2. Memberikan gambaran bagaimana desain akan menanggapi berbagai jenis beban dinamis.
3. Membantu dalam menghitung kontrol solusi (misalnya langkah waktu) untuk analisa dinamis lainnya.

2.5.3 Analisa Harmonik

Analisa harmonik adalah sebuah teknik untuk mengetahui respon *steady state* dari suatu struktur menjadi sinusoidal (harmonik) dari beban sehingga diketahui frekuensinya.

Analisa harmonik juga merupakan salah satu dari analisa dinamis dari metode elemen hingga. Sehingga persamaan umumnya adalah persamaan gerak.

Persamaan gerak secara umum

[F] dan (u) adalah harmonik, dengan frekuensi ω :

Persamaan gerak untuk analisa harmonik, adalah

Analisa harmonik digunakan untuk membantu dalam desain peralatan teknik. Analisa harmonik dapat digunakan untuk berbagai macam desain sebagai berikut :

- a. Supports, fixtures, dan komponen peralatan yang berputar seperti kompresor, mesin, pompa, dan *turbomachinery*.
- b. Struktur terhadap *shedding vortex* (gerakan fluida yang berputar) seperti pisau turbin, sayap pesawat, jembatan, dan menara.

Analisa harmonik digunakan untuk berbagai tujuan dalam suatu desain.

Tujuan dari penggunaan analisa harmonik adalah sebagai berikut :

- a. Untuk memastikan bahwa desain yang diberikan dapat menahan beban sinusoidal pada frekuensi yang berbeda (misalnya, mesin berjalan pada kecepatan yang berbeda).
- b. Untuk mendapatkan respons resonan dan menghindarinya jika perlu. (misalnya, dengan menggunakan peredam) (Budiman : 2013).

2.6 Sifat Mekanik Bahan

2.6.1 Elastisitas

Dalam memilih material logam untuk pembuatan batang penghubung, yang harus diperhatikan adalah sifat-sifat material, antara lain kekuatan (*strength*), keliatan (*ductility*), kekerasan (*hardness*), dan kekuatan lelah (*fatigue strength*). Sifat mekanik material didefinisikan sebagai ukuran kemampuan material untuk menahan beban, struktur molekul berada dalam keseimbangan. Gaya luar pada

proses penarikan tekanan, pemotongan, penempaan, pengecoran dan pembengkokan mengakibatkan material mengalami tegangan.

Hampir semua benda teknik memiliki sifat elastisitas. Suatu system struktur diperuntukan mengemban fungsi tertentu, sekaligus menahan pengaruh gaya luar yang ada. Apabila gaya luar yang menghasilkan perubahan bentuk (*deformation*) kemudian gaya tersebut dilepas, maka kebentuk semula, karena elastisitas bahan.

Dalam hal ini struktur unit rangka batang penghubung motor yang akan dianalisis memiliki sifat elastisitas, yang dibatasi dengan anggapan bahwa bahan rangka isotropis, yaitu sifat elastisitasnya sama kesemua arah dengan bahan rangka yang akan dianalisis berada pada daerah elastic linear. Hubungan regangan peralihan untuk benda elastic dalam koordinat cartesius dinyatakan dalam bentuk matriks.

2.6.2 Deformasi

Deformasi terjadi bila bahan mengalami gaya. Selama deformasi, bahan menyerap energy sebagai akibat adanya gaya yang bekerja sepanjang deformasi. Sekecil apapun gaya yang bekerja, maka benda akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran. Perubahan ukuran secara fisik ini disebut sebagai seformasi. Deformasi ada dua macam, yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang terjadi akibat adanya beban yang jika beban ditiadakan, maka material akan kembali seperti ukuran dan bentuk semula, sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang bersifat permanen jika bebannya dilepas.

Sifat elastis pada kenyataannya masih terjadi sedikit diatas batas proporsional, namun hubungan antara tegangan dan regangan tidak linear dan umumnya batas daerah elastic dan daerah plastis sulit untuk ditentukan. Karena itu didefenisikan kekuatan luluh (*yield point*). Kekuatan luluh adalah harga tegangan terendah dimana material mulai mengalami deformasi plastis.

2.6.3 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (ultimate tensile strength), adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil suatu uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut kurang bersifat mendasar dalam kaitannya dengan kekuatan material. Untuk logam ulet, kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum, dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Pada tegangan yang lebih kompleks, kaitan nilai tersebut dengan kekuatan logam, kecil sekali kegunaannya. Kecenderungan yang banyak ditemui adalah, mendasarkan rancangan statis logam ulet pada kekuatan luluhnya. Tetapi karena jauh lebih praktis menggunakan kekuatan tarik untuk menentukan kekuatan bahan, maka metode ini lebih banyak dipakai. Kekuatan tarik adalah besarnya beban maksimum dibagi dengan luas penampang lintang awal benda uji.

2.6.4 Kekuatan Luluh

Kekuatan luluh yaitu harga tegangan terendah dimana material mengalami *deformasi plastis*.

2.6.5 Keuletan

Menyatakan energy yang di-*absorpsi* (diserap) oleh suatu bahan sampai titik patah.

2.6.6 Kekerasan

Yaitu adanya daya tahan suatu bahan (permukaan bahan) terhadap *penetrasi/identasi* (pemasukan dan penusukan) bahan lain yang lebih keras dengan bentuk tertentu dibawah pengaruh gaya tertentu.

2.7 Konsep Tegangan- Regangan

2.7.1 Konsep Tegangan

Pada dasarnya tegangan dapat didefinisikan sebagai besaran gaya yang bekerjapada suatu satuan luas. Secara matematis defenisi tersebut dapat ditulis sebagai:

$$\text{Tegangan}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

Pada suatu bidang yang dikenal suatu gaya akan terdapat dua jenis tegangan yang mempengaruhi bidang tersebut, yaitu:

1. Tegangan Normal

Adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya aksial dan moment lentur.

2. Tegangan Geser

Adalah tegangan yang sejajar terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya geser dan gaya puntir dan torsi.

Suatu tegangan normal, secara matematis dapat didefinisikan sebagai :

$$\sigma = \frac{\delta}{L}$$

Tegangan normal terbagi menjadi dua macam, yaitu tegangan normal yang menghasilkan suatu tarikan (*tension*) pada permukaan suatu benda.

Dimana:

$$\sigma = \text{Tegangan Normal} \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

$F = \text{gaya yang bekerja tegak lurus terhadap potongan } (N)$

$A = \text{luas bidang } (m^2)$

2.7.2 Konsep Regangan

Regangan dinyatakan sebagai pertambahan panjang per satuan panjang. Hukum Hooke menyatakan bahwa dalam batas-batas tertentu, tegangan pada

suatu bahan adalah berbanding lurus dengan regangan. Secara matematis regangan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

Dimana:

ε = regangan

δ = pertambahan panjang total (m)

L = panjang mula – mula (m)

Hubungan tegangan dan regangan dapat ditulis sebagai:

2.8 Simulasi pada software solidwork2014

2.8.1 Pengertian simulasi

Simulasi adalah metode yang paling luas penggunaannya dalam mengevaluasi berbagai alternatif sistem sumberdaya air. Teknik ini mengandalkan cara coba-banding (trial-and-error) untuk memperoleh hasil yang mendekati optimal. Model simulasi mempunyai maksud untuk mereproduksi watak esensial dari sistem yang dipelajari. Teknik simulasi dapat dibayangkan dengan percobaan (eksperimen), sebagai penyelesaian masalah untuk mempelajari sistem yang kompleks yang tidak dapat dianalisis secara langsung dengan cara analitik. Teknik simulasi merupakan metode kuantitatif yang menggambarkan perilaku suatu sistem. Digunakan untuk memperkirakan keluaran (output) dari masukan (input) sistem yang telah ditentukan.

