

**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN TEKNIK MANUFAKTUR**  
**ANALISA NUMERIK RODA GIGI MIRING DENGAN SUDUT TEKAN**  
**YANG BERVARIASI**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)  
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**ASRIANDI PRATAMA**  
**1207230131**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**

# LEMBAR PENGESAHAN I

## TUGAS SARJANA

**ANALISA NUMERIK RODA GIGI MIRING DENGAN SUDUT TEKAN YANG  
BERVARIASI**

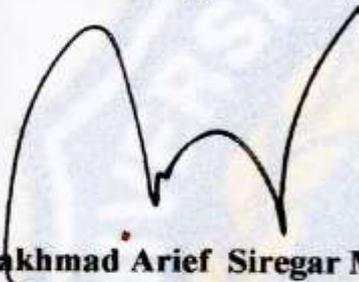
**Disusun Oleh :**

**NAMA : ASRIANDI PRATAMA**

**NPM : 1207230131**

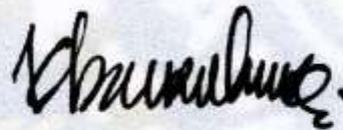
**Diperiksa dan Disetujui Oleh :**

**Pembimbing – I**



**(Dr. Rakhmad Arief Siregar MEng)**

**Pembimbing – II**



**(Khairul Umurani, S.T , M.T)**

**Diketahui oleh :**

**Ka. Program Studi Teknik Mesin**



  
**(Affandi, S.T)**

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

**2018**

## LEMBAR PENGESAHAN II

### TUGAS SARJANA

ANALISA NUMERIK RODA GIGI MIRING DENGAN SUDUT TEKAN YANG BERVARIASI

Disusun Oleh :

NAMA : ASRIANDI PRATAMA

NPM : 1207230131

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembanding - I *21/3.18*

(Rahmatullah, S.T.,M.Sc)

Pembanding - II

(Sudirman Lubis S.T.,M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018



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

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

Dianggap sah apabila tidak disebutkan  
sebaliknya

**DAFTAR SPESIFIKASI**  
**TUGAS SARJANA**

Nama Mahasiswa : Asriandi Pratama  
NPM : 1207230131  
Semester : XI (Sebelas)  
SPESIFIKASI :

---

**ANALISA NUMERIK RODA GIGI MIRING DENGAN SUDUT TEKAN YANG  
BERVARIASI**

---

Diberikan Tanggal : 06 Oktober 2016  
Selesai Tanggal : April 2017  
Asistensi : 1 Minggu Sekali  
Tempat Asistensi : Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 23 Oktober 2017.

Diketahui oleh :

**Ka. Program Studi Teknik Mesin**

(Afandi, S.T)

**Dosen Pembimbing – I**

(Dr. Rakhmad Arief Siregar MEng)



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

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 - 6624567 -

6622400 - 6610450 - 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238

Website : <http://www.umsu.ac.id>

Mempergunakan agar disebutkan  
alamat lengkapnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI  
TUGAS SARJANA

NAMA : Asriandi Pratama

PEMBIMBING - I : Dr. Rakhmad Arief Siregar MENG

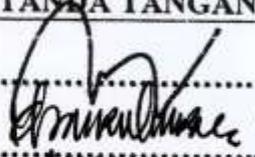
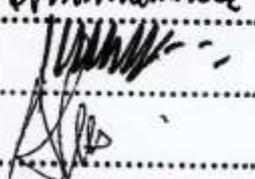
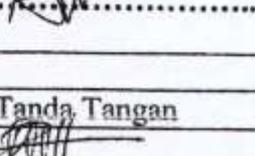
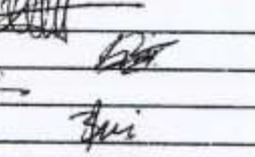
NPM : 1207230131

PEMBIMBING - II : Khairul Umurani , S.T , M.T

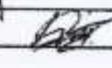
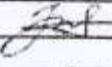
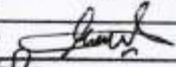
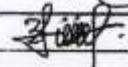
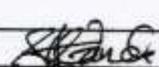
NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	Sabtu - 24/02/16	hampulle	
	Senin - 6/02/17	Perbaiki bab 2	
	rabu - 15/02/17	Perbaiki bab 3	
	Sabtu - 03/03/17	Lanjut ke bab 4 dan spesifikasi	
	Senin - 20/03/17	Perbaiki gambar roda gigi	
	Sabtu - 01/04/17	Lanjutkan ke bab 5.	
	All Semir		

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

Peserta Seminar  
 Nama : Asriandi Pratama  
 NPM : 1207230131  
 Judul Tugas Akhir : Analisa Numerik Roda Gigi Miring Dengan Sudut Tekan Yang Bervariasi.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Fembimbing – I	: Dr.Rakhmad Arief Srg.S.T.M.Eng	: 
Fembimbing – II	: Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Femanding – I	: Rahmatullah.S.T.M.Sc	: 
Femanding – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230054	Handoko	
2	1307230282	NENI EKA SAPUTRA	
3	1307230237	Joko Prasanto	
4	1207230012	KOT ARMANISYAH VERI	
5	1207230009	INDRA WAHYUDI	
6	1207230005	MUBILAS	
7	1307230022	Erman Lubis	
8	1307230076	Satria Handa	
9			
10			

Medan, 25 Dzulhijjah 1438 H  
16 September 2017 M

Ketua Prodi. T Mesin  
  
 Asriandi.S.T





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

---

NAJIA : Asriandi Pratama  
NPM : 1207230131  
Judul T.Akhir : Analisa Numerik Roda Gigi Miring Dengan Sudut Tekan Bervariasi.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rahmad Arief Siregar.S.T.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc  
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.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 :

Perbaiki; Buat laporan Tanggapan maksimum.

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 25 Dzulhijjah 1438H  
16 September 2017 M



Dosen Pembanding- II



Sudirman Lubis.S.T.M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Asriandi Pratama

Tempat/Tgl Lahir : Medan, 31 Januari 1995

NPM : 1207230131

Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Teknik Manufaktur

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

ANALISA NUMERIK RODA GIGI MIRING DENGAN SUDUT TEKAN  
YANG BERVARIASI.

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

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

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

Medan, 21 Maret 2018  
Saya yang menyatakan,



ASRIANDI PRATAMA

## **ABSTRAK**

*Roda gigi miring atau gear helical adalah sebuah roda gigi yang persis sama dengan roda gigi miring (tidak sejajar dengan sumbu poros atau memiliki kemiringan terhadap sumbu poros). Dengan demikian analisa tekanan kontak pada roda gigi miring ini telah menjadi populer sebagai daerah penelitian pada roda gigi untuk meminimalkan atau mengurangi kegagalan dan untuk desain yang optimal digigi tersebut, penelitian ini menyelidiki karakteristik sistem gigi miring rumit terutama terfokus pada tegangan lentur dan tegangan kontak dengan menggunakan metode elemen hingga. Untuk mencari hasil analisa tekanan kontak, roda gigi dimodelkan dengan sedemikian rupa dengan menggunakan software catia untuk menggambar dan untuk menganalisa menggunakan software ansys, untuk mendapatkan hasil yang terbaik didalam metode numerik. Dalam metode numerik ini menggunakan sudut tekan yang bervariasi dan juga beban yang bervariasi.*

***Kata kunci : Roda Gigi Miring, Sudut Tekan, Software Catia, Software Ansys, metode elemen hingga***

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari pada dosen pembimbing merencanakan sebuah “Analisa Numerik Roda Gigi Miring Dengan Sudut Tekan Yang Bervariasi “

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Muhammad Arief dan Ibunda Sri Muliani yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Kepada Bapak DR. Rakhmad Arief Siregar ,M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Kepada Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Kepada Bapak Rahmatullah, S.T.,M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan saran serta masukan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
5. Kepada Bapak Sudirman Lubis, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran serta masukan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

6. Kepada Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Kepada Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Kepada Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Kepada Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Kepada adikku tersayang Asri Dwi Syakhila yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.
12. Kepada Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2012 yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan do'a yang tulus kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Medan, 21 Maret 2018

Penulis

**ASRIANDI PRATAMA**

## DAFTAR ISI

## HAL

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LEMBAR SPESIFIKASI**

**LEMBAR ASISTENSI**

**ABSTRAK**

i

**KATA PENGANTAR**

ii

**DAFTAR ISI**

iv

**DAFTAR NOTASI**

x

**DAFTAR TABEL**

xi

**DAFTAR GAMBAR**

xii

**BAB 1 PENDAHULUAN**

1

1.1 Latar Belakang

1

1.2 Perumusan Masalah

2

1.3 Batasan Masalah

2

1.4 Tujuan

2

1.5 Manfaat

3

1.6 Sistematis Penulisan

3

**BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

4

2.1 Teori Dasar Roda Gigi

4

2.1.1. Defenisi Roda Gigi

4

2.1.2. Roda Gigi Miring

5

2.2 Bahan Roda Gigi	6
2.3 Bagian - Bagian Roda Gigi	7
2.4 Pemeriksaan Tebal Gigi	11
2.4.1 Pengukuran Tebal Gigi Pada Sudut Tekan	11
2.4.2 Pengukuran Tebal Gigi	12
2.5. FEM ( Finite Elements Method )	13
2.5.1 Tekanan Kekuatan Dan Estinasi Pada Torsi	14
2.5.2 Ruang Bebas Gigi	16
2.5.3 Metode Analisa Kesalahan Transmisi Pada Roda Gigi	17
2.5.4 Simulasi FEM Pembentukan Diagram Roda Gigi Miring	18
2.6. Teori Elastisitas	19
2.6.1 Tegangan ( Stress )	20
2.6.2 Regangan ( Strain )	21
2.6.3 Elastisitas dan Plastisitas	22
2.6.4 Deformasi	23
2.6.5 Kriteria Von Mises	24
<b>BAB 3 METODELOGI PENELITIAN</b>	<b>26</b>
3.1 Tempat Dan Waktu	26
3.1.1 Tempat	26
3.1.2 Waktu	26
3.2 Alat Penelitian	27
3.2.1 Laptop	27
3.2.2 Software Catia	27
3.2.3 Software Ansys	27

3.3. Alur Penelitian	28
3.4 Tahap Mendesign Roda Gigi Miring	29
3.4.1. Menyalakan Computer Dan Memilih Software Catia	29
3.4.2 Tampilan Awal Catia V5R19	29
3.4.3 Menentukan Rumus Roda Gigi	30
3.4.4 Menentukan Sumbu Benda Kerja	30
3.4.5 Membuat Diameter Roda Gigi	31
Tahap 1 Membuat Lingkaran	31
Tahap 2 Membuat Sketch Roda Gigi	31
Tahap 3 Memberikan Tebal Roda Gigi	32
Tahap 4 Sketsa Pembuatan Jumlah Gigi	32
Tahap 5 Sketsa Pembuatan Lubang Kecil	33
Tahap 6 Sketsa Merubah Menjadi Gigi Miring	33
Tahap 7 Menebalkan Roda Gigi Miring	34
Tahap 8 Jumlah Roda Gigi Miring	34
Tahap 9 Membuat Lubang Roda Gigi Miring	35
3.5 Assembly Roda Gigi Miring Di Software Catia	35
3.5.1 Membuka Kedua Roda Gigi Miring	35
3.5.2 Assembly Kedua Roda Gigi Miring	36
3.5.3 Menyimpan Assembly Roda Gigi Miring	36
3.6 Hasil Gambar Dari Software Catia	37
3.6.1 Hasil Gambar Roda Gigi Modul 3	37
3.6.2 Hasil Gambar Roda Gigi Modul 3.5	37
3.6.3 Hasil Gambar Roda Gigi modul 6	38

3.7 Tahapan Menggunakan Ansys	38
3.7.1 Memilih Software Ansys	38
3.7.2 Tampilan Awal Workbench 15	39
3.7.3 Tahap Analisa Roda Gigi Miring	39
Tahap 1 Contacs Roda Gigi Miring	39
Tahap 2 Frictionless Support	40
Tahap 3 Momen	40
Tahap 4 Solution Strain	41
Tahap 5 Solution Stress	41
Tahap 6 Solution Deformation	42
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>43</b>
4.1 Pendahuluan	43
4.2 Case 1	45
4.2.1 Modul 3 Sudut Tekan 20° Momen 50 KN.mm	45
4.2.2 Modul 3 Sudut Tekan 20° Momen 75 KN.mm	46
4.2.3 Modul 3 Sudut Tekan 20° Momen 100 KN.mm	47
4.2.4 Modul 3 Sudut Tekan 22.5° Momen 50 KN.mm	48
4.2.5 Modul 3 Sudut Tekan 22.5° Momen 75 KN.mm	49
4.2.6 Modul 3 Sudut Tekan 22.5° Momen 100 KN.mm	50
4.2.7 Modul 3 Sudut Tekan 25° Momen 50 KN.mm	51
4.2.8 Modul 3 Sudut Tekan 25° Momen 75 KN.mm	52
4.2.9 Modul 3 Sudut Tekan 25° Momen 100 KN.mm	53
4.2.10 Grafik Case 1 Modul 3	54

4.3 Case 2	54
4.3.1 Modul 3.5 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 50 KN.mm	54
4.3.2 Modul 3.5 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 75 KN.mm	55
4.3.3 Modul 3.5 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 100 KN.mm	56
4.3.4 Modul 3.5 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 50 KN.mm	57
4.3.5 Modul 3.5 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 75 KN.mm	58
4.3.6 Modul 3.5 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 100 KN.mm	59
4.3.7 Modul 3.5 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 50 KN.mm	60
4.3.8 Modul 3.5 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 75 KN.mm	61
4.3.9 Modul 3.5 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 100 KN.mm	62
4.3.10 Grafik Case 1 Modul 3	63
4.4 Case 3	64
4.4.1 Modul 6 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 50 KN.mm	64
4.4.2 Modul 6 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 75 KN.mm	65
4.4.3 Modul 6 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 100 KN.mm	66
4.4.4 Modul 6 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 50 KN.mm	67
4.4.5 Modul 6 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 75 KN.mm	68
4.4.6 Modul 6 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 100 KN.mm	69
4.4.7 Modul 6 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 50 KN.mm	70
4.4.8 Modul 6 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 75 KN.mm	71
4.4.9 Modul 6 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 100 KN.mm	72
4.4.10 Grafik Case 1 Modul 3	73

<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>74</b>
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**CURRICULUM VITAE**

## DAFTAR TABEL

	<b>HAL</b>
Tabel 3.1: Tabel Timeline Kegiatan	26
Tabel 4.1: Tabel Case Modul Roda Gigi Miring	43

## DAFTAR GAMBAR

	<b>HAL</b>
Gambar 2.1 : Nama – Nama bagian Roda Gigi	7
Gambar 2.2 : Skema Referensi kekuatan tekanan	15
Gambar 3.1 : Alur Penelitian	28
Gambar 3.2 : Tampilan Layar Komputer	29
Gambar 3.3 : Tampilan Awal Catia V5R19	29
Gambar 3.4 : Menentukan Rumus Roda Gigi	30
Gambar 3.5 : Menentukan Sumbu Kerja	30
Gambar 3.6 : Diameter Roda Gigi	31
Gambar 3.7 : Gambar Sketch Roda Gigi	31
Gambar 3.8 : Tebal Roda Gigi	32
Gambar 3.9: Sketsa Pembuatan Jumlah Gigi	32
Gambar 3.10: Sketsa Pembuatan Lubang Diameter	33
Gambar 3.11: Sketsa Merubah Gigi Miring	33
Gambar 3.12: Menebalkan Roda Gigi Miring	34
Gambar 3.13: Jumlah Roda Gigi Miring	34
Gambar 3.14 : Membuat Lubang Diameter Roda Gigi	35
Gambar 3.15 : Membuka Kedua Roda Gigi Miring	35
Gambar 3.16 : Assembly Kedua Roda Gigi Miring	36
Gambar 3.17 : Menyimpan Assembly Roda Gigi Miring	36
Gambar 3.18 : Hasil Gambar Modul 3	37
Gambar 3.19 : Hasil Gambar Modul 3.5	37
Gambar 3.20 : Hasil Gambar Modul 6	38