Simulasi adalah suatu cara untuk menduplikasi/menggambarkan ciri, tampilan, dan karakteristik dari suatu sistem nyata. Ide awal dari simulasi adalah untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya, dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasar hasil dari simulasi. Dengan cara ini, sistem di dunia nyata tidak disentuh /dirubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan di uji cobakan dalam sistem model.

Metode simulasi merupakan proses perancangan model dari suatu sistem nyata (riil) dan pelaksanaan eksperimen-eksperimen dengan model ini untuk tujuan

memahami tingkah laku sistem atau untuk menyusun strategi (dalam suatu batas atau limit yang ditentukan oleh sebuah satu atau beberapa kriteria) sehubungan dengan operasi sistem tersebut. Metode simulasi dapat menjelaskan tingkah laku sebuah sistem dalam beberapa waktu dengan mengobservasi tingkah laku dari sebuah model matematika yang dibuat sesuai dengan karakter sistem yang asli sehingga seorang analis bisa mengambil kesimpulan tentang tingkah laku dari sistem dunia nyata.

(Sumber : STIKOMP Digital Library)

Simulasi adalah suatu program komputer. Simulasi adalah, secara esensial, suatu proses eksperimen yang memerlukan perencanaan yg hati-hati. Simulasi adalah model dari suatu sistem, dengan software memodelkan sistem, dan ukuran numerik performansi diturunkan dari output simulasi.

(Sumber : Simulasi_07.ppt)

2.8.2 Klasifikasi Simulasi

Klasifikasi simulasi dalam tiga dimensi:

- Model Simulasi Statik vs. Dinamik
Model statik: representasi sistem pada waktu tertentu. Waktu tidak berperan di sini.
Contoh: model Monte Carlo.
Model dinamik: merepresentasikan sistem dalam perubahannya terhadap waktu.
Contoh: sistem conveyor di pabrik.
- Model Simulasi Deterministik vs. Stokastik
Model deterministik: tidak memiliki komponen probabilistik (random).
Model stokastik: memiliki komponen input random, dan menghasilkan output yang random pula.
- Model Simulasi Kontinu vs. Diskrit
Model kontinu: status berubah secara kontinu terhadap waktu.
Contoh : gerakan pesawat terbang.
Model diskrit: status berubah secara instan pada titik-titik waktu yang

terpisah.

Contoh : jumlah customer di bank.

2.8.3 Terapan simulasi

Contoh-contoh area aplikasi simulasi:

- Sistem antrian
- Perancangan dan analisis sistem manufacturing.
- Evaluasi persyaratan hardware dan software untuk sistem komputer.[
- Evaluasi sistem senjata atau taktik militer yang baru.
- Perancangan sistem komunikasi dan message protocol.
- Perancangan dan pengoperasian fasilitas transportasi, mis. jalan tol, bandara, rel kereta, atau pelabuhan.
- Evaluasi perancangan organisasi jasa, mis. rumah sakit, kantor pos, atau restoran fast food.
- Analisis sistem keuangan atau ekonomi.

(Sumber : Simulasi_07.ppt)

2.8.4 Performance

2.8.4.1 Pengertian performance menurut para ahli

Performance dapat diartikan sebagai tingkat pencapaian hasil atau “The degree of accomplishment” (Rue and Byars , 1981:375). Sering pula disebut tingkat pencapaian tujuan organisasi. Penilaian terhadap performance atau disebut juga kinerja merupakan suatu kegiatan yang sangat penting. Penilaian dimaksud bisa dibuat sebagai masukan guna mengadakan perbaikan untuk peningkatan kinerja organisasi pada waktu berikutnya. (Mac Donald and Lawton , 1977). Apabila sebuah organisasi tidak menghasilkan keluaran berupa materi , performance juga sebagai sebutan bagi pengukuran output atau hasil dari organisasi. Penjelasan tersebut dibicarakan oleh Stodgil dalam hubungannya dengan permasalahan output organisasi.

Menurut Peter Jennergren dalam Nystrom dan Starbuck (1981:43), makna dari Performance (Kinerja) adalah “Pelaksanaan tugas-tugas secara actual”. Sedangkan Osborn dalam John Willey dan Sons (1980:77) menyebutnya sebagai

“Tingkat pencapaian misi organisasi”. Dengan demikian dapatlah disimpulkan yang mana performance (kinerja) itu merupakan “Suatu keadaan yang bisa dilihat sebagai gambaran dari hasil sejauh mana pelaksanaan tugas dapat dilakukan berikut misi organisasi”.

Untuk mengetahui bagaimana kinerja sebuah organisasi banyak pendapat para pakar dengan menggunakan indikator dan konsep, seperti efektivitas, efisiensi dan juga produktivitas untuk menentukan sejauh mana kemampuan sebuah organisasi dalam mencapai tujuan. Namun konsep dan indikator yang dikemukakan selalu saja hanya tepat digunakan bagi organisasi swasta yang berorientasi keuntungan belaka, hal ini tentunya berbeda dengan organisasi publik yang berorientasi pada pelayanan kepada masyarakat banyak tanpa mengejar keuntungan materi. Namun orientasi untuk pelayanan publik bagi kesejahteraan dan kemakmuran masyarakat untuk menuju suatu pemerintahan yang good governance.

Levine dkk (1990) mengusulkan tiga konsep yang bisa dipergunakan untuk mengukur kinerja birokrasi publik, yaitu: responsiveness, responsibility dan accountability (Dwiyanto, 1995). Georgepoulos dan Tannenbaum dalam Emitai Etzioni (82) Menggunakan ukuran keberhasilan sebuah organisasi dengan :

- Produktivitas organisasi.
- Bentuk organisasi yang luwes sehingga berhasil menyesuaikan diri dengan perubahan yang terjadi di dalam organisasi yang bersangkutan.
- Tidak adanya ketegangan, tekanan maupun konflik di antara bagian-bagian dalam organisasi tersebut.

Stodgil dan James D.Thomson (1967:33) berpendapat bahwa keberhasilan organisasi melalui :

- productivity/performances
- Integration and
- Morale
- Adaptiveness
- Institutionalization.

Bila dilihat ukuran-ukuran yang diberikan para pakar di atas dapat dimaklumi adanya sisi yang hampir sama antara satu sarjana dengan yang

lain. Ukuran kriteria tersebut memang telah dibuktikan berhubungan positif dengan efektivitas organisasi, namun demikian dalam pengukuran kinerja organisasi dari sudut pencapaian tujuan sebagai misi akhir dari tujuan banyak dari kriteria evaluasi tersebut relatif tidak stabil setelah jangka waktu selanjutnya, yang mana kriteria yang telah dipakai untuk pengukuran kinerja waktu sekarang belum tentu tepat dan cocok lagi untuk waktu yang akan datang, mungkin saja dapat diragukan hasilnya pada waktu berikutnya. Untuk itu dalam menentukan kriteria yang akan dipakai dalam penelitian ini, penulis tidak langsung menggunakan pendapat salah satu pakar di atas, namun berusaha menyesuaikan dengan keadaan pada Bagian Organisasi Sekretariat Kota Pekanbaru sebagai salah satu organisasi yang ada pada Lembaga Pemerintah Daerah Kota Pekanbaru. Menurut Keban (1995), pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengukur kinerja Pemda, yaitu pendekatan manajerial dan pendekatan kebijakan, dengan asumsi bahwa efektivitas dari tujuan pemda sangat tergantung dari dua kegiatan pokok tersebut “Public Management and Policy”. Pendekatan manajemen mempersoalkan hingga seberapa jauh fungsi-fungsi manajerial pemda telah dijalankan seefisien dan seefektif mungkin.

Sasarannya adalah semua yang bertugas mengimplementasikan kebijakan publik. Selanjutnya Keban (1995) menggabungkan kedua pendekatan tersebut yang disebutnya dengan pendekatan moral/ethika, yang mana beliau melihat hingga seberapa jauh pemerintah daerah menaruh perhatian terhadap aspek moralitas, yakni apakah pemda memperlakukan pegawainya dan masyarakat umum atau golongan tertentu secara adil? atau apakah pemda memperhatikan internal dan eksternal etik?. Apakah pemda cukup responsif atau tanggap terhadap perubahan yang datang dari masyarakat. Adapun sasaran dari pendekatan ini adalah gabungan dari dua pendekatan di atas. Selanjutnya fungsi manajerial dapat ditinjau dari manajerial yang bertugas, berupa adanya peningkatan dalam pemakaian manajerial skill, pemakaian sistem, dan prosedur kerja yang lebih baik, peningkatan motivasi serta kepuasan kerja di antara pegawai atau aparat pemda. Apakah peningkatan ini telah memberikan sumbangan terhadap tercapainya tujuan secara efisien dan efektif. Selain itu kinerja pemerintah dapat dinilai sampai sejauh mana masing-masing instansi telah

melaksanakan fungsi, tugas dan tanggung jawab tersebut yang merupakan manifestasi dari kegiatan manajemen dan policy. Dalam penelitian ini nanti yang dimaksudkan dengan performance (kinerja) adalah “ Ada Tidaknya Bagian Organisasi melakukan tugas dan fungsinya secara aktual sehari-hari “.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat penelitian dilaksanakan dilaboratorium komputer gedung D lantai 3 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri BA No 3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing, dan terlihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 waktu pelaksanaan penelitian.

No	Kegiatan	Bulan			
		12	01	02	03
1	Pengajuan judul				
2	Penyediaan alat dan bahan				
3	Studi literatur				
4	Perancangan desain <i>connecting rod</i> dengan menggunakan <i>software solidwork</i>				
5	Pengujian pada desain <i>connecting rod</i> dengan menggunakan <i>software solidwork</i>				
6	Penyelesaian skripsi				

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. Komputer dengan spesifikasi:

- Proseror intel ® Xeon ® CPU E3-1246 v3 @3.50Ghz 3.50Ghz
- Memori 8.00 GB
- System operasi Windows 7.64-bit



Gambar 3.1 Komputer Lab UMSU

2. Perangkat Lunak *Solidwork* 2014

Program *solidwork* merupakan program computer yang berfungsi untuk melakukan analisa kekuatan. Program tersebut dapat membantu kita dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, waktu market dari benda pun dapat dipercepat. *Solidwork* dibuat dengan berdasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga.



Gambar 3.2 perangkat lunak *solidwork* 2014

3. Printer

Merupakan Perangkat eksternal yang berfungsi mengambil data computer dan menghasilkan *Hard Copy* dari data tersebut.



Gambar 3.3 Printer

3.2.2 Bahan

- Literatur

Bahan berupa literature berisi hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan.

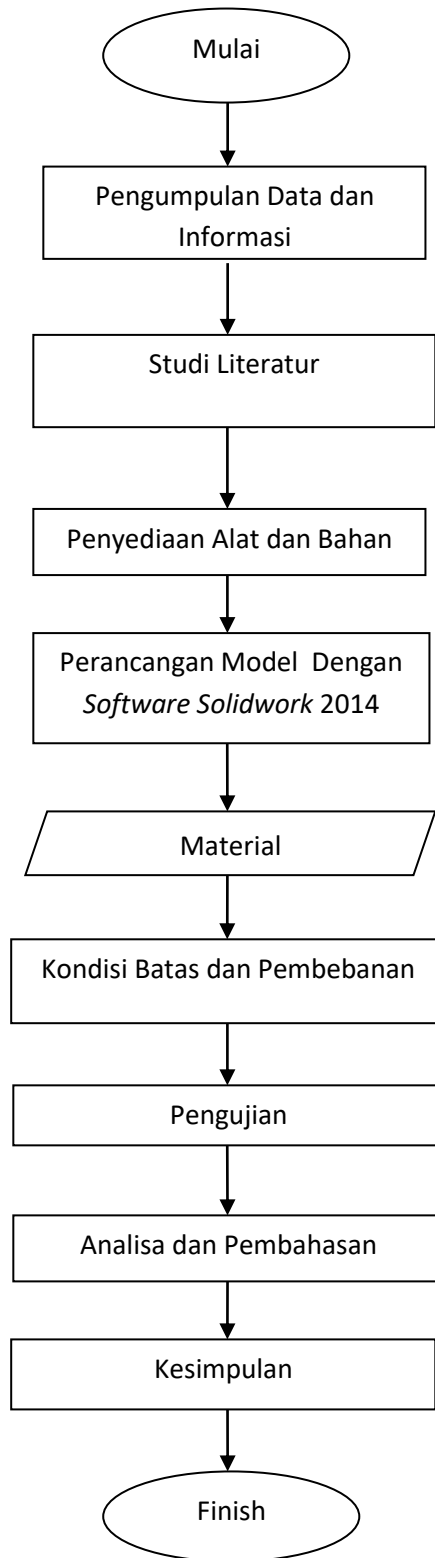
- Buku-buku Referensi

Bahan berupa buku yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan dan mendapatkan landasan teori sesuai dengan penelitian.

- jurnal-jurnal

jurnal berupa ketikan berisi penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

3.4 Perancangan Model Dengan *Software Solidworks* 2014

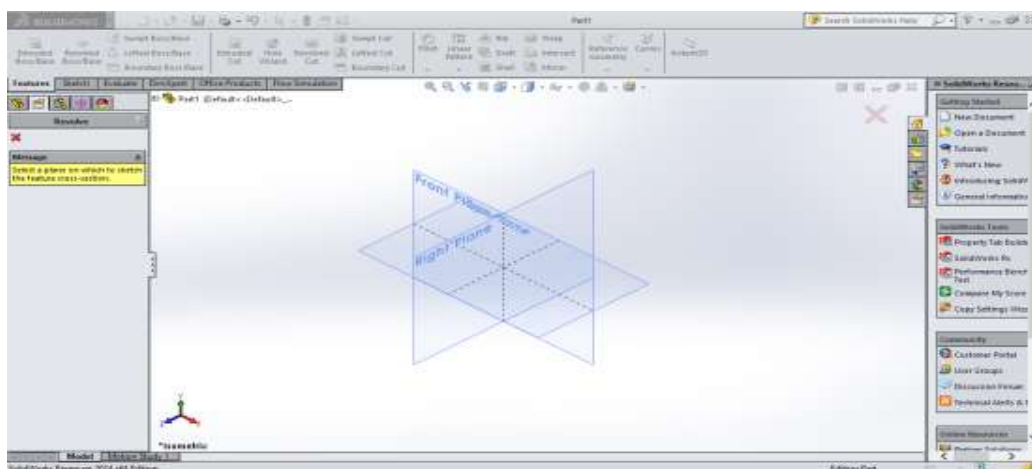
Model yang akan dirancang adalah poros penghubung (*connecting rod*), berikut ini adalah langkah-langkah perancangan model dengan menggunakan *software Solidworks* 2014.