Gambar 3.21 : Tampilan Layar Komputer	38
Gambar 3.22 : Tampilan Awal Workbench	39
Gambar 3.23 : Contacts Roda Gigi Miring	39
Gambar 3.24 : Frictionless Support	40
Gambar 3.25 : Momen	40
Gambar 3.26 : Solution Strain	41
Gambar 3.27 : Solution Stress	41
Gambar 3.28 : Solution Deformation	42
Gambar 4.1 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 50 KN.mm	45
Gambar 4.2 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 75 KN.mm	46
Gambar 4.3 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 100 KN.mm	47
Gambar 4.4 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $22,5^\circ$ Momen 50 KN.mm	48
Gambar 4.5 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $22,5^\circ$ Momen 75 KN.mm	49
Gambar 4.6 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 100 KN.mm	50
Gambar 4.7 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 50 KN.mm	51
Gambar 4.8 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 75 KN.mm	52
Gambar 4.9 : Hasil Simulasi Modul 3 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 100 KN.mm	53
Gambar 4.10 : Grafik Case 1 Modul 3	54
Gambar 4.11 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 50 KN.mm	54
Gambar 4.12 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 75 KN.mm	55
Gambar 4.13 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $20^\circ$ Momen 100 KN.mm	56
Gambar 4.14 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 50 KN.mm	57
Gambar 4.15 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 75 KN.	58
Gambar 4.16 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $22.5^\circ$ Momen 100 KN	59
Gambar 4.17 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $25^\circ$ Momen 50 KN.mm	60

Gambar 4.18 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $25^{\circ}$ Momen 75 KN.mm	61
Gambar 4.19 : Hasil Simulasi Modul 3.5 Sudut Tekan $25^{\circ}$ Momen 100 KN.mm	62
Gambar 4.20 : Grafik Case 2 Modul 3.5	63
Gambar 4.21 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $20^{\circ}$ Momen 50 KN.mm	64
Gambar 4.22 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $20^{\circ}$ Momen 75 KN.mm	65
Gambar 4.23 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $20^{\circ}$ Momen 100 KN.mm	66
Gambar 4.24 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $22.5^{\circ}$ Momen 50 KN.mm	67
Gambar 4.25 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $22.5^{\circ}$ Momen 75 KN.mm	68
Gambar 4.26 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $22.5^{\circ}$ Momen 100 KN.	69
Gambar 4.27 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $25^{\circ}$ Momen 50 KN.mm	70
Gambar 4.28 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $25^{\circ}$ Momen 75 KN.mm	71
Gambar 4.29 : Hasil Simulasi Modul 6 Sudut Tekan $25^{\circ}$ Momen 1000 KN.mm	72
Gambar 4.30 : Grafik Case 3 Modul 6	73

## DAFTAR NOTASI

$t$	=	jarak bagi lingkaran	( mm )
$\pi$	=	menghitung diameter lingkaran	( mm )
$d$	=	diameter jarak bagi	(mm)
$z$	=	jumlah gigi	
$\alpha$	=	sudut tekan	( derajat )
$\alpha_n$	=	sudut tekan pada bidang normal	(derajat)
$m$	=	modul	(mm)
$h_a$	=	addendum	( mm )
$h_f$	=	dedendum	( mm )
$h$	=	tinggi gigi total	(m)
$\sigma$	=	tegangan	( N/m <sup>2</sup> )
$F$	=	beban yang diberikan	( N )
$A_0$	=	Luas penampang mula-mula	(mm <sup>2</sup> )
$A$	=	Luas permukaan sebenarnya	(mm <sup>2</sup> )
$\epsilon_{eng}$	=	Engineering strain	
$L_0$	=	Panjang mula-mula	(m)
$L$	=	Panjang setelah diberi gaya	(N/m)
$\Delta$	=	Perubahan panjang	(m)
$E$	=	Modulus elastisitas	(Nm <sup>-2</sup> )
$e$	=	Regangan	(Nm <sup>-2</sup> )

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pengembangan teknologi di bidang otomotif yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari roda gigi karena mempunyai peranan penting dalam mentransmikan daya dan putaran dari suatu penggerak atau motor. Roda gigi berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran pada suatu keporos yang lain dengan rasio kecepatan yang konstan dan memiliki efisiensi yang tinggi.

Roda gigi adalah alat untuk mentransmisikan daya dan mengubah tingkat putaran poros pada mesin. Roda gigi meneruskan daya dari motor melalui kontak antara gigi-gigi pada gear dengan gigi pada pinion. Roda gigi juga digunakan untuk mengubah arah sumbu putaran dan mengubah gerak rotasi menjadi translasi. Roda gigi memainkan peranan penting dalam menjalankan peralatan yang menunjang kehidupan manusia.

Secara umum roda gigi miring pada dasarnya sama dengan roda gigi lurus, perbedaannya terletak pada roda giginya yang miring membentuk sudut terhadap sumbu (lubang). Umumnya roda gigi miring ini terbagi menjadi dua, yaitu miring kiri dan miring kanan. Arah berlawanan dipakai untuk poros paralel, arah yang sama dipakai untuk poros tegak lurus. Suara lebih tenang dibandingkan dengan roda gigi lurus, namun vibrasi aksialnya lebih tinggi.

Memilih 3 benda kerja roda gigi miring dengan sudut tekan berbeda dan membangun 3 model fem ( finite elemen method ) roda gigi dengan menggunakan software catia dan menganalisa tegangan maksimum dengan sudut tekan

bervariasi dan mengevaluasi tegangan pada roda gigi dengan variasi beban menggunakan software ansys.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah :

1. Bagaimana evaluasi tegangan pada roda gigi miring dengan sudut tekan bervariasi dan bebannya

## **1.3 Batasan Masalah**

Karena luasnya jangkauan permasalahan dalam menganalisa roda gigi miring dengan sudut tekan bervariasi maka perlu adanya pembatasan masalah, adapun batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui tegangan maksimum dengan menggunakan variasi sudut
2. Untuk mengevaluasi tegangan pada roda gigi dengan beban bervariasi dengan variasi sudut

## **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

- a) Untuk mendesain 3 gambar roda gigi miring yang berbeda dengan menggunakan software catia
- b) Untuk membangun 3 model FEM ( finite element method ) dengan sudut tekan yang bervariasi
- c) Untuk menganalisa roda gigi miring dengan tegangan maksimum dan sudut tekan yang bervariasi menggunakan software ansys
- d) Untuk mengevaluasi tegangan roda gigi miring dengan variasi beban

## **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan roda gigi miring dengan sudut yang berbeda agar dapat mengetahui roda gigi miring dengan sudut yang terbaik dengan tegangan yang maksimum agar dapat mengetahui dari ketiga model roda gigi miring yang terbaik dalam pemilihan beban yang berikan

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan laporan ini dibagi menjadi lima bab. Bab 1 menjelaskan mengenai latar belakang , tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, sistematika penulisan. Bab 2 menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang berisi mengenai teori singkat dari penelitian . Bab 3 menjelaskan mengenai metode penelitian. Bab 4 menjelaskan mengenai data dan analisis pada penelitian. Bab 5 menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Teori Dasar Roda Gigi**

##### **2.1.1 Definisi Roda Gigi**

Roda gigi adalah salah satu bentuk sistem transmisi yang mempunyai fungsi untuk mentransmisikan gaya, membalikan putaran, mereduksi atau menaikkan putaran/kecepatan. Roda gigi memiliki gigi-gigi yang saling bersinggungan dengan gigi dari roda gigi yang lain. Dua atau lebih roda gigi dengan roda gigi yang bersinggungan dan bekerja bersama-sama disebut sebagai transmisi roda gigi, dan bisa menghasilkan keuntungan mekanis melalui rasio jumlah gigi.

Roda gigi mampu mengubah kecepatan putar, torsi, dan arah daya terhadap sumber daya, tidak semua roda gigi berhubungan dengan roda gigi yang lain, salah satu kasusnya adalah roda gigi dan pinion yang bersumber dari atau menghasilkan gaya translasi, bukan rotasi.

Ketika dua roda gigi dengan jumlah gigi tidak sama dikombinasikan, keuntungan mekanis bisa didapatkan, baik itu kecepatan putar maupun torsi, yang bisa dihitung dengan persamaan sederhana. Roda gigi dengan jumlah gigi yang lebih besar berperan dalam mengurangi kecepatan putar namun meningkatkan torsi. (M.J.T Lewis.1993).

##### **2.1.2 Roda Gigi Miring**

Roda gigi miring adalah roda gigi yang hamper sama dengan roda gigi lurus, tetapi dalam pengoperasiannya roda gigi lurus lebih lembut dan tingkat kebisingannya rendah perkontakannya antara gigi lebih dari 1.

Cirri-ciri roda gigi miring antara lain :

- Arah gigi membentuk sudut terhadap poros
- Distribusi beban sepanjang garis kontak tidak uniform
- Kemampuan pembebanan lebih besar dari pada roda gigi lurus
- Gaya aksial lebih besar sehingga memerlukan bantalan aksial dan roda gigi yang kokoh

Bentuk dasar geometrisnya sama dengan roda gigi lurus, tetapi arah alur

profil giginya mempunyai kemiringan terhadap sumbu putar. Selain posisi sumbu yang sejajar, roda gigi miring dapat digunakan pula untuk pemasangan sumbu bersilangan. Dengan adanya kemiringan alur gigi, maka perbandingan kontak yang terjadi jauh lebih besar dibanding roda gigi lurus yang seukuran, sehingga pemindahan putaran maupun beban pada gigi-giginya berlangsung lebih halus. Sifat ini sangat baik untuk penggunaan pada putaran tinggi dan beban besar.

Selain itu, dengan adanya sudut kemiringan juga mengakibatkan terjadinya gaya aksial yang harus ditahan oleh tumpuan bantalan porosnya. System ini pelumasan harus diperhatikan dengan cermat untuk meningkatkan umur pakai pada roda yang saling bergesekan. Khusus untuk penggunaan dalam posisi sumbu sejajar, serta untuk menetralsir gaya aksial yang terjadi, dibuat roda gigi miring atau lebih populer disebut dengan roda gigi dengan posisi sudut roda gigi “Herring Bone”, yaitu dengan dibuat dua alur profil gigi dengan posisi sudut kemiringan saling berlawanan.(Canfield S. 1997)

Roda gigi herring bone dapat dibuat dalam tiga macam, yaitu :

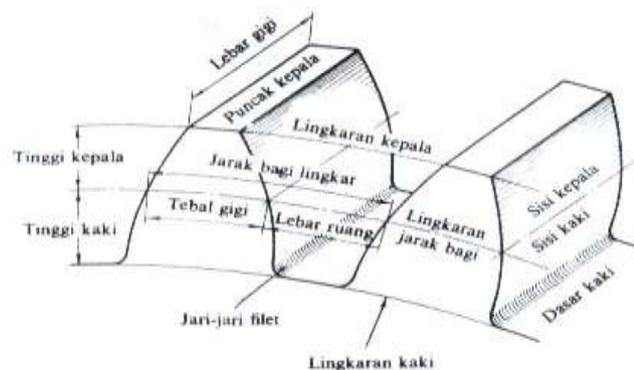
- a) Herring bone dengan gigi V setangkup
- b) Herring bone dengan gigi V bersilang
- c) Herring bone dengan gigi V berpotongan tengah

## 2.2 Bahan Roda Gigi

Besi tuang adalah suatu bahan yang sering digunakan untuk pembuatan roda gigi karena mempunyai ketahanan aus yang baik. Bahan ini mudah dituang dan dibubut serta memiliki tingkat kebisingan operasi yang rendah. Dalam kebanyakan pemakaian, baja adalah bahan yang paling memuaskan karena memiliki kekuatan yang tinggi dan biaya yang rendah meskipun ada bahan yang lebih baik yaitu bronze namun bahan ini memiliki kekuatan yang tinggi dan harganya lebih mahal. (bagus wahyu dewanto 2010)

## 2.3 Bagian – Bagian Roda Gigi

Nama-nama bagian utama roda gigi diberikan pada gambar 2.1. adapun ukurannya dinyatakan dengan diameter lingkaran jarak bagi, yaitu lingkaran khayal yang menggelinding tanpa selip. Ukuran gigi dinyatakan dengan “jarak bagi lingkaran” yaitu jarak sepanjang lingkaran jarak bagi profil dua gigi yang berdekatan.



Gambar 2.1 nama- nama bagian roda gigi

Jika diameter lingkaran jarak bagi dinyatakan dengan  $d$  (mm), dan jumlah gigi dengan  $z$ , maka jarak bagi lingkaran  $t$  (mm) dapat ditulis sebagai.

$$t = \frac{\pi d}{z}$$

Jadi, jarak dibagi lingkaran adalah keliling lingkaran jarak bagi dibagi dengan gigi. Dengan demikian ukuran gigi dapat ditentukan dari besarnya jarak bagi lingkaran tersebut, maka dimasukkan kedalam rumus

$$m = \frac{d}{z}$$

$m$  = modul (mm)

$d$  = diameter jarak bagi (mm)

$z$  = Jumlah gigi

Dengan cara ini,  $m$  dapat ditentukan sebagai bilangan bulat atau bilangan pecahan 0,5 dan 0,25 yang lebih praktis. (Ir.Sularso,MSME)

Nama-nama bagian roda gigi berikut beberapa buah istilah yang perlu dikekatuhi yaitu :

1. Lingkaran pitch (pitch circle)

Lingkaran khayal yang menggeling tanpa terjadinya slip. Lingkaran ini merupakan dasar untuk memberikan ukuran-ukuran gigi seperti tebal gigi jarak antara gigi dan lain-lain.

2. Pinion

Roda gigi yang lebih kecil dalam suatu pasangan roda gigi

3. Diameter lingkaran pitch (pitch circle diameter)

Merupakan diameter dari lingkaran pitch

4. Diameter pitch

Jumlah gigi pemersatu pitch diameter

5. Jarak bagi lingkaran (circular pitch)

Jarak pandang lingkaran pitch antara profil dua gigi yang berdekatan atau keliling lingkaran pitch dibagi dengan jumlah gigi, secara formula dapat ditulis

6. Modul (module)

Perbandingan antara diameter lingkaran pitch dengan jumlah gigi

7. Addendum (addendum)

Jarak antara lingkaran kepala dengan lingkaran pitch dengan lingkaran pitch diukur dalam arah radial

8. Dedendum (dedendum)

Jarak antara lingkaran pitch dengan lingkaran kaki yang diukur dalam arah radial

9. Working Depth

Jumlah jari-jari lingkaran kepala dari sepasang roda gigi yang berkontak dikurangi dengan jarak poros

10. Clearance Circle

Lingkaran yang bersinggungan dengan lingkaran addendum dari gigi yang berpasangan

11. Pitch point

Titik singgung dari lingkaran pitch dari sepasang roda gigi yang berkontak yang juga merupakan titik potong antara garis kerja dan garis pusat

12. Operating pitch circle

Lingkaran-lingkaran singgung dari sepasang roda gigi yang berkontak dan jarak porosnya menyamping dari jarak poros yang secara teoritis benar.