1. Nyalakan komputer yang akan digunakan untuk merancang desain yang akan dibuat,
2. Buka *software Solidwork* 2014 pada komputer,
3. Pilih “New Document” pada sudut kanan atas tampilan *software Solidworks* 2014, kemudian pilih “Part” dan pilih “OK”.



Gambar 3.5 Tampilan awal *Solidworks* 2014

4. Pilih “Insert” pada menu bar kemudian pilih “Sketch” dan kemudian pilih bagian “Top Plane”.

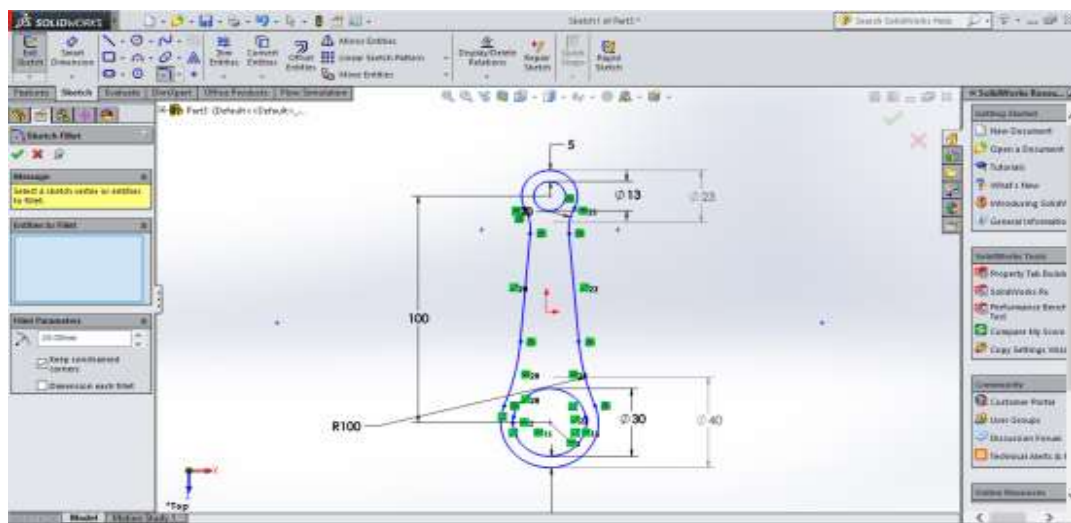


Gambar 3.6 Menentukan *plane* perancangan

5. Membuat desain *connecting rod*

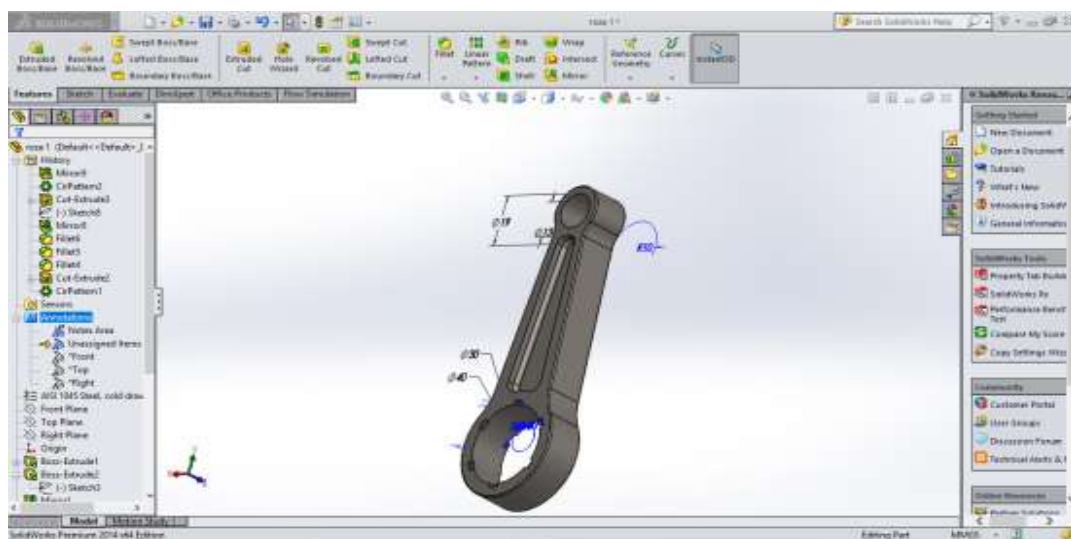
Connecting rod yang direncanakan memiliki ukuran sebagai berikut.

Diameter dalam atas <i>connecting rod</i>	: 13 mm
Diameter luar atas <i>connecting rod</i>	: 19 mm
Diameter dalam bawah <i>connecting rod</i>	: 30 mm
Diameter luar bawah <i>connecting rod</i>	: 40 mm
Panjang <i>connecting rod</i>	: 100 mm
Ketebalan	: 14 mm



Gambar 3.7 Desain dan ukuran

6. Setelah desain *connecting rod* dibuat, pilih “Features” kemudian pilih “Revolved Boss/Base”.



Gambar 3.8 Desain setelah di Revolved Boss/Base.

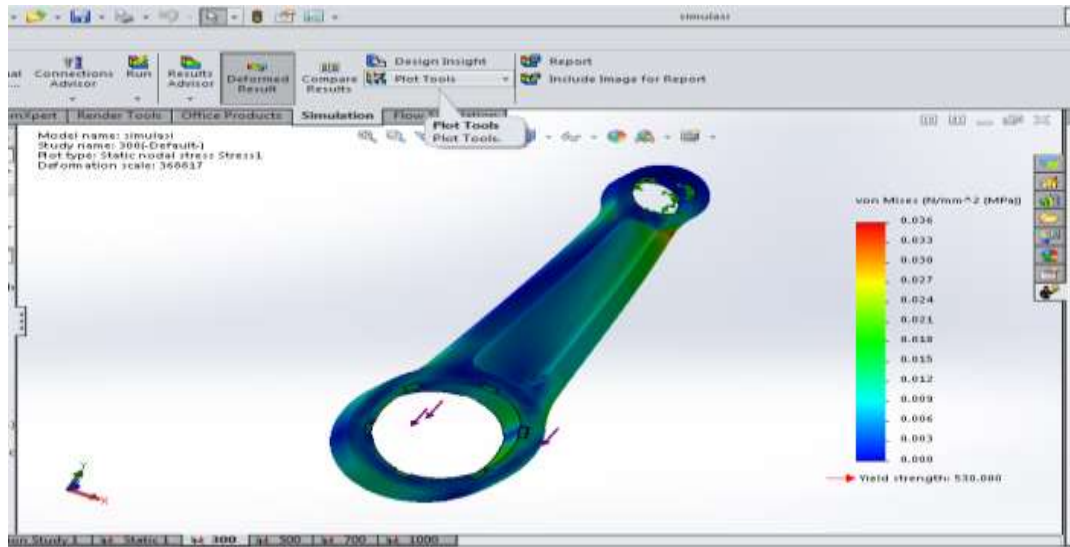
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa

Simulasi Batang penghubung dilakukan dengan menggunakan software Solidwork dengan gaya ($F= 300, 500, 700, 100$)

1. Analisa Tekanan 300 Newton

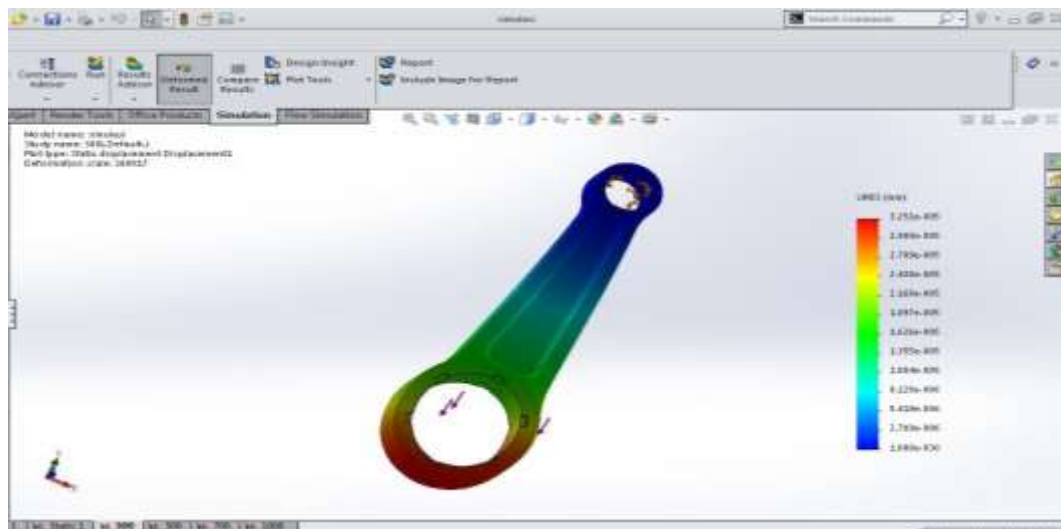
- *stress* (σ)



Gambar 4.1 Hasil Simulasi *Stress*

Stress maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 0.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$.

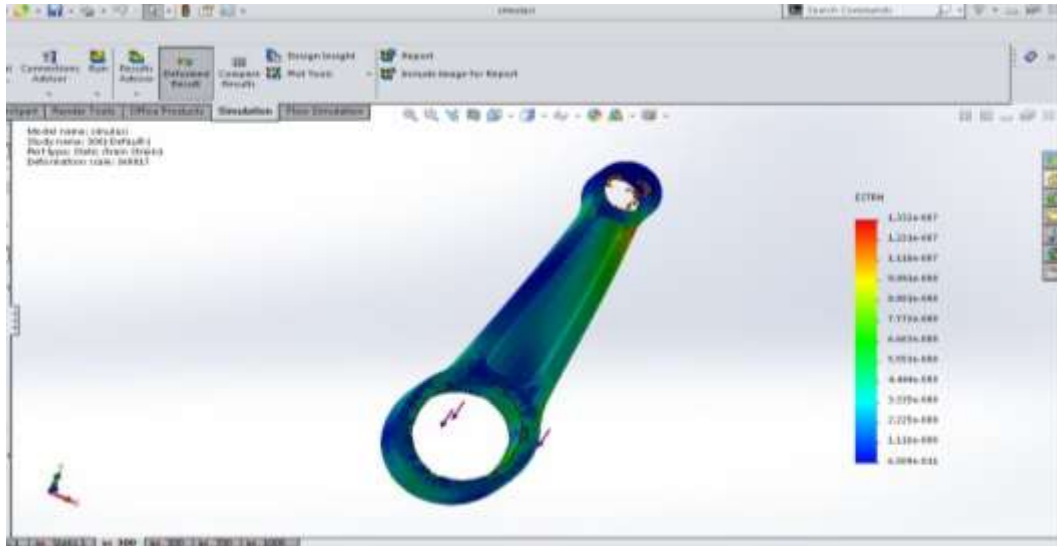
- *Displacement*



Gambar 4.2 Hasil Simulasi *Displacement*

Displacement maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.2) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka $3.251e-005$, *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$.

- Strain

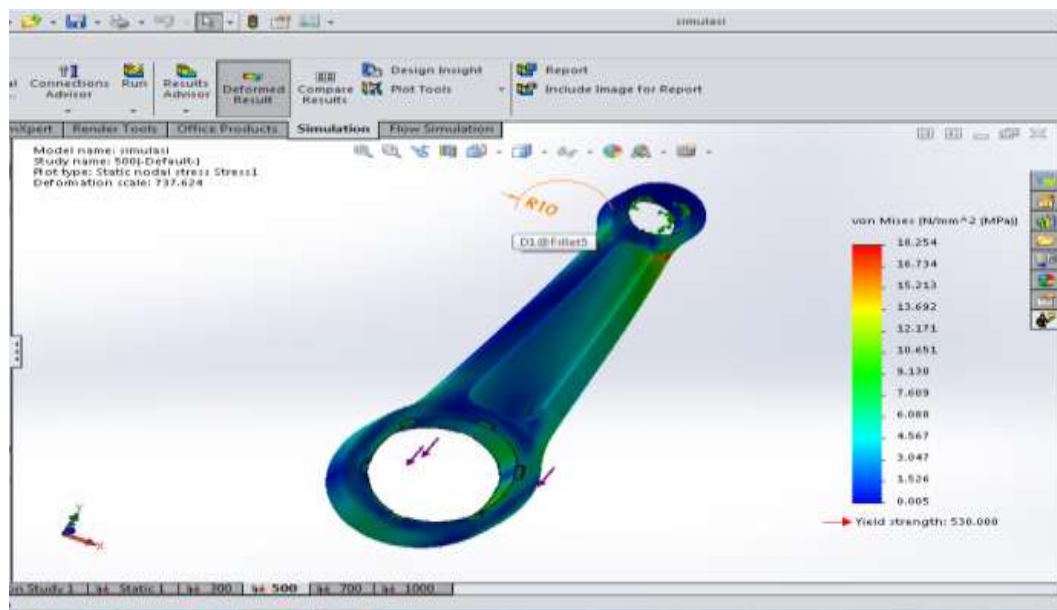


Gambar 4.3 Hasil Simulasi Strain

Strain maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 0.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$.