13. Addendum circle

Lingkaran kepala gigi yaitu lingkaran yang membatasi gigi

14. Dedendum circle

Lingkaran kaki gigi yaitu lingkaran yang membatasi kaki gigi

15. Width of space

Tebal ruang antara roda gigi diukur sepanjang lingkaran pitch

16. Sudut tekan (pressure angle)

Sudut yang dibentuk dari garis normal dengan kemiringan dari sisi kepala gigi

17. Kedalaman total (total depth)

Jumlah dari addendum dan dedendum

18. Tebal gigi (tooth thickness)

Lebar gigi diukur sepanjang lingkaran pitch

19. Lebar ruang (tooth space)

Ukuran ruang antara dua gigi sepanjang lingkaran pitch

20. Backlash

Selisih antara tebal gigi dengan lebar ruang

21. Sisi kepala (face of tooth)

Permukaan gigi diatas lingkaran pitch

22. Sisi kaki (flank of tooth)

Permukaan gigi dibawah lingkaran pitch

23. Puncak kepala (top land)

Permukaan dipuncak gigi

## 24. Lebar gigi (face width)

Kedalaman gigi diukur sejajar sumbunya. (Ir.Sularso,MSME)

### 2.4 Pemeriksaan Tebal Gigi

Untuk pengukuran tebal gigi, juga tinggi gigi, alat ukur yang digunakan adalah mistar insut roda gigi (gear tooth yervier). Ada beberapa cara yang bisa dilakukan untuk memeriksa tebal gigi antara lain yaitu : pengukuran tebal gigi pada *Constant Chord* (sudut tekan) dan pengukuran tebal gigi dengan *Metode Base Tangent* (Base Tangent Method). (Munadi, Sudji 1980 buku dasar-dasar metrologi industry)

#### 2.4.1 Pengukuran Tebal Gigi Pada Sudut Tekan (Constant Chord)

Pada pemeriksaan tebal gigi berdasarkan garis pitch ternyata harga  $h$  dan  $W$  tergantung pada jumlah gigi. Kalau roda gigi yang akan diperiksa mempunyai dimensi yang cukup besar dan masing-masing gigi harus dilakukan hal ini tentunya memakan waktu cukup lama. Untuk itu bisa juga dilakukan pemeriksaan tebal gigi yang tergantung pada jumlah gigi. Berikut ini cara menunjukkan cara menghitung pemeriksaan tebal gigi pada *constant chord*.

$k$  = factor koreksi yang harganya tergantung tipe gigi. Harga  $k$  dapat dihitung dengan  $k = m + 0.1D$ , dimana  $m$  = modul dan  $D$  = diameter lingkaran pitch.

Alat ukur yang tepat untuk pengukuran tebal gigi pada *constant chord* ini adalah *sykes gear tooth comparator*. Alat ini lebih teliti dari pada mistar insut roda gigi.

Kelemahan dari mistar insut roda gigi antara lain adalah :

- Tingkat ketelitiannya tidak bisa lebih dari pada 0,05 mm ataupun 0,025 mm
- Pada system pembacanya terdapat dua macam pembacaan kedalaman dan ketebalan gigi
- Pengukurannya hanya pada ujung dari rahang ukur sehingga tidak bisa tepat bagian gigi yang berbentuk rack. (Ir Sularso)

### 2.4.2 Pengukuran Tebal Gigi

Alat ukur yang bisa digunakan untuk pemeriksaan tebal gigi dengan *sistem base tangent* (base Tangent Method) adalah mistar insut biasa meskipun ada beberapa kelemahan dalam proses pengukurannya. Ciri utama dari pengukuran sistem tersebut adalah bahwa pengambilan gigi yang akan diperiksa jumlahnya harus lebih dari pada satu gigi, misalnya 2, 3, atau 4 gigi. Dengan cara ini maka beberapa kelemahan dari mistar insut roda gigi seperti yang disebutkan di muka dapat diatasi yaitu dengan jalan menggunakan alat ukur yang lebih teliti dari pada mistar insut biasa. Pengukuran tebal gigi dengan Sistem Base Tangent yang menggunakan mistar insut biasa. (Sudji Munadi. 1980 ,buku dasar-dasar metrologi industry)

Untuk pengukuran roda gigi miring yang pengukurannya normal, maka :

$$W_n = Nm_n \cos \alpha_n = 0,396 + \left[ \tan \alpha_n - \alpha_n \frac{\pi + \pi S}{2N + N} \right]$$

$M_n$  = modul pada bidang normal =  $m_t \cos \alpha$

$\alpha_n$  = sudut tekan pada bidang normal yang bisa dicari dari

$$\tan \alpha_n = \tan \alpha_t \cos \sigma$$

$\sigma$  = sudut miring

## 2.5 FEM (Finite Elements Method)

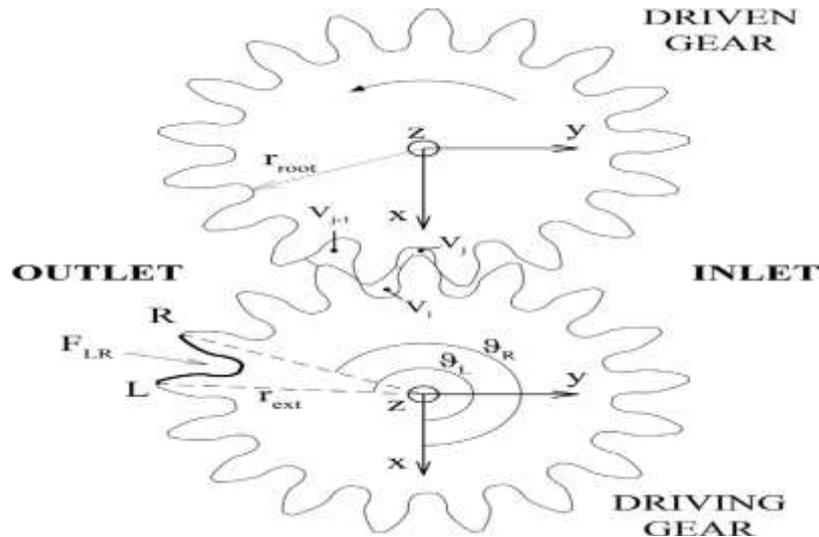
Persoalan perancangan dapat diselesaikan dengan cara matematis dan numerik. Untuk benda-benda yang mempunyai bentuk yang tidak teratur (elemen *-isoparametrik*), penyelesaiannya akan sulit menggunakan cara matematis. Sehingga perlu digunakan cara numerik, yang dalam perkembangannya disebut sebagai Metode Elemen Hingga (*Finite Elements Method*). Bila suatu kontinu dibagi-bagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil (*subregion*) maka 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 masing-masing terdefinisi pada daerah elemen yang kecil dinyatakan dalam harga-harga titik simpul dari fungsi tersebut (Robert D.Cook,1990).

Dinamika elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan kontinunya. Metode ini menjadi suatu solusi permasalahan yang sering dijumpai dalam dunia teknik seperti pemindahan kalor, mekanika fluida, analisa struktur, mekanika benda pejal, sampai dengan getaran. Tujuan utama analisis dengan menggunakan Metode Elemen Hingga adalah untuk memperoleh pendekatan tegangan dan perpindahan yang terjadi pada suatu struktur *Ansys* merupakan tujuan utama dari paket pemodelan elemen hingga untuk secara numerik memecahkan masalah mekanis yang berbagai macam. Masalah yang ada termasuk analisa struktur statis dan dinamis (baik *linier* dan *non-linier*), distribusi panas dan masalah cairan, begitu juga dengan ilmu bunyi dan masalah *elektromagnetik*.

Teknologi *ansys* mekanis mempersatu struktur dan material yang bersifat *non-linier*. *Ansys multiphysic* juga mengatasi masalah panas, struktur, *elektromagnetik*, dan ilmu bunyi. Program *Ansys* dapat digunakan dalam teknik sipil, teknik listrik, fisika dan kimia (Weaver, 1993).

### **2.5.1 Tekanan kekuatan dan estimasi torsi dalam kasus gigi spur**

Metodologi yang diperkenalkan disini dianggap sebagai metode yang lengkap untuk menentukan kekuatan tekan dan torsi di gigi pompa eksternal. Gambar 2.2 skema referensi dari prosedur yang diusulkan dalam pompa roda gigi eksternal generic dipusat setiap gigi. System referensi terletak 3D dan kekuatan tekanan diterapkan pada dua roda gigi yang dipelajari secara terpisah. Mari kita pertimbangkan generik ruang gigi  $V_i$  dari gigi penggerak dan dua ruang gigi yang berdekatan yaitu  $V_j$  dan  $V_{j-1}$ , berbagai laju aliran minyak selama meshing, dua konfigurasi yang berbeda diidentifikasi jika ruang gigi referensi luar atau didalam zona meshing telah digaris bawahi dalam metodologi tersebut. Zona meshing konvensional dimulai ketika gigi dari gigi didorong masuk kedalam lingkaran oleh radius  $r_{ext}$  dan ketika kontak nyata terjadi bersamaan itu berakhir ketika gigi keluar didorong dari lingkaran yang sama dan ketika kontak nyata berakhir. Aturan ini digunakan untuk memperoleh diskritisasi cocok dari ruang gigi sepanjang perjalanan meshing tanpa mempengaruhi akurasi dalam permodelan proses meshing



Gambar 2.2 Skema Referensi untuk penentuan kekuatan tekanan

Disertasi metodologi diperkenalkan sebagai berikut: dalam Bagian 2.1 angkatan tekanan dan torsi diterapkan untuk ruang gigi di luar zona meshing ditentukan, laterin Bagian 2.2 perhatian difokuskan pada perhitungan beban tekanan diterapkan pada ruang gigi dalam zona meshing. (Jurnal M.Battarra, E Mucchi 2016)

### 2.5.2 Ruang bebas gigi

Gigi rodagigi logam kebanyakan bersulip. Apabila besarnya seri membenarkannya juga dapat dibuat dengan pengecoran semprot. Ukuran gigi yang dikerjakan dengan mesin harus dengan perkakas pembuat gigi yang terdapat dalam perdagangan. Menurut lembaran normal NEN 1629 yang cocok dengan anjuran Organisasi International untuk Standardisasi ( ISO = International Organization For Standardization ), Maka :

Sudut tekan  $\alpha = 20^\circ$

Addendum  $h_a = m$

Dedendum  $h_f = 1,25 m$ , jadi tinggi gigi total  $h = 2,25 m$

$$\text{Pitch Circle Radius (Rp)} = m \frac{N}{2}$$

$$\text{Base Circle Radius (Rb)} = \cos \alpha \cdot R_p$$

$$\text{Addendum Circle Radius (Ra)} = R_p + m$$

$$\text{Dedendum Circle Radius (Rd)} = R_p - 1.25 \cdot m$$

Perlu ada sedikit ruang main dalam arah tangensial untuk mencegah menyempitnya roda gigi, juga setelah mengalami sedikit pemanasan. Disamping itu harus tetap ada ruang untuk bahan pelumasan. (ir. Jac. STOLK)

### **2.5.3 Metode analisis kesalahan transmisi disistem roda gigi miring dengan kesalahan mesin, kesalahan perakitan dan modifikasi roda gigi**

Sebagai system elastic yang rumit, system gigi akan menghasilkan getaran dan kebisingan dibawah eksitasi dinamis. Sehingga dalam pernyataan utama untuk karakteristik dinamik system gigi untuk penelitian eksitasi dinamis. Seperti diketahui semua, mentransmisikan tranmisi gigi dengan kekuasaan dan kekuatan memaksa sepanjang garis meshing. Eksitasi dinamis sepanjang garis meshing kemudian akan diproduksi dalam proses transmisi, yang menambahkan perpindahan dan perbedaan ke arah garis meshing. Ini yang disebut dengan kesalahan transmisi, yang dapat dibagi menjadi kesalahan transmisi statis dan dinamis.

Perpindahan eksitasi sangat bergantung pada desain profil roda gigi, metode mesin dan perakitan kesalahan itu adalah sumber eksitasi dari getaran gigi dan kebisingan yang memiliki pengaruh pada karakteristik dinamik. Oleh karena itu, penelitian tentang pengurangan getaran dan kebisingan dari gigi ditransmisi biasanya berfokus pada pengurangan getaran dan kebisingan eksitasi sepanjang garis meshing, perwakilan sesuai dengan velex. Ini pengaruh modifikasi kesalahan

perakitan dan kesalahan profil gigi dari kesalahan transmisi, menyimpulkan pengaruh masing-masing faktor linier untuk mendapatkan kesalahan transmisi statis, menganalisa korelasi antara beban gigi dan transmisi error dan memverifikasi hasil dengan percobaan. Pada saat yang sama banyak peneliti yang mengambil single tingkat pasangan gigi, multi pair tingkat gigi dan system transmisi planet sebagai stadi dan melakukan banyak penelitian dengan metode menghitung kesalahan eksitasi. Metode ini menggunakan kesalahan mesin yang diberikan oleh akurasi gigi kelas, mensintesis kontak rasio dan menghitung kesalahan gigi eksitasi sementara asumsi kesalahan gigi mengikuti setengah distribusi sinus dari akar gigi ke ujung gigi.

Kesimpulan banyak peneliti melakukan karya penelitian tentang eksitasi kesalahan gigi di transmisi, namun banyak mensesederhankan ketika linier menyimpulkan setiap kesalahan pada mesin, perakitan dan modifikasi pengaruh kesalahan statis, karena efek dari setiap kesalahan karakteristik eksitasi dinamis hamper tidak dianggap. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan metode perhitungan kesalahan transmisi statis (STE) yang dianggap kopling multi faktor seperti kesalahan mesin, perakitan dan modifikasi. Lentur, torsi dan aksial kopling dinamis model transmisi digambar dan kesalahan transmisi dinamis (DTE) dari sistem gigi yang dipelajari, yang akan menyediakan data error eksitasi untuk analisis dan control getaran dan kebisingan sistem gigi. (jurnal tingjiao lin 2017)

#### **2.5.4 Simulasi FEM pembentukan diagram dan aliran di roda gigi miring**

Metode ini sangat efisien untuk pembuatan tinggi kualitas gigi dengan proses kinematika yang rumit, pembentukan diagram dan alat mekanisme. Perhitungan FEM dengan chip mekanisme penghapusan dan mengoptimalkan

roda gigi yang sedang diproses. Sebuah analisis berbasis FEM memberikan wawasan kedalam bahan deformasi bahwa interaksi yang rumit. Plastisitas yaitu tingkat ketergantungan generasi panas dan aliran, alat chip kondisi batas, faktor material, prediksi stress, tegangan, laju regangan, gradient suhu dan parameter tambahan selama pembentukan, perhatikan chip primer karena mempengaruhi beban dan memakai akurasi gigi.

Proses simulasi permesinan berdasarkan FEM modeling dihubungkan dengan majunya teknik komputasi telah menyebabkan bidang yang sama sekali menantang penelitian ilmiah. Proses mempersatukan roda gigi melibatkan kinematika rumit karena bergulir prinsip pembangkit, alat geometri yang kompleks, yang berbeda mekanisme aliran chip pada posisi pembangkit individu, fenomena yang sangat local diwilayah pemotongan dan besar tidak dibatasi deformasi plastic dibawah tingkat regangan tinggi dan suhu. Metode elemen hingga mempunyai kemampuan untuk memperhitungkan kompleks interaksi benda kerja sebagai alat untuk analisis roda gigi.

Rotasi gigi kosong cocok dengan linkage kinematik untuk rotasi alat cacing berbentuk (hob). Melalui superimposisi tambahan dari aksial gerak umpan relative terhadap gigi kosong. Mengingat arah pakan aksial up potong dan kinematik dapat diterapkan diroda gigi. ( Jurnal K.D. Bauzakis 2008)

## **2.6 Teori Elastisitas**

Simulasi artificial hip joint perlu memperhatikan sifat mekanik yang dimiliki material dalam pelaksanaannya. Sifat mekanik yang dimiliki material antara lain: kekuatan (strength), keliatan (ductility), kekerasan (hardness), dan kekuatan lelah (fatigue). Sifat mekanik material didefinisikan sebagai ukuran

kemampuan material untuk mendistribusikan dan menahan gaya serta tegangan yang terjadi. Proses pembebanan, struktur molekul yang berada dalam ketidaksetimbangan, dan gaya luar yang terjadi akan mengakibatkan material mengalami tegangan. Sebuah material yang dikenai beban atau gaya akan mengalami deformasi, pada pembebanan di bawah titik luluh deformasi akan kembali hilang. Hal ini disebabkan karena material memiliki sifat elastis (elastic zone).