2. Analisa 500 Newton

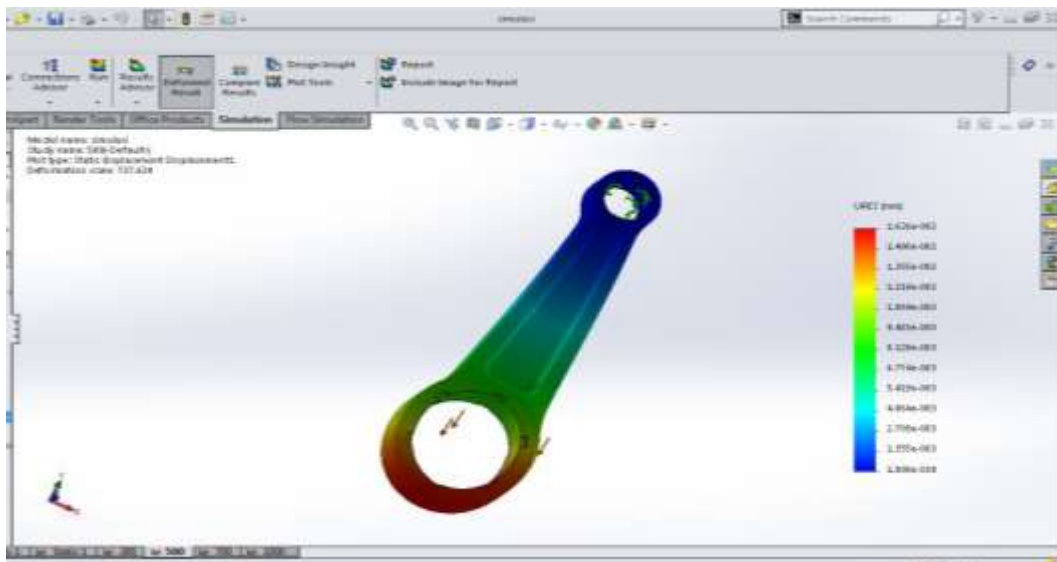
- Stress



Gambar 4.4 Hasil simulasi Stress

Stress maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 18.254 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,005 \text{ N/mm}^2$

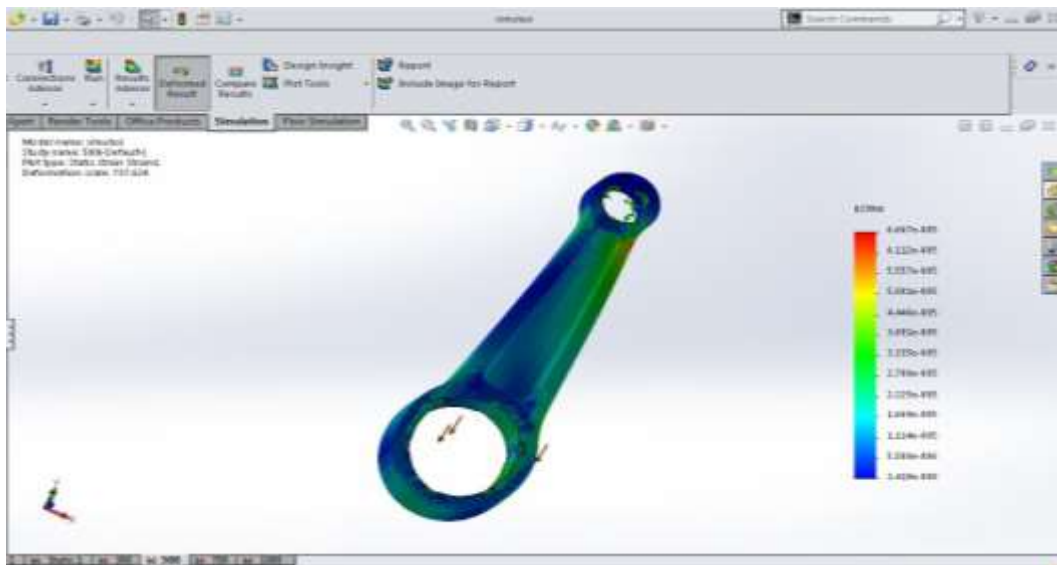
- Displacement



Gambar 4.5 Hasil Simulasi *Displacement*

Displacement maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 0.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$.

- Strain



Gambar 4.6 Hasil Simulasi *Strain*

Strain maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 0.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$

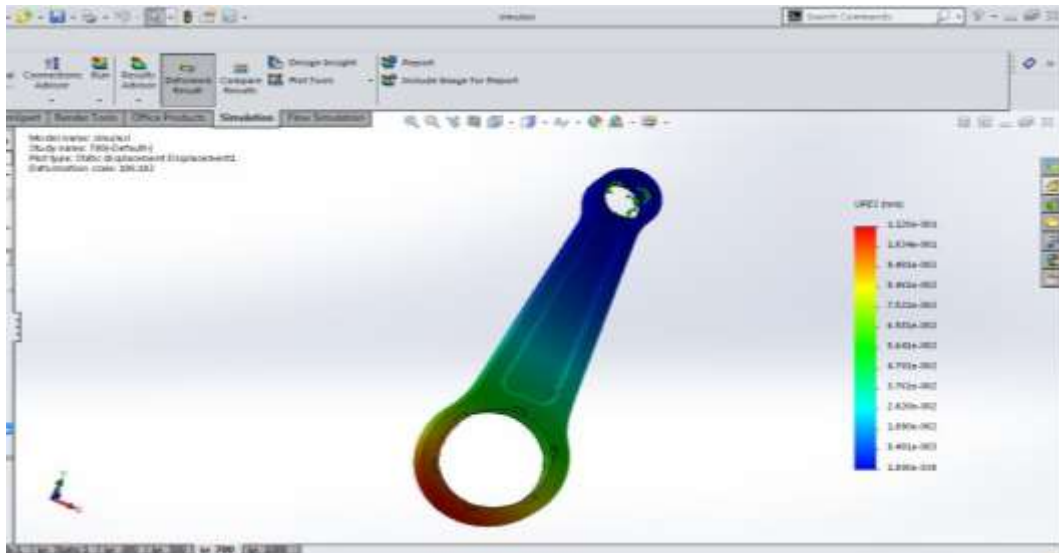
- Stress



Gambar 4.7 Hasil simulasi *Stress*

Stress maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 540.781 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,006 \text{ N/mm}^2$

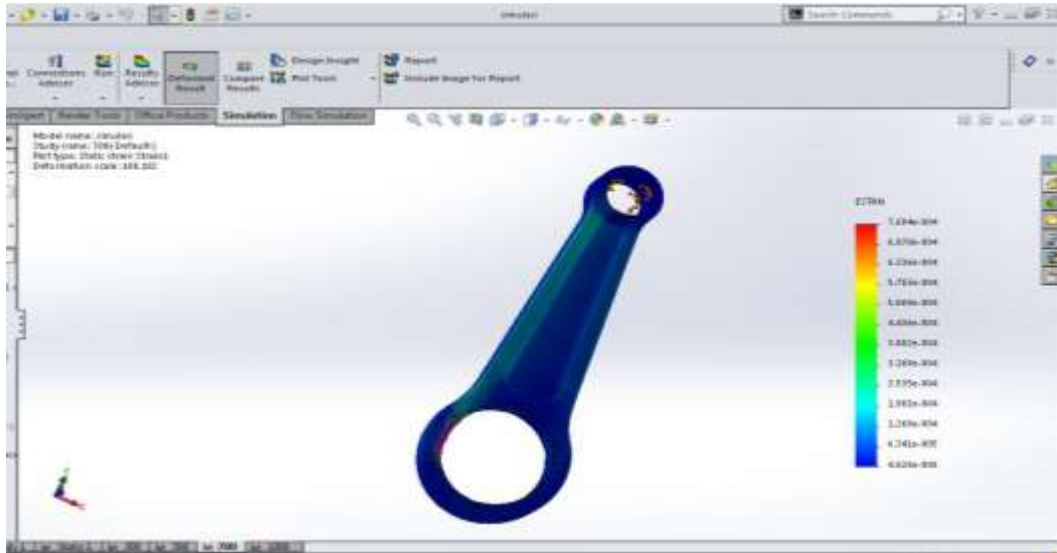
- Displacement



Gambar 4.7 Hasil Simulasi Displacement

Displacement maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 0.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$.