Jika beban ditingkatkan sampai melewati titik luluh (yield point), maka deformasi akan terjadi secara permanen atau terjadi deformasi plastis (plastic deformation). Jika beban ditingkatkan hingga melewati tegangan maksimal, maka material akan mengalami patah.(S. M. A. Kazimi 1982)

### **2.6.1 Tegangan (Stress)**

Tegangan adalah besaran pengukuran intensitas gaya atau reaksi dalam yang timbul persatuan luas. Tegangan dibedakan menjadi dua yaitu engineering stress dan true stress. Dalam praktek teknik, gaya umumnya diberikan dalam pound atau newton, dan luas yang menahan dalam  $\text{inch}^2$  atau  $\text{mm}^2$ . Akibatnya tegangan biasanya dinyatakan dalam  $\text{pound/inch}^2$  yang sering disingkat psi atau  $\text{Newton/mm}^2$  (MPa). Tegangan yang dihasilkan pada keseluruhan benda tergantung dari gaya yang bekerja.

Dalam praktek, kata tegangan sering memberi dua pengertian :

- a) Gaya per satuan luas atau intensitas tegangan, yang umumnya ditunjukkan sebagai tegangan satuan.
- b) Gaya dalam total suatu batang tunggal yang umumnya dikatakan sebagai tegangan total.

Pada saat benda menerima beban sebesar P kg, maka benda akan bertambah panjang sebesar  $\Delta L$  mm. Saat itu pada material bekerja tegangan yang dapat dihitung dengan rumus (engineering stress) :

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Keterangan:

$\sigma$  = tegangan (pascal, N/m<sup>2</sup>)

F = beban yang diberikan ( Newton, dyne)

A<sub>0</sub> = luas penampang mula - mula (mm<sup>2</sup>)

Sedangkan true stress adalah tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luas permukaan sebenarnya ( actual ). True stress dapat dihitung dengan:

$$\sigma = A F$$

dengan:

$\sigma$  = True stress ( MPa)

F = Gaya (N)

A = Luas permukaan sebenarnya (mm<sup>2</sup>)

Tegangan normal dianggap positif jika menimbulkan suatu tarikan ( tensile ) dan dianggap negatif jika menimbulkan penekanan (compression). (Huber M. 1903)

### **2.6.2 Regangan (Strain)**

Regangan didefinisikan sebagai perubahan panjang material dibagi panjang awal akibat gaya tarik ataupun gaya tekan pada material. Batasan sifat elastis perbandingan regangan dan tegangan akan linier dan akan berakhir sampai pada titik mulur. Hubungan tegangan dan regangan tidak lagi linier pada saat material mencapai batasan fase sifat plastis. Regangan dibedakan menjadi dua,

yaitu: engineering strain dan true strain. Engineering strain adalah regangan yang dihitung menurut dimensi benda aslinya (panjang awal), sehingga untuk mengetahui besarnya regangan yang terjadi adalah dengan membagi perpanjangan dengan panjang semula.

$$e_{eng} = \frac{L_0 - \Delta L}{L}$$

dengan:

$e_{eng}$  = Engineering strain

$\Delta L$  = Perubahan panjang

$L_0$  = Panjang mula-mula

$L$  = Panjang setelah diberi gaya

True strain dapat dihitung secara bertahap ( increment strain ), dimana regangan dihitung pada kondisi dimensi benda saat itu (sebenarnya) dan bukan dihitung berdasarkan panjang awal dimensi benda. (Huber,M. 1903)

### **2.6.3 Elastisitas dan Plastisitas**

Jika sebuah material diberi beban dan mengalami regangan tetapi bila beban dihilangkan material tersebut kembali ke bentuk semula maka hal ini dikatakan elastis. Elastisitas ini berada di daerah elastis, sebelum titik luluh (yield point). Selama material masih berada di daerah elastis, jika beban dihilangkan maka material akan kembali ke bentuk semula. Bila suatu material mengalami tegangan maka akan terjadi perubahan bentuk.

Bila tegangan yang bekerja besarnya tidak melewati suatu batas tertentu (batas elastis) maka akan terjadi perubahan bentuk yang bersifat sementara. Perubahan bentuk akan hilang bersama dengan hilangnya tegangan. Tetapi, bila tegangan yang bekerja telah melampaui batas tersebut maka sebagian dari

perubahan bentuk itu tetap ada walaupun tegangan dihilangkan. Sedangkan plastisitas adalah perubahan bentuk yang permanent tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sering disebut keuletan (ductile). Bahan yang mampu mengalami deformasi plastis adalah bahan yang mempunyai keuletan tinggi dan sebaliknya bahan yang tidak deformasi plastis berarti mempunyai keuletan rendah atau getas. (Huber M. 1903 the mathematical theory of plasticity)

#### **2.6.4 Deformasi**

Deformasi atau perubahan bentuk terjadi apabila bahan dikenai gaya. Selama proses deformasi berlangsung, material menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja. Sebesar apapun gaya yang bekerja pada material, material akan mengalami perubahan bentuk dan dimensi. Perubahan bentuk secara fisik pada benda dibagi menjadi dua, yaitu deformasi plastis dan deformasi elastis. Penambahan beban pada bahan yang telah mengalami kekuatan tertinggi tidak dapat dilakukan, karena pada kondisi ini bahan telah mengalami deformasi total. Jika beban tetap diberikan maka regangan akan bertambah dimana material seakan menguat yang disebut dengan penguatan regangan ( strain hardening ) yang selanjutnya benda akan mengalami putus pada kekuatan patah.

Pada awal pembebanan akan terjadi deformasi elastis sampai pada kondisi tertentu, sehingga material akan mengalami deformasi plastis. Pada awal pembebanan di bawah kekuatan luluh, material akan kembali ke bentuk semula. Hal ini dikarenakan adanya sifat elastis pada bahan. Peningkatan beban melebihi kekuatan luluh (yield point) yang dimiliki plat akan mengakibatkan aliran deformasi plastis sehingga plat tidak akan kembali ke bentuk semula.

Elastisitas bahan sangat ditentukan oleh modulus elastisitas. Modulus elastisitas suatu bahan didapat dari hasil bagi antara tegangan dan regangan.

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

dengan:

E = Modulus elastisitas

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

e = Regangan

Yield Point (Batas Luluh)

Jika beban yang bekerja pada material diteruskan hingga diluar batas elastis akan terjadi perpanjangan atau perpendekan permanen secara tiba-tiba. Ini disebut yield point atau batas luluh dimana regangan meningkat sekalipun tiada peningkatan tegangan (hanya terjadi pada baja lunak). Setelah melewati titik ini, material tidak akan kembali ke bentuk semula, atau material sedang berada dalam daerah plastis. (Huber M. 1903, Advanced Mechanics of material)

### 2.6.5 Kriteria Von Mises

Von mises (1913) menyatakan bahwa akan terjadi luluh bilamana invarian kedua deviator tegangan  $J^2$  melampaui harga kritis tertentu. Dengan kata lain luluh akan terjadi pada saat energi distorsi atau energi regangan geser dari material mencapai suatu nilai kritis tertentu. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa energi distorsi adalah bagian dari energi regangan total per unit volume yang terlibat di dalam perubahan bentuk.

Dalam ilmu material dan teknik, kriteria luluh von Mises dapat juga diformulasikan dalam von Mises stress atau equivalent tensile stress,  $\sigma_v$ , nilai tegangan scalar dapat dihitung dari tensor tegangan. Dalam kasus ini, material

dikatakan mulai luluh ketika tegangan von Mises mencapai nilai kritis yang diketahui sebagai yield strength. Tegangan von Mises digunakan untuk memprediksi tingkat keluluhan material terhadap kondisi pembebanan dari hasil pengujian tarik simple uniaksial.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

##### 3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya studi numerik braket menggunakan *software catia V5R19* dengan menganalisa menggunakan *software ansys 15* dilakukan dilaboratorium komputer Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

##### 3.1.2 Waktu

Pengerjaan dan penyusunan tugas sarjana ini di laksanakan 20 februari 2017 dan dinyatakan selesai oleh dosen pembimbing pada tanggal

Tabel 3.1: Timeline Kegiatan

No	KEGIATAN	FEBRUARI	MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGUSTUS
1	STUDI LITERATUR							
2	MENENTUKAN 3 BRAKET							
3	DESIN SPESIMEN							
4	MENSIMULASI BRAKET							
5	MENAMPILKAN GAMBAR							
6	MENENTUKAN PENGUJIAN YG AKAN DI UJI							
7	PENGUJIAN ANSYS							
8	PENYELESAIAN SKRIPSI							

## **3.2. Alat Penelitian**

Adapun alat yang digunakan dalam studi numeric ini adalah :

### **3.2.1 Laptop**

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi numeric ini adalah:

1. Processor : AMD A6-3400M APU with Radeon HD 1.40 GHz
2. RAM : 2.00 GB (1.47 GB Usable)
3. Operation system : windows 7 pro 64 bit operation system

### **3.2.2 Software Catia**

Software catia yang sudah terinstal pada laptop adalah Catia V5R19 64 bit yang didalamnya terdapat sketch gambar 3D yg fungsinya adalah sebagai konsep untuk menggambar spesimen .

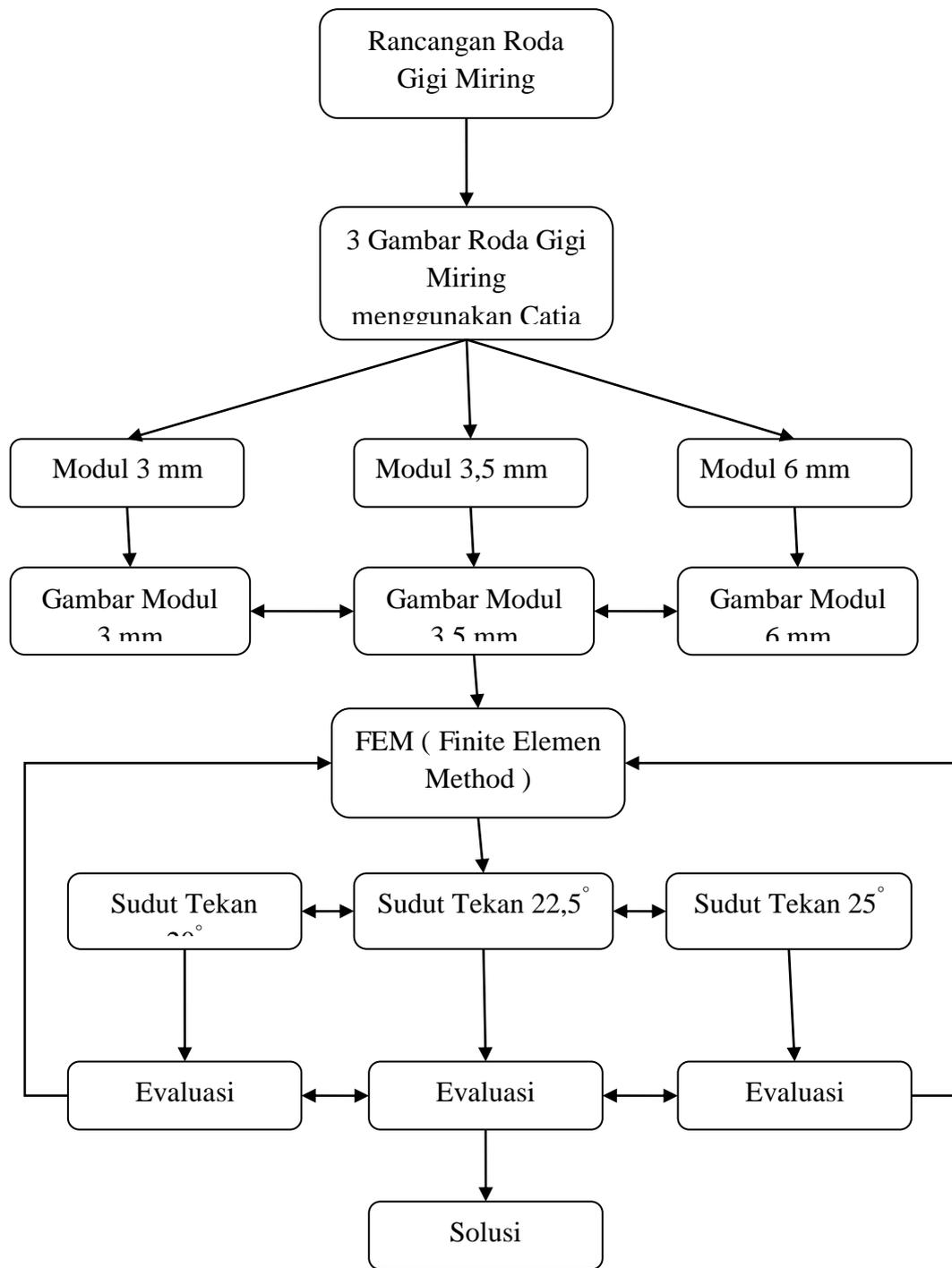
1. Processor : AMD with Radeon Support 64 bit Operation System
2. RAM : 2 GB or more
3. Disk Space : 5 GB or more

### **3.2.3 Software Ansys**

Software ansys yang sudah terinstal pada laptop adalah Ansys 2015 yang didalamnya terdapat *mechanical APDL 2015* dan *Workbench 2015*, yg berfungsi sebagai analisa simulasi dalam penelitian ini.

1. Processor : AMD with Radeon Support 64 bit Operation System
2. RAM : 2 GB or more
3. Disk Space : 5 GB or more

### 3.3 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

### 3.4 Tahap Mendisagn Roda Gigi Miring Yang Pertama

#### 3.4.1 Menyalakan computer dan memilih software catia

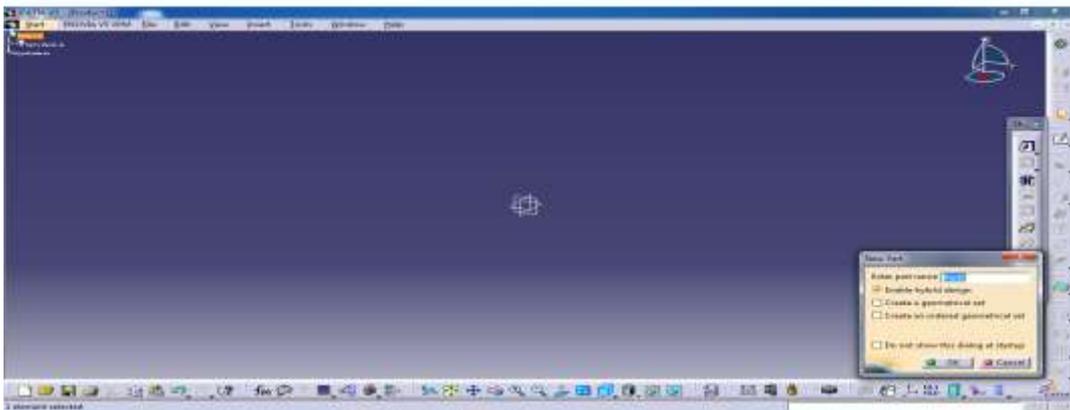
Sebelum memulai proses menggambar bahwasanya Software Catia V5R19 telah terinstal dikomputer atau laptop dan siap digunakan.



Gambar 3.2 Tampilan Layar Komputer

#### 3.4.2 Tampilan awal Catia V5R19

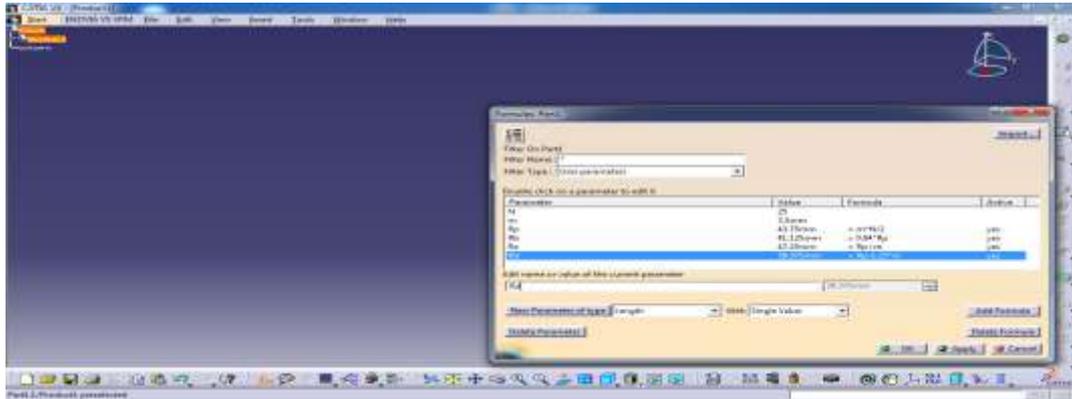
Pada tampilan ini kita pilih tool bar start – mechanical design – part design maka akan muncul gambar new part lalu tekan OK.



Gambar 3.3 tampilan awal catia V5R19

### 3.4.3 Menentukan Rumus Roda Gigi

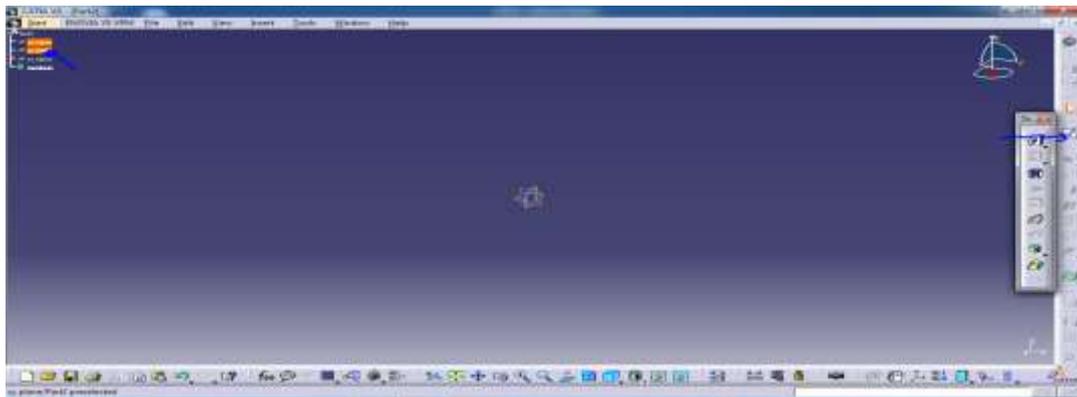
Klik Formula ( $f(x)$ ) – klik length – klik new parameter of type – klik edit formula – masukan rumus rodagigi – klik ok.



Gambar 3.4 menentukan rumus rodagigi

### 3.4.4 Menentukan Sumbu Benda Kerja

Sumbu yang digunakan adalah sumbu yz lalu klik stecth dan tekan OK.

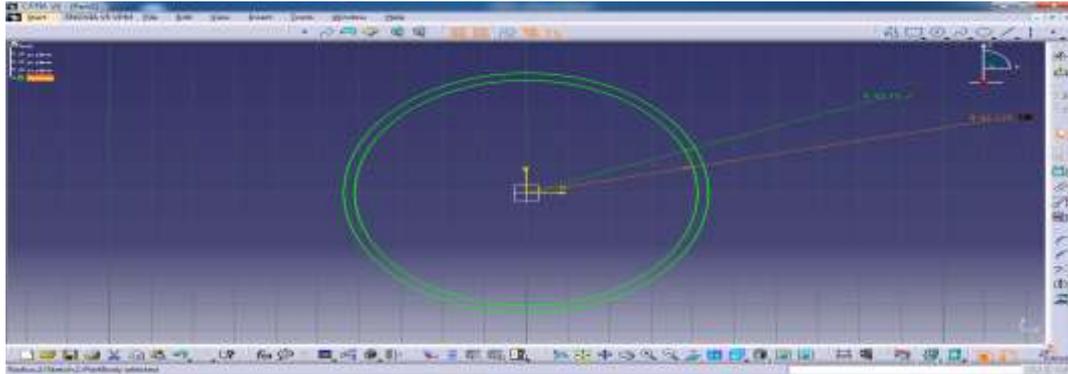


Gambar 3.5 menentukan sumbu kerja

### 3.4.5 Membuat Diameter Roda Gigi

#### Tahap 1 Membuat Lingkaran

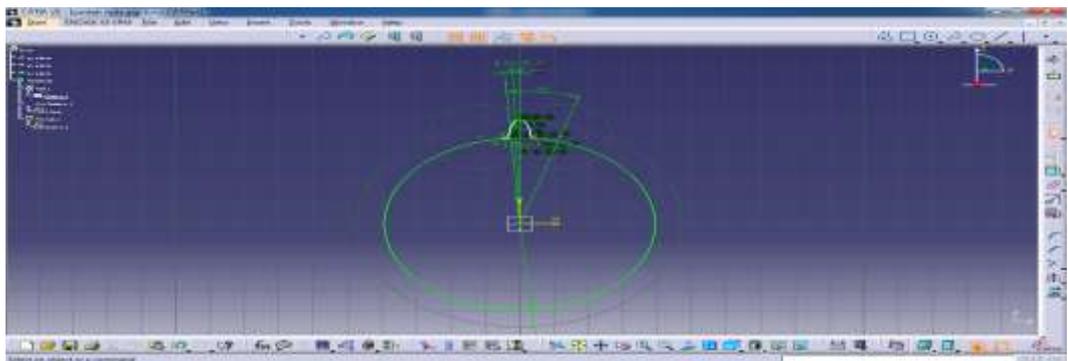
Menentukan diameter roda gigi, buat dua buah lingkaran dengan klik circle dan masukan ukuran diameter yang telah ditentukan



Gambar 3.6 Diameter roda gigi

#### Tahap 2 Membuat Sketch Gigi

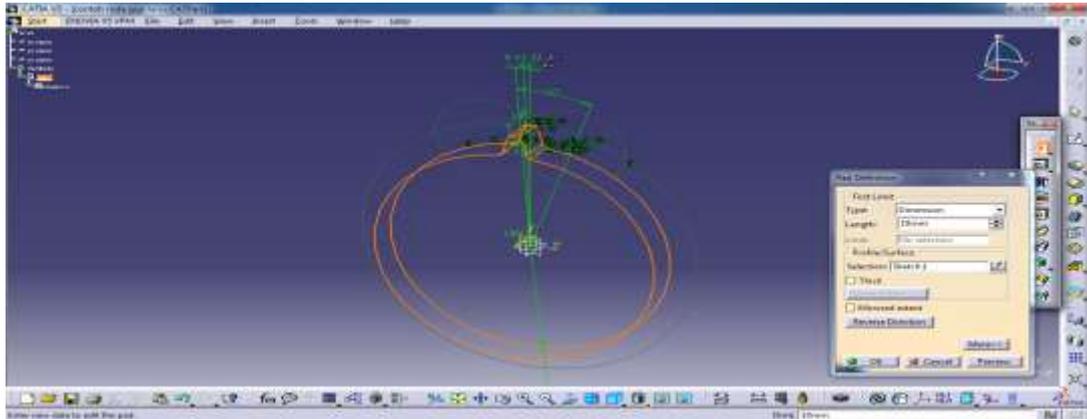
Setelah selesai membuat diameter lingkaran, lalu buat lingkaran di atas diameter maka terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.7 Gambar sketch roda gigi

### Tahap 3 Memberikan tebal roda gigi

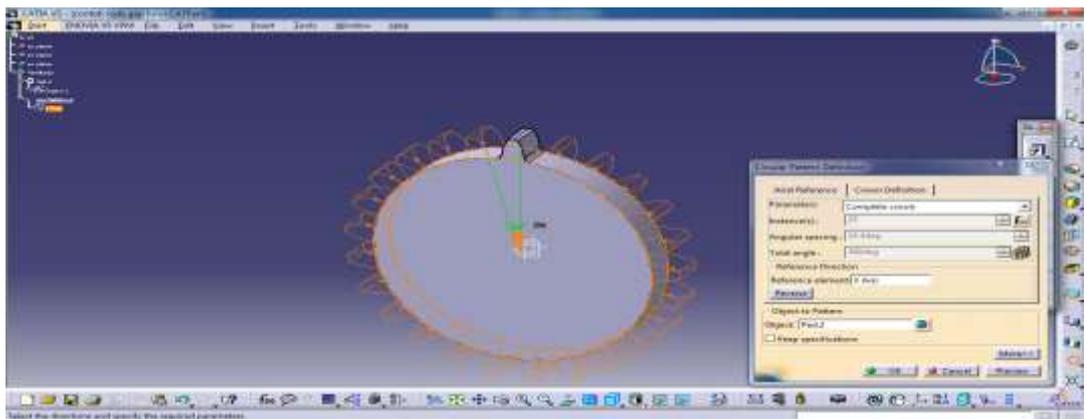
Setelah selesai pada tahap 2 lalu exit workbench kemudian pilih pad definition lalu pilih length 10 mm, pilih selection pilih sketch 1 lalu OK.



Gambar 3.8 tebal roda gigi

### Tahap 4 Sketsa pembuatan jumlah gigi

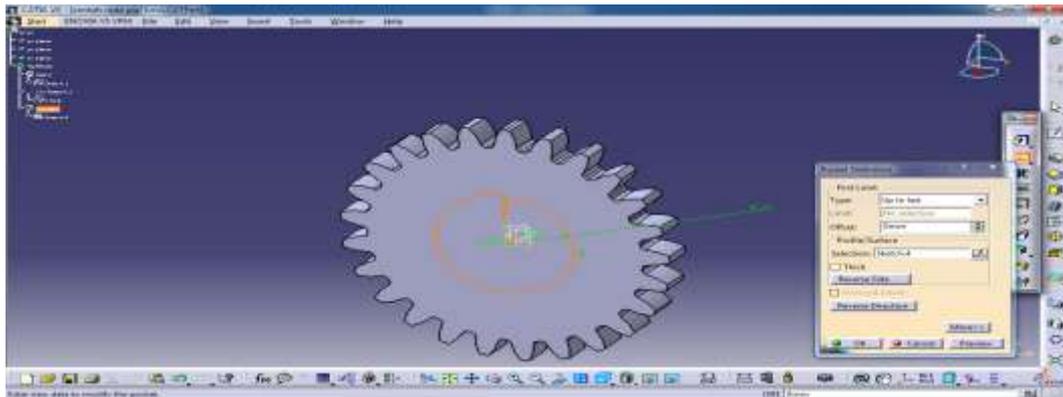
Setelah selesai tahap 3 klik circular pattern definition – parameters complete crown – instance(s) – reference element pilih x axis kemudian klik OK.



Gambar 3.9 sketsa pembuatan jumlah gigi

### Tahap 5 Sketsa pembuatan lubang kecil

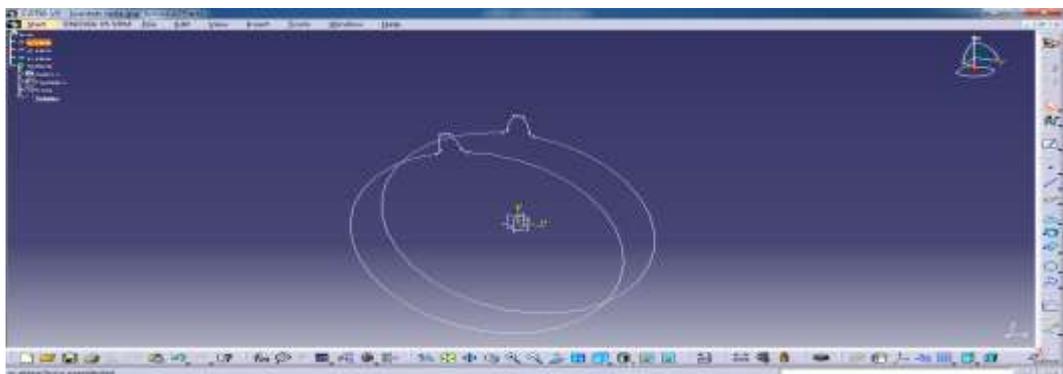
Setelah selesai tahap 4 maka klik sketch – buat lingkaran kecil ditengah – exit workbench – pilih poket definition – type up to last – selection sketch 4 dan klik ok.



Gambar 3.10 Sketsa pembuatan lubang kecil

### Tahap 6 Sketsa merubah gigi menjadi miring

Setelah selesai tahap 5 maka untuk merubah roda gigi lurus menjadi miring klik start – shape – generative shape design – insert – operations – translate definition – ok – insert – operation – rotate definition – ok.



Gambar 3.11 Sketsa merubah gigi miring

## Tahap 7 Menebalkan roda gigi miring

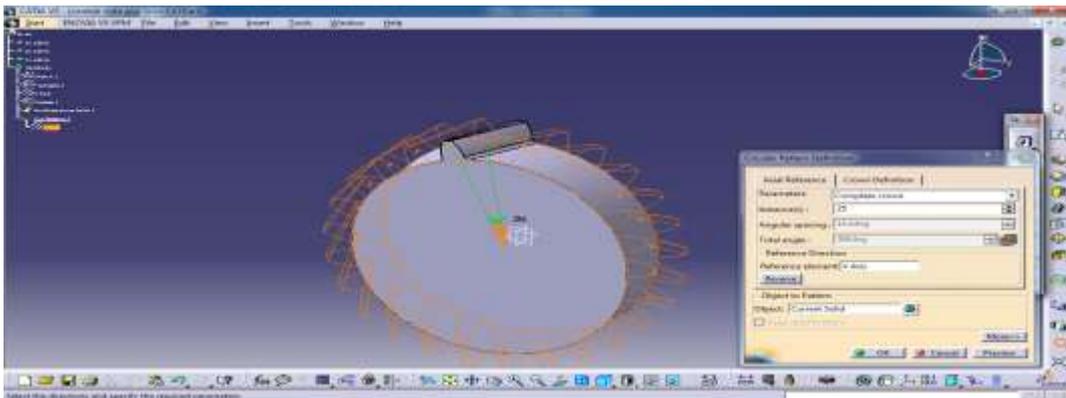
Klik start – mechanical design – part design – multi sections solid definition – klik rotate – klik sketch – klik ok.



Gambar 3.12 Menebalkan roda gigi miring

## Tahap 8 Jumlah roda gigi miring

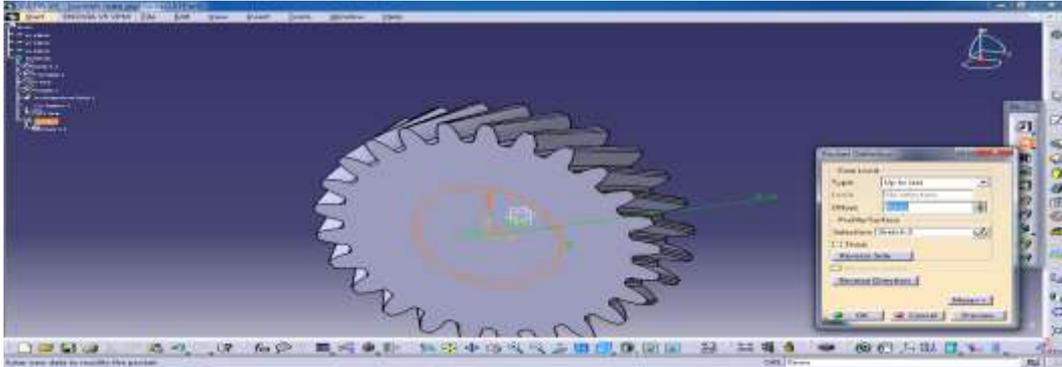
Klik circular pattern definition – parameters complete crown - instance(s) – reference element X axis – klik ok.