- Strain

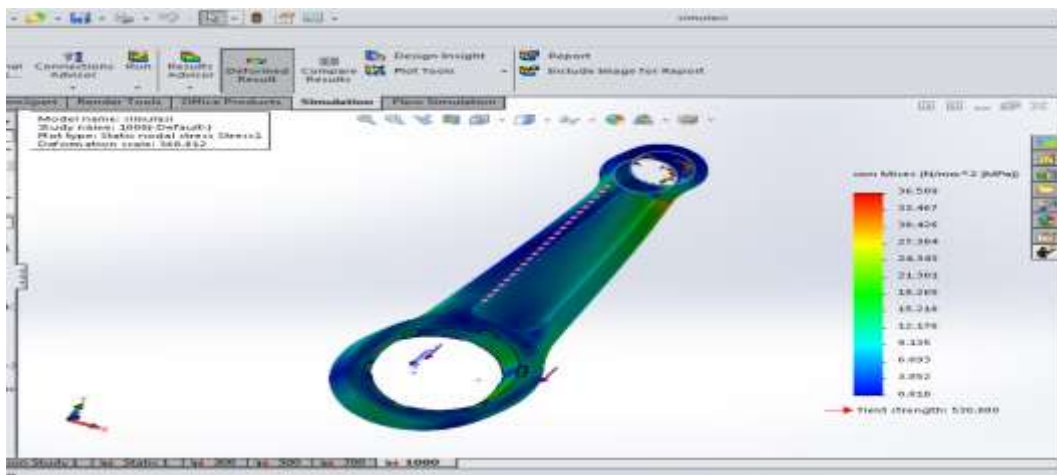


Gambar 4.8 Hasil Simulasi Strain

Strain maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 0.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$.

3. Analisa 1000 Newton

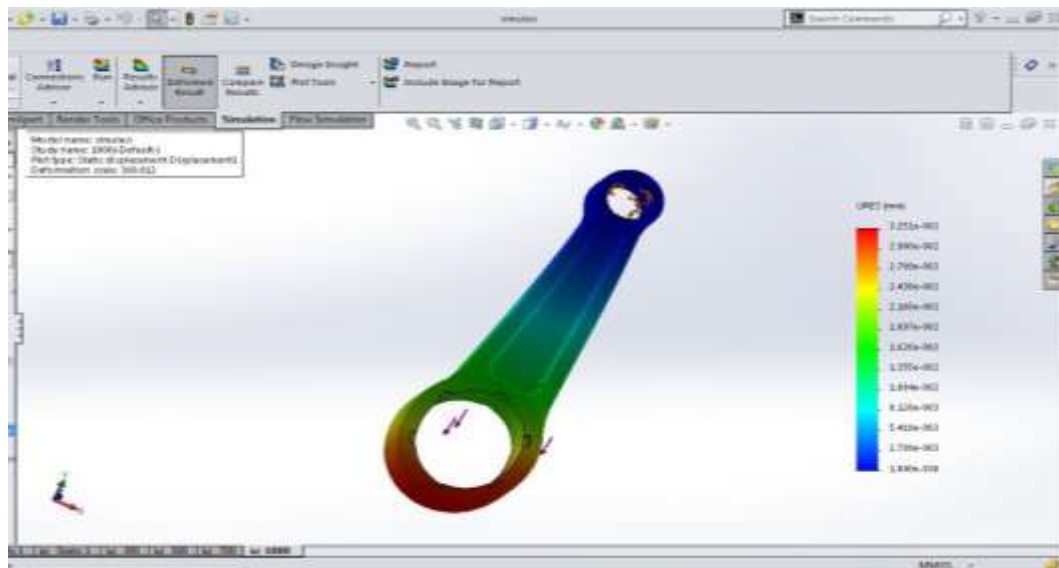
- Stress



Gambar4.9 Hasil Simulasi Stress

Stress maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 36.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,010 \text{ N/mm}^2$

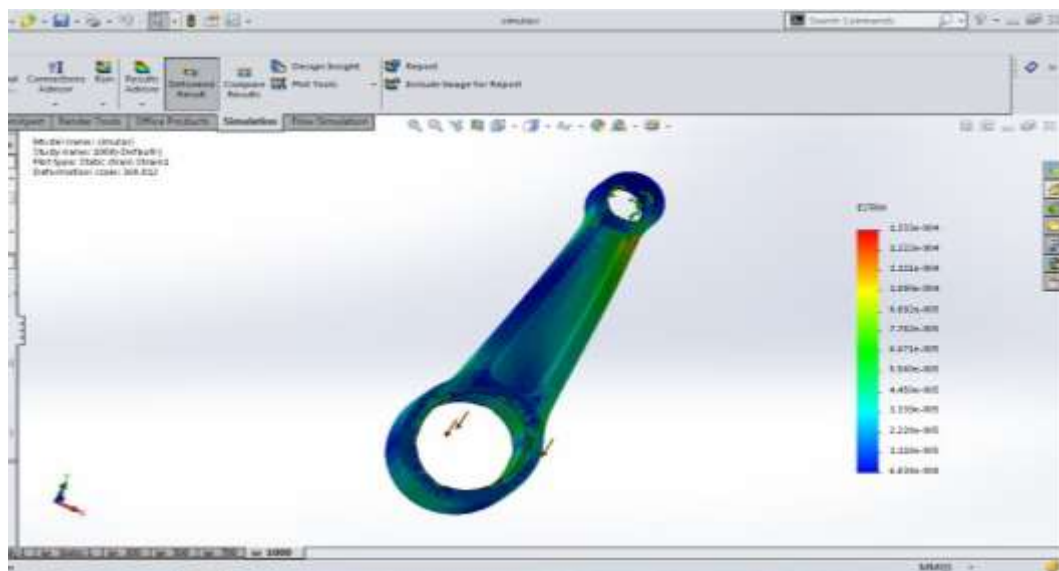
- Displacement



Gambar 4.10 Hasil Simulasi Displacement

Displacement maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 0.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$.

- Strain



Gambar 4.11 Hasil Simulasi Strain

Strain maksimal dan minimal terlihat pada grafik batang gambar (4.1) dimana angka stress tertinggi pada bagian merah yang menunjukkan angka 0.036 N/mm^2 , *yield strength* yaitu pada angka $0,000 \text{ N/mm}^2$.

4.2 Pembahasan

Dari hasil simulasi di atas menunjukkan bahwa stress yang dihasilkan dari simulasi diatas menunjukkan :

- Stress dengan tekanan 300 newton = 0.036 N/mm^2
- Stress dengan tekanan 500 newton = 18.254 N/mm^2
- Stress dengan tekanan 700 newton = 540.781 N/mm^2
- Stress dengan tekanan 1000 newton = 36.509 N/mm^2

Bahwa dibawah angka yield strength 530 N/mm^2 . Material *connecting rod* dalam kategori aman untuk menggunakan material baja AISI 1045 cold dr

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan menggunakan perangkat lunak dalam menganalisa, khususnya *software solidwork 2014* yang berbasis MEH, mempermudah dan memperhemat waktu dalam menganalisa permasalahan struktur elemen.

Berdasarkan penelitian dan analisa yang penulis susun, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi masih berada dibawah harga dari *yield strength*.
2. Semakin besar harga *yield strength* terhadap tegangan maksimal maka struktur itu akan lebih aman digunakan.

5.2 Saran

Dalam menganalisa suatu struktur dengan menggunakan perangkat lunak computer, khususnya *solidwork 2014* terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil analisa yang baik, yaitu:

1. Memahami dasar-dasar teori seperti MEH dn AutoCAD agar dalam penggambaran dan penganalisaan struktur tidak mengalami kesulitan.
2. Mahasiswa jurusan teknik mesin dibekali keterampilan menggambar dan penganalisaan struktur menggunakan perangkat lunak computer dengan memasukan pada matakuliah praktek proses produksi yang terdapat materi tentang CAD (*computer Aided Design*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*)

DAFTAR PUSTAKA

- Baha'ullah Y. R, Imron C. (2016) *Simulasi Numerik Aliran Fluida Pada Saluran T-Junction 90° di PLTA Tulungagung*, Surabaya: Institut Teknologi November
- Holman, J.P. (1997) *Heat Transfer Tenth Edition*, USA: John Willey and sons, inc
- Holman, J.P. (1988) *heat Transfer eighth edition*, USA: John Willey and sons, Inc
- Irawan A, Rahmat S. (2010) *Analisa Kerugian akibat perluasan dan penyempitan penampang pada sambungan 90°*. Laporan Tugas Akhir, Makassar: Program Studi Teknik Mesin, UNHAS.
- Munson R. B, Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P (2012) *Fundamentals of Fluid Mechanics Seventh Edition*, USA: John Willey and sons, Inc
- Priangkoso T, Kurniawan N, Darmanto (2017) *Analisis Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Kerugian Tekanan Pada Saluran Udara*, Semarang: Program Studi Teknik Mesin UNS
- Ryanto F.I. (2017) *investigasi numerik 2D pengaruh variasi sudut inlet disturbance body terhadap karakteristik aliran dan perpindahan panas melintasi silindeer sirkular susunan staggered*. Laporan Tugas Akhir, Surabaya: Program Studi Teknik, Mesin ITS
- Tista S.P.G.G, Suriadi I.G.A.K (2015) *Pengaruh penempatan penghalang berbentuk segitiga di diepan silinder dengan variasi kecepatan aliran udara terhadap koefisien drag*, Denpasar : Program Studi Teknik Mesin UNUD
- Youyou Xu, Songlin Liu, Xuebin Ma Xiaoman Cheng, (2018) *Numeric Simulation airflow during losses vacuum from CFETR*, China: University of China Sains and Technologi
- Zainuddin, Sayoga I M A, Nuarsa I M (2012) *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokann Terhadap Head Losses Aliran Pipa*. Tugas. Laporan Tugas Akhir, Mataram : Program Studi teknik Mesin UNMAT.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA KEGAGALAN FATIGUE PADA BATANG PENGHUBUNG SEPEDA MOTOR

Nama : Fachrur roza
NPM : 1407230090

Dosen Pembimbing 1 : Khairul umurani, S.T., M.T
Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Penulisan spesifikasi tugas	le
		- Perbincangan pendahuluan	le
		- Perbincangan tinjauan pustaka	le
		- Perbincangan Metodologi	le
		- Perbincangan analisis data	le
		- Laporan ke pembimbing 2	le
		- Perbaikan spesifikasi	le
		- Perbaikan data pustaka	le
		- Aca	le
		- Aca, seminar	le

RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI:

Nama : FACHRUR ROZA
Tempat Tanggal Lahir : Medan 23 September 1995
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Anak Ke : 7 Dari 7 Bersaudara
Nama Orang Tua
 Ayah : Rachmad
 Ibu : Fathimah A,ma
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Status : Belum Menikah
Kontak Person : +6282366628292

RIWAYAT PENDIDIKAN

NO	SEKOLAH	TEMPAT	TAHUN	KET
1	SD NEGERI 106161	LAU DENDANG	2007	Berijazah
2	MTS N 2	MEDAN	2010	Berijazah
3	SMKN 4	MEDAN	2013	Berijazah
4	UMSU	MEDAN	2019	Berijazah

RIWAYAT ORGANISASI

NO	ORGANISASI	JABATAN	TAHUN
1	TAPAK SUCI UMSU	SEKERTARIS	2014-2015
2	PK IMM FATEK UMSU	SEKERTARIS	2015-2016
3	PK IMM FATEK UMSU	KETUA UMUM	2016-2017
4	PC IMM KOTA MEDAN	KETUA HIKMAH	2018-2019

PENGALAMAN ORGANISASI

NO	ORGANISASI	PELAKSANA	TAHUN
1	PENGUKUHAN TSPM	Tapak Suci Umsu	2014
2	Peserta Darul Arqam Dasar	PK IMM FATEK UMSU	2014
3	Peserta Latihan instruktur Dasar	PC IMM KOTA MEDAN	2017
4	Peserta Darul Arqam Madya	PC IMM MALANG RAYA	2017
5	Peserta Latihan Instrutur Madya	DPD IMM SUMUT	2018
6	Relawan Demokrasi Kota Medan	KPU Kota Medan	2019

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

Peserta seminar

Nama : Fachrur Roza
 NPM : 1407230090
 Judul Tugas Akhir : Analisa Kegagalan Fatigue Pada Batang Penghubung – Sepeda Motor.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:
Pembimbing – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	:
Pembanding – I	: Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	:
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230280	Dicky Ikhunizar AIST	Diko
2	1507230277	Fariq Abdillah	Fariq
3	1407230078	Tyo Fransetyo	Tyo
4	1307230275	Bambang Kusresnan	Bambang
5	1307230262	Arie Indra Wiranegara	Arie
6	1307230299	Abdi Saputra	Abdi
7	1407230196	ANDRE ANDANA	Andre
8	1207230173	M. Azhar Sahril Damanik	Azhar
9			
10			

Medan, 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Ka.Prodi Teknik Mesin



[Handwritten notes in the bottom left corner, partially illegible]

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR

NAMA : Fachrur Roza
NPM : 1407230090
Judul T.Akhir : Analisa Kegagalan fatigue Pada batang Penghubung Sepeda Mo-
Tor.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

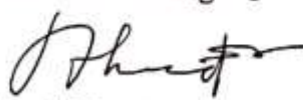
- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Format tulisan
 - Sempurnakan metode (prosedur)
 - Lihat catatan Pd. T. R. yg telah diperiksa
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Diketahui :



Dosen Pembanding - I



Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

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

NAMA : Fachrur Roza
NPM : 1407230090
Judul T.Akhir : Analisa Kegagalan fatigue Pada batang Penghubung Sepeda Motor.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - 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 pengal alihin.*

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Diketahui :



Dosen Pembanding - II
[Signature]
Chandra A Siregar.S.T.M.T