Gambar 3.13 jumlah roda gigi miring

## Tahap 9 Membuat lubang roda gigi miring

maka klik sketch – buat lingkaran kecil ditengah – exit workbench – pilih poket definition – type up to last – selection sketch dan klik ok.



Gambar 3.14 Membuat lubang roda gigi miring

## 3.5 Assembly Roda Gigi Miring Di Software Catia

### 3.5.1 Membuka kedua roda gigi miring

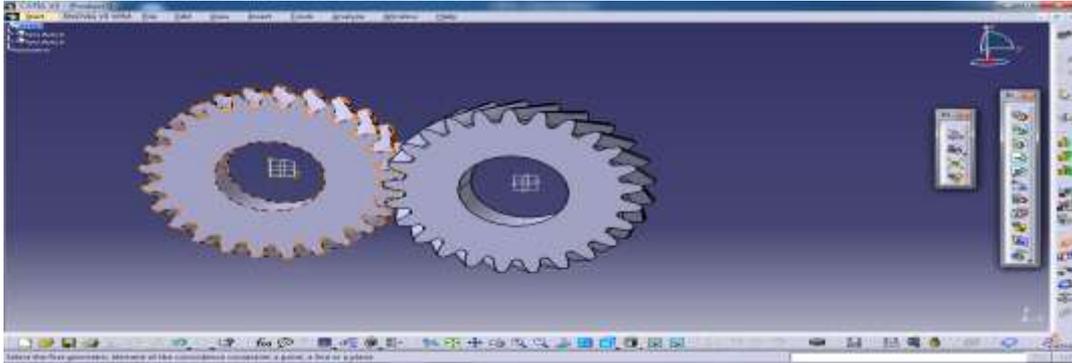
Klik start – pilih mechanical design – pilih assembly design – klik insert – pilih existing component - klik product – ctrl pilih 2 file roda gigi – open.



Gambar 3.15 Membuka kedua roda gigi miring

### 3.5.2 Assembly kedua roda gigi miring

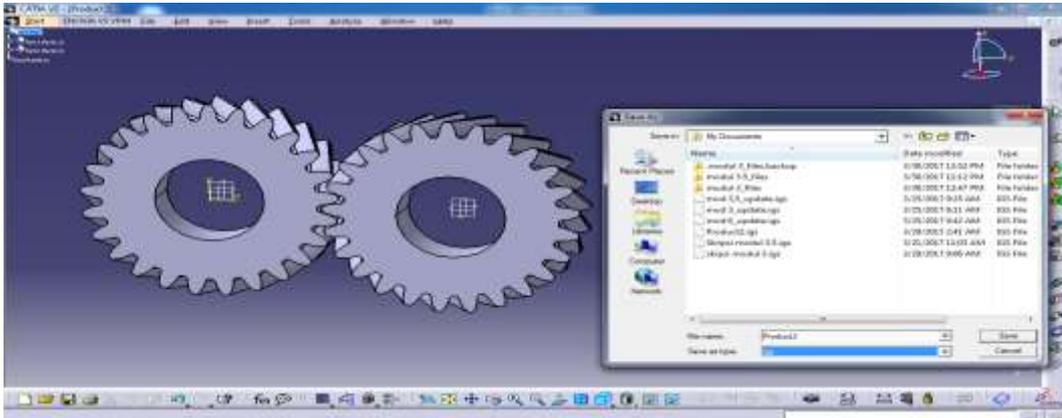
Klik move – pilih manipulation – pilih salah satu roda gigi dengan y – kemudian coincidence kedua roda gigi – klik ok.



Gambar 3.16 Assembly kedua roda gigi miring

### 3.5.3 Menyimpan assembly roda gigi miring

Klik file – pilih save as – pilih save as type – merubah ke igs – save.

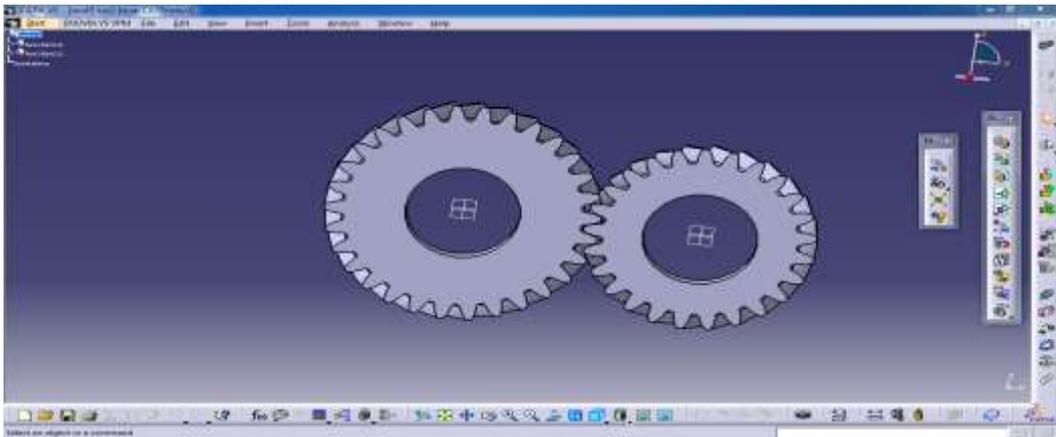


Gambar 3.17 Menyimpan assembly roda gigi miring

### 3.6 Hasil gambar dari software catia

#### 3.6.1 Hasil gambar modul 3

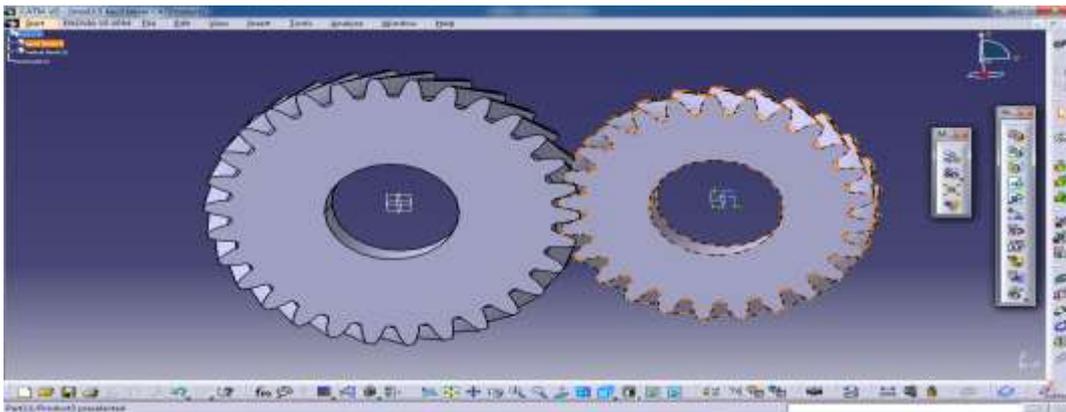
Klik file – pilih open – pilih file modul 3 – klik open.



Gambar 3.18 Hasil gambar modul 3

#### 3.6.2 Hasil gambar modul 3.5

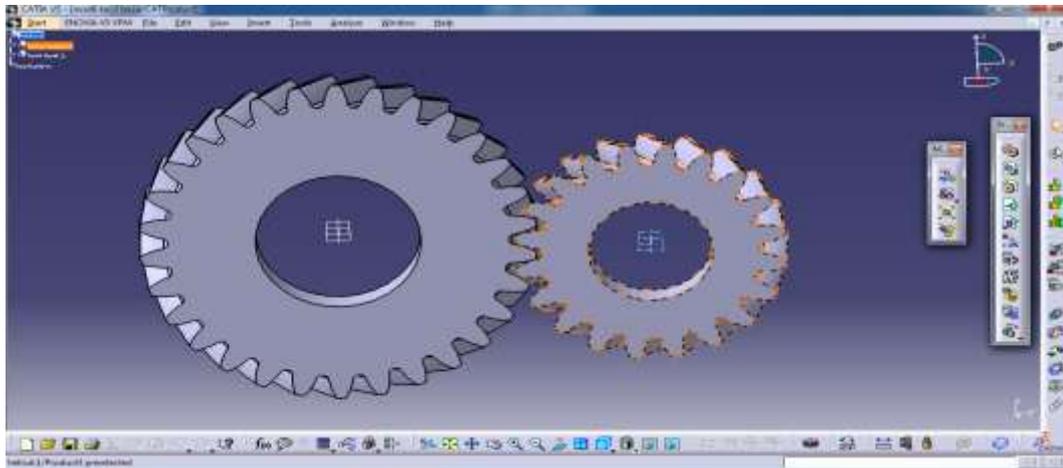
Klik file – pilih open – pilih file modul 3.5 – klik open.



Gambar 3.19 Hasil gambar modul 3.5

### 3.6.3 Hasil gambar modul 6

Klik file – pilih open – pilih file modul 6 – klik open.



Gambar 3.20 Hasil gambar modul 6

## 3.7 Tahapan menggunakan ansys dengan roda gigi miring

### 3.7.1 Menyalakan computer dan memilih software ansys

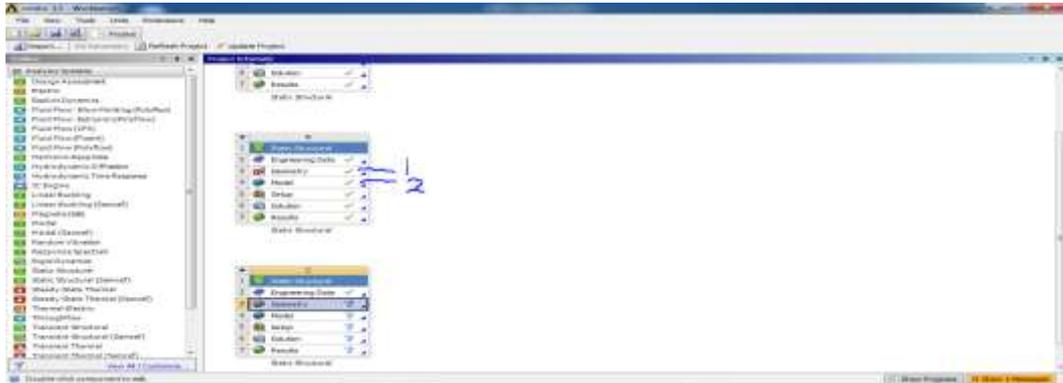
Sebelum memulai proses menggambar bahwasanya Software ansys 2015 telah terinstal dikomputer atau laptop dan siap digunakan.



Gambar 3.21 Tampilan layar computer

### 3.7.2 Tampilan awal workbench 15

Pada tampilan ini pilih static structural – klik kanan geometry – import geometry – file iges - klik model.

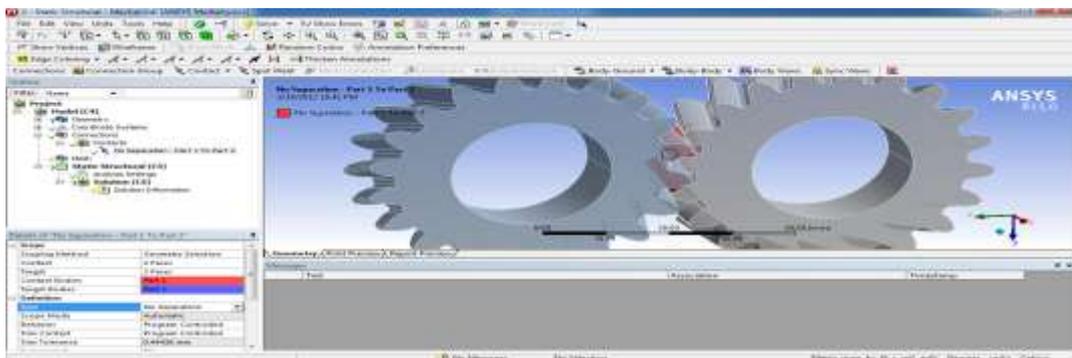


Gambar 3.22 Tampilan awal workbench 15

### 3.7.3 Tahap Analisa Roda Gigi Miring

#### Tahap 1 Contacs roda gigi miring

Klik project – klik connections – contacts – pilih definition - type – no separation – maka bersinggungan kedua rodagigi.



Gambar 3.23 Contacs roda gigi miring

## Tahap 2 Frictionless support

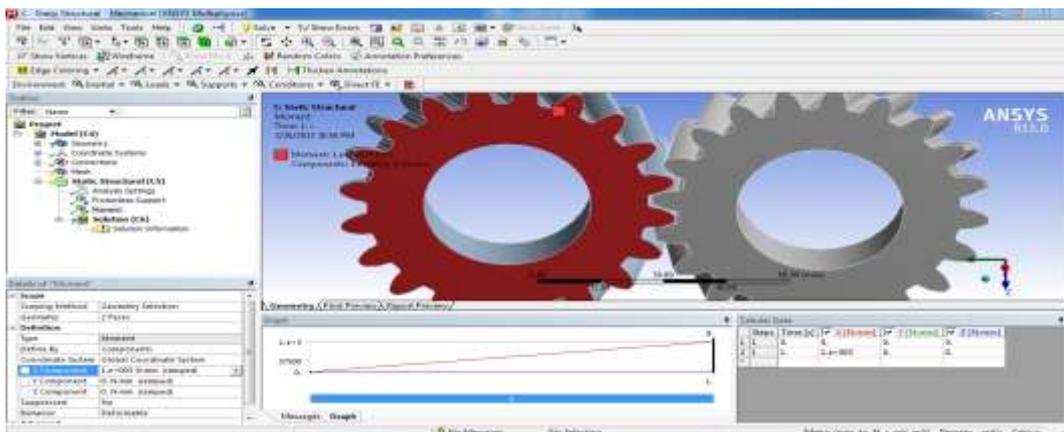
Klik static structural support – klik frictionless support – klik lubang kedua roda gigi miring – geometry – klik apply.



Gambar 3.24 Frictionless support

## Tahap 3 Momen

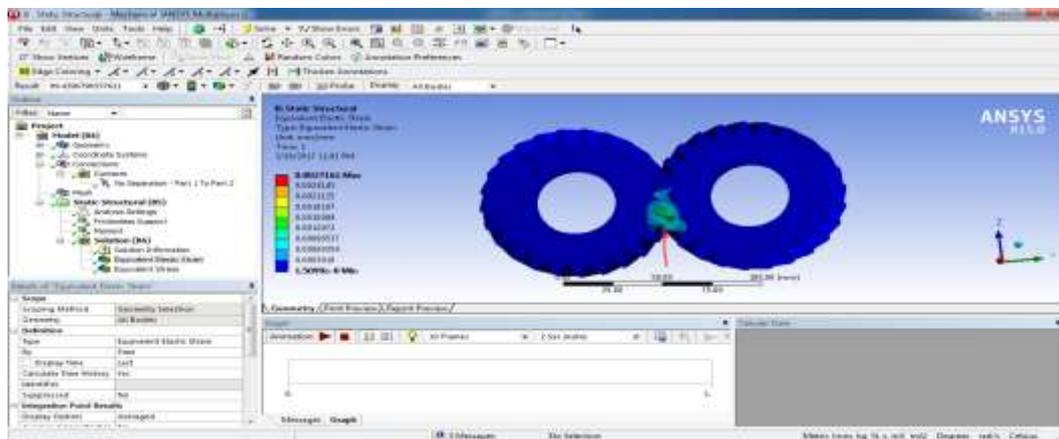
Klik static structural – klik loads – klik moment – klik geometry – klik apply – klik define by – pilih components – pilih x component – masukan 100000 mm.



Gambar 3.25 Momen

#### Tahap 4 Solution strain

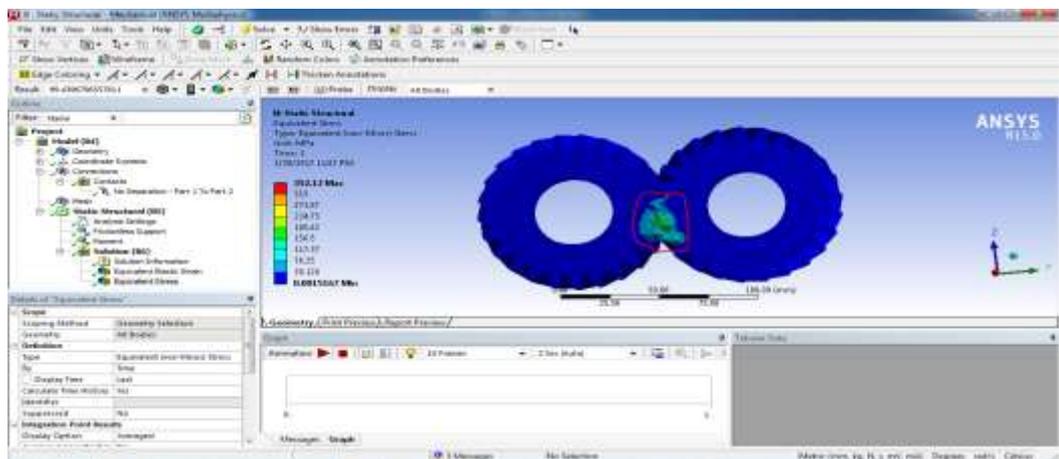
Klik solution – klik strain – klik equivalent (von mises) – klik solve.



Gambar 3.26 Solution strain

#### Tahap 5 Solution Stress

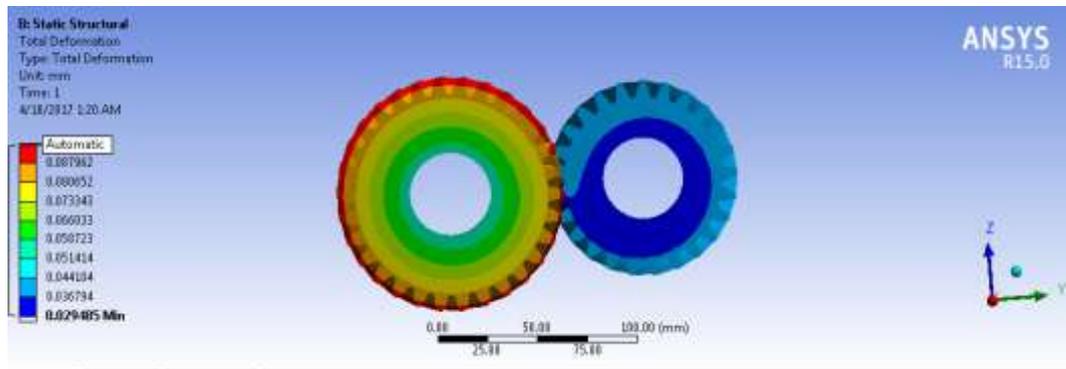
Klik solution – klik stress – pilih equivalent (von mises) – klik solve



Gambar 3.27 Solution stress

## Tahap 6 Solution Deformation

Klik solution – klik deformation – pilih total – klik solve



Gambar 3.28 Solution Deformation

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pendahuluan

Seperti yang telah dijelaskan pada bab 3, penelitian roda gigi miring ini dengan sudut tekan  $20^\circ$ ,  $22,5^\circ$  dan  $25^\circ$  dalam momen 50000 N.mm, 75000 N.mm dan 100000 N.mm yang di cari adalah tegangan maksimum (von mises stress). ada pun masalah yang dihadapi adalah :

Tabel 4.1 Case modul

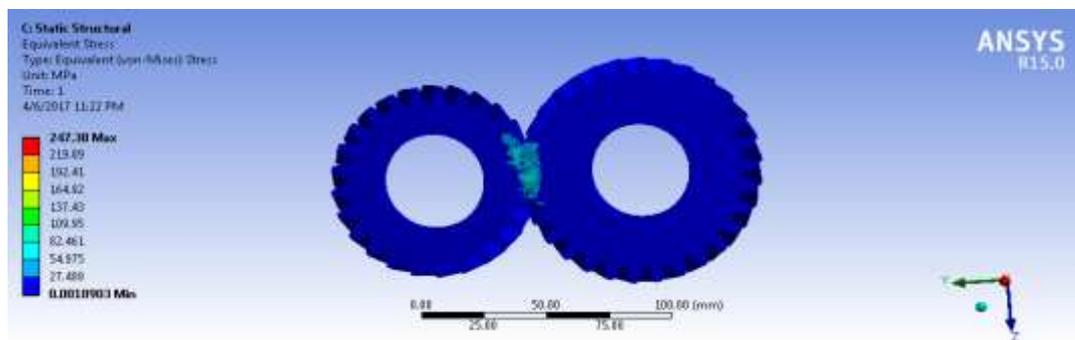
Case	Modul	Sudut Tekan	Momen
Case 1	Modul 3	$20^\circ$	50000 N.mm
			75000 N.mm
			100000 N.mm
		$22,5^\circ$	50000 N.mm
			75000 N.mm
			100000 N.mm
		$25^\circ$	50000 N.mm
			75000 N.mm
			100000 N.mm
Case 2	Modul 3.5	$20^\circ$	50000 N.mm
			75000 N.mm
			100000 N.mm
		$22,5^\circ$	50000 N.mm
			75000 N.mm
			100000 N.mm
		$25^\circ$	50000 N.mm
			75000 N.mm
			100000 N.mm
			50000 N.mm

Case 3	Modul 6	20°	75000 N.mm
			100000 N.mm
		22.5°	50000 N.mm
			75000 N.mm
			100000 N.mm
		25°	50000 N.mm
			75000 N.mm
			100000 N.mm

## 4.2 Case 1

### 4.2.1 Modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 247,38 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau b k^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

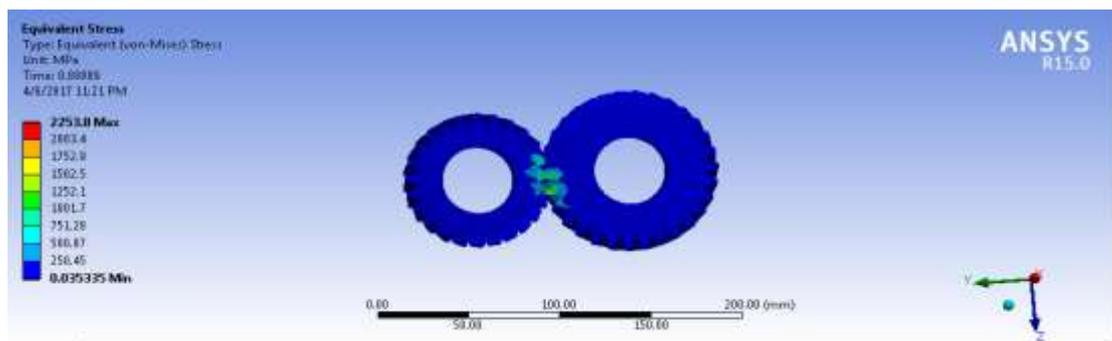
$\sigma_b$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{42,3_b - 35,25_k}{2} \right]^2 \cdot 4,461^2$$
$$= 248,38 \text{ Mpa}$$

#### 4.2.2 Modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 2253,8 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.3 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

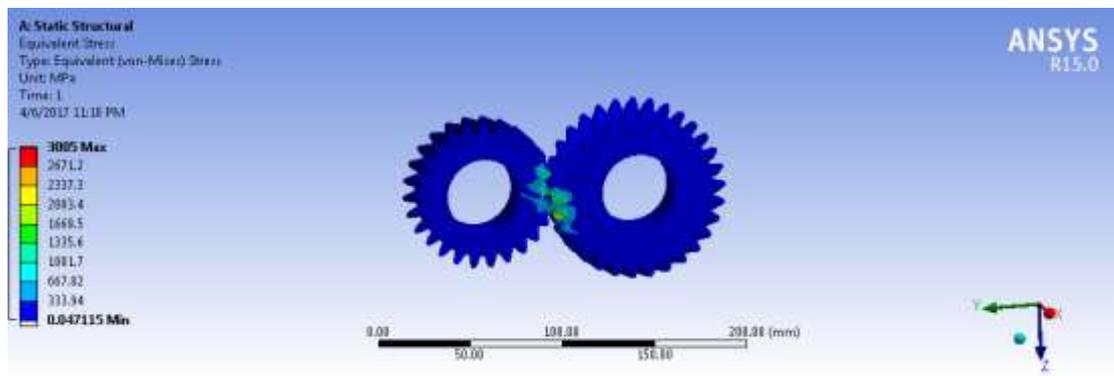
$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{42,3_b - 35,25_k}{2} \right]^2 \cdot 13,43^2$$

$$= 2253,8 \text{ Mpa}$$

#### 4.2.3 Modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 3005 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.4 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

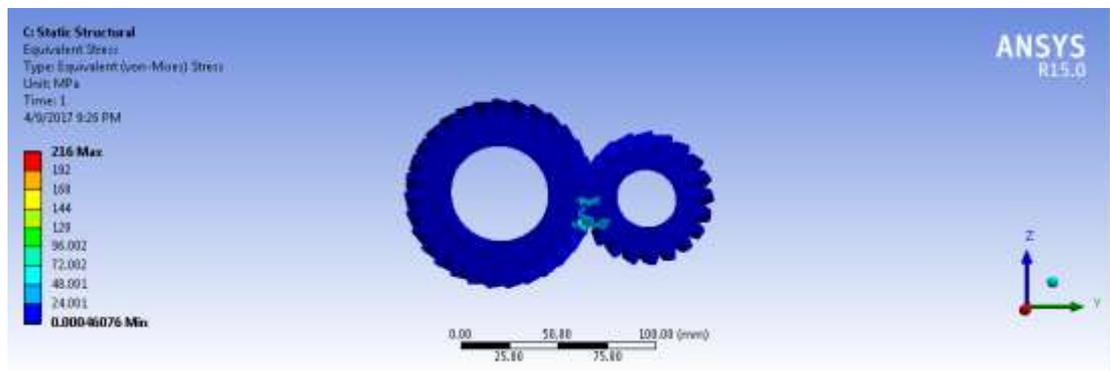
$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{42,3_b - 35,25_k}{2} \right]^2 \cdot 15,15^2$$

$$= 3005 \text{ Mpa}$$

#### 4.2.4 Modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 216 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

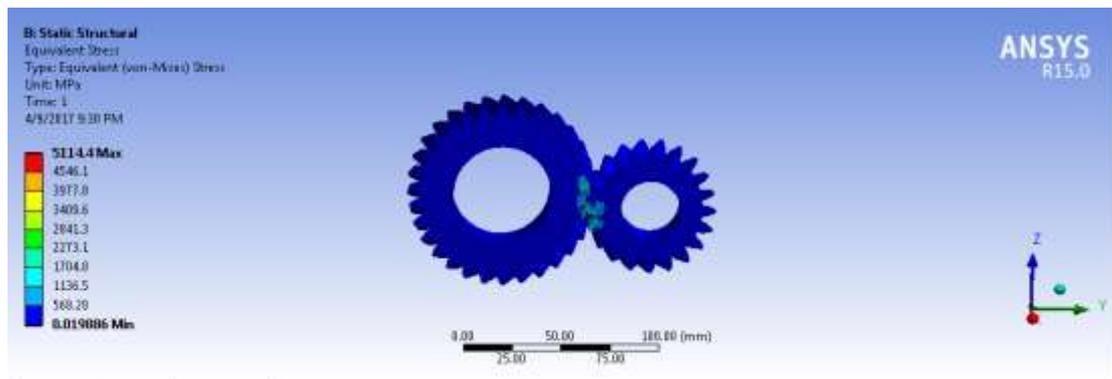
$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{41,4_b - 34,5_k}{2} \right]^2 \cdot 4,26^2$$

$$= 216 \text{ Mpa}$$

#### 4.2.5 Modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 5114,4 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.6 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm  
Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

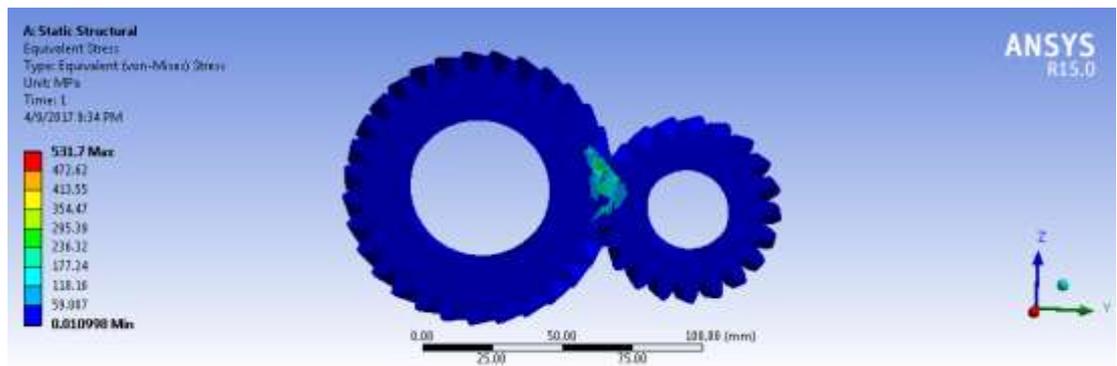
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{41,4_b - 34,5_k}{2} \right]^2 \cdot 20,73^2 \\ &= 5114,4 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.2.6 Modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 531,7 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.7 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

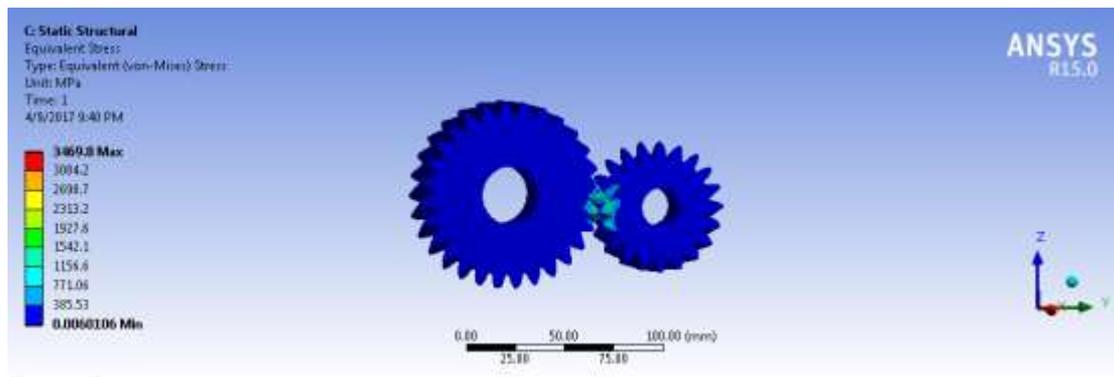
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{41,4_b - 34,5_k}{2} \right]^2 \cdot 6,68^2 \\ &= 531,7 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.2.7 Modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 3469,8 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.8 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

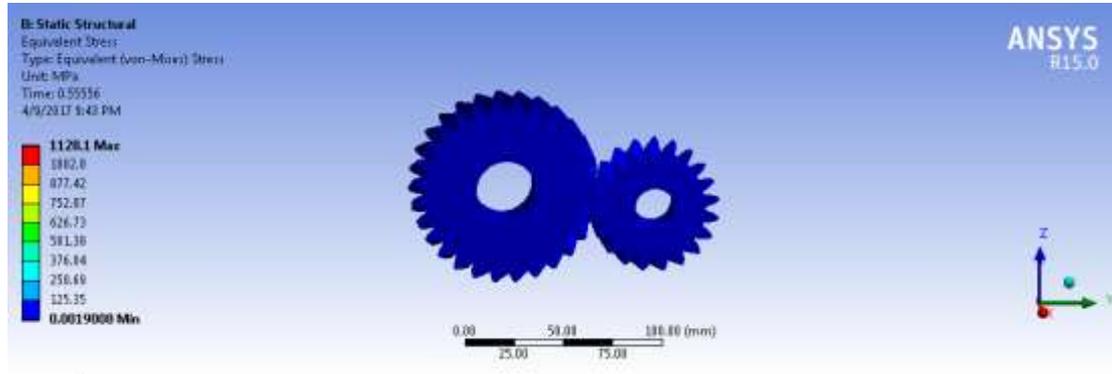
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{40,95_b - 34,125_k}{2} \right]^2 \cdot 17,26^2 \\ &= 3469,8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.2.8 Modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 1128,1 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.9 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm  
Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

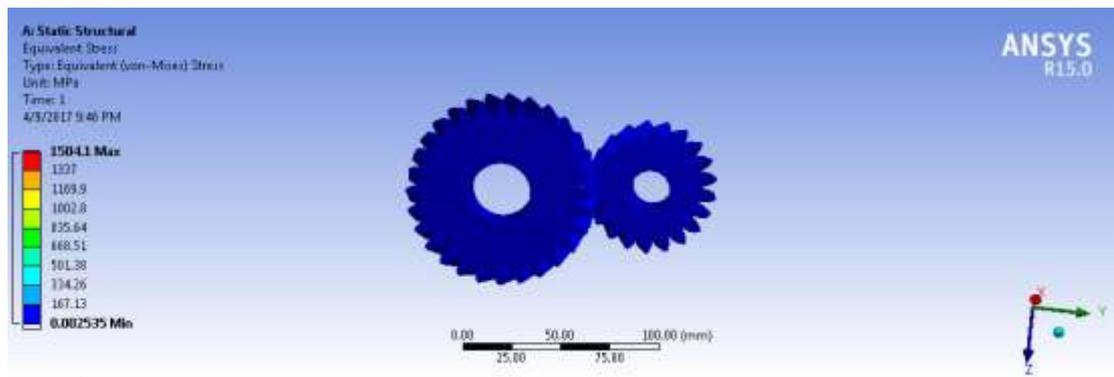
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{40,95_b - 34,125_k}{2} \right]^2 \cdot 9,84^2 \\ &= 1128,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.2.9 Modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 1504,1 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.10 Hasil simulasi modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

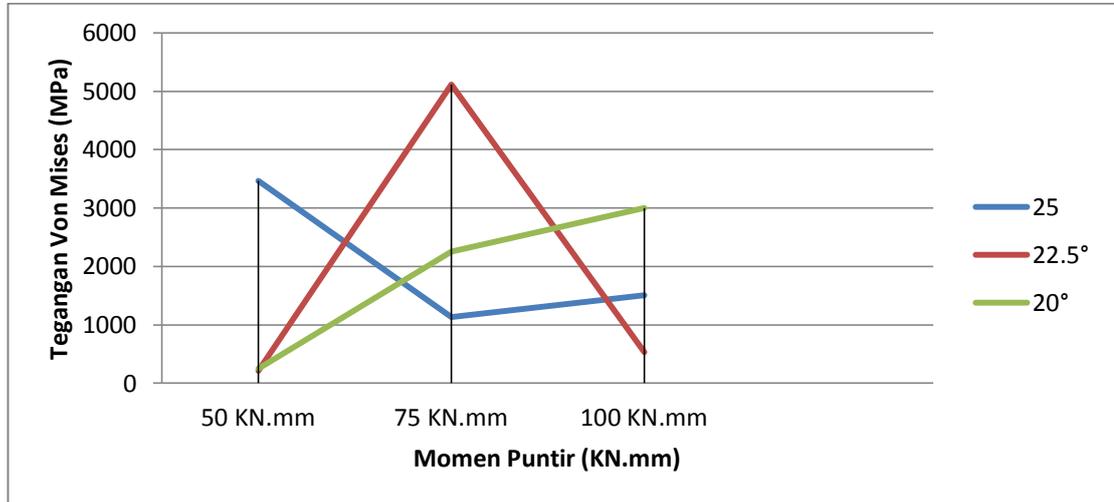
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{40,95_b - 34,125_k}{2} \right]^2 \cdot 11,365^2 \\ &= 1504,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.2.10 Grafik case 1 modul 3

Hasil grafik dari case 1 modul 3 didapat dari hasil simulasi melalui ansys dengan sudut tekan bervariasi dan momen yang bervariasi.

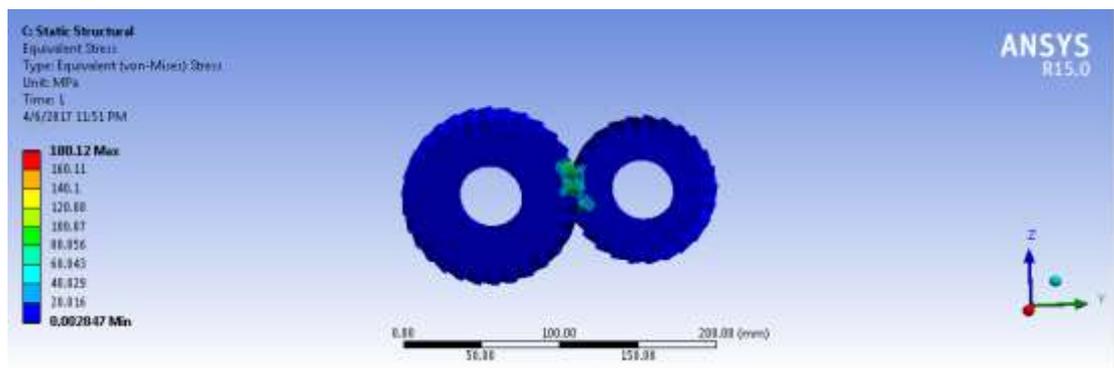


Gambar 4.11 Grafik case 1 modul 3

#### 4.3 Case 2

##### 4.3.1 Modul 3.5 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 180,12 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.12 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau b k^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

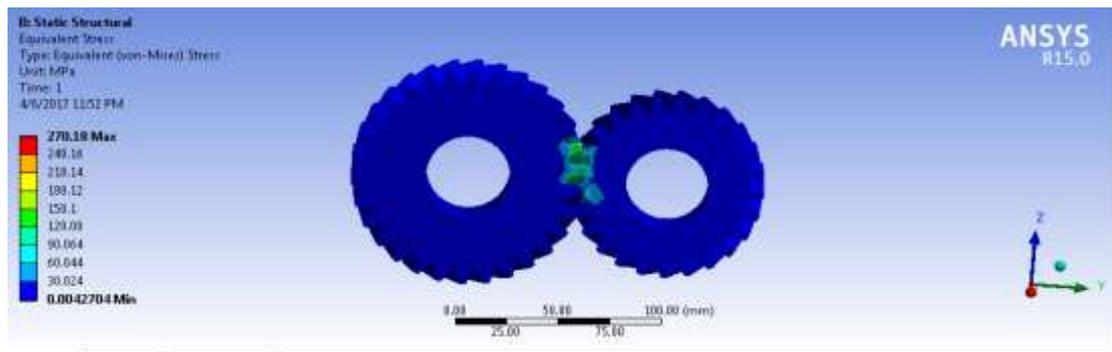
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{49,35_b - 41,125_k}{2} \right]^2 \cdot 3,26^2 \\ &= 180,12 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Modul 3.5 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 270,18 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.13 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

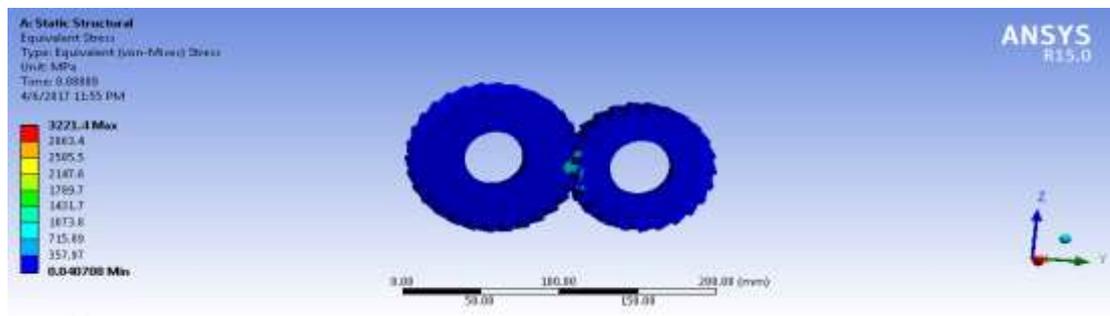
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{49,35_b - 41,125_k}{2} \right]^2 \cdot 3,997^2 \\ &= 270,18 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.3.3 Modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 3221,4 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.14 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

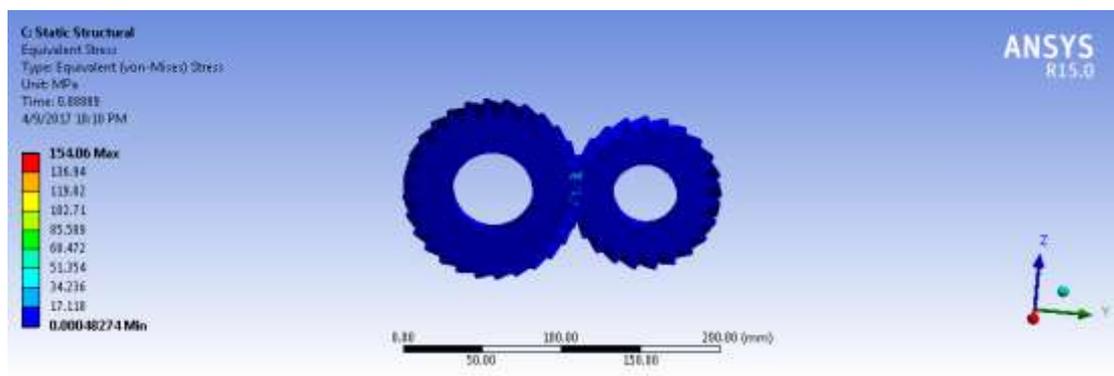
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{49,35_b - 41,125_k}{2} \right]^2 \cdot 13,81^2$$
$$= 3221,4 \text{ Mpa}$$

#### 4.3.4 Modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 150,06 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.15 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

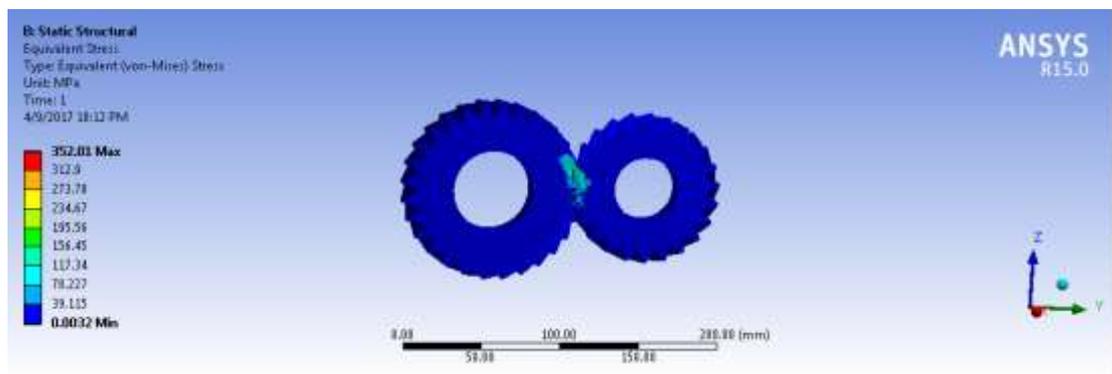
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{49_b - 37,03_k}{2} \right]^2 \cdot 2,05^2$$
$$= 154,06 \text{ Mpa}$$

#### 4.3.5 Modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 352,01 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.16 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

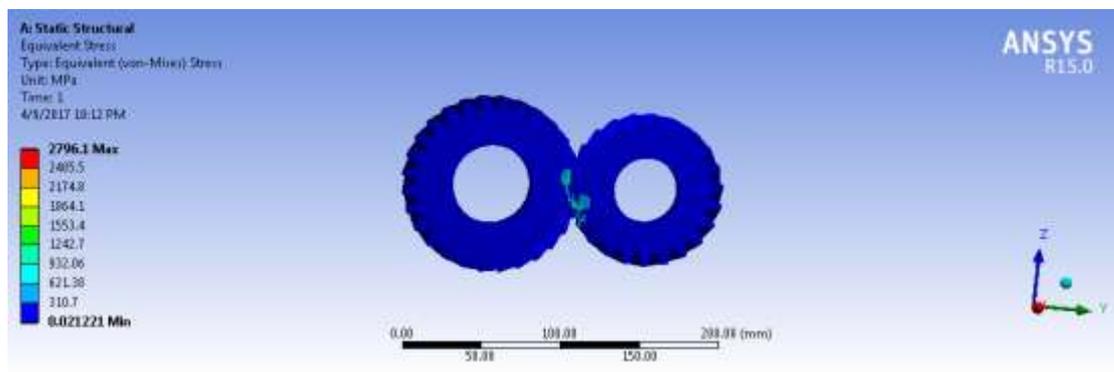
$\sigma_b$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned}\sigma_{maks} &= \left[ \frac{49 - 37,03_k}{2} \right]^2 \cdot 3,135^2 \\ &= 352,01 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

#### 4.3.6 Modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 2796,1 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.17 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_b k^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

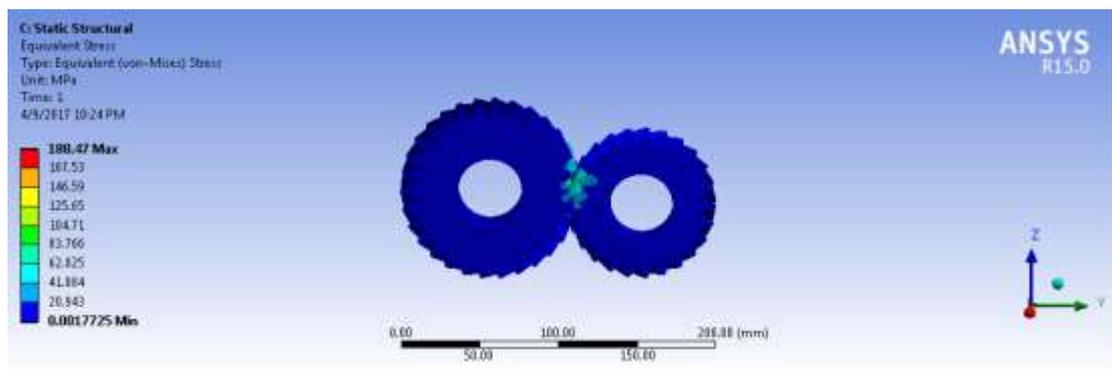
$\sigma_b$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{49_b - 37,03_k}{2} \right]^2 \cdot 8,835^2$$
$$= 2796,01 \text{ Mpa}$$

#### 4.3.7 Modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 188,47 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.18 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_b k^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi kecil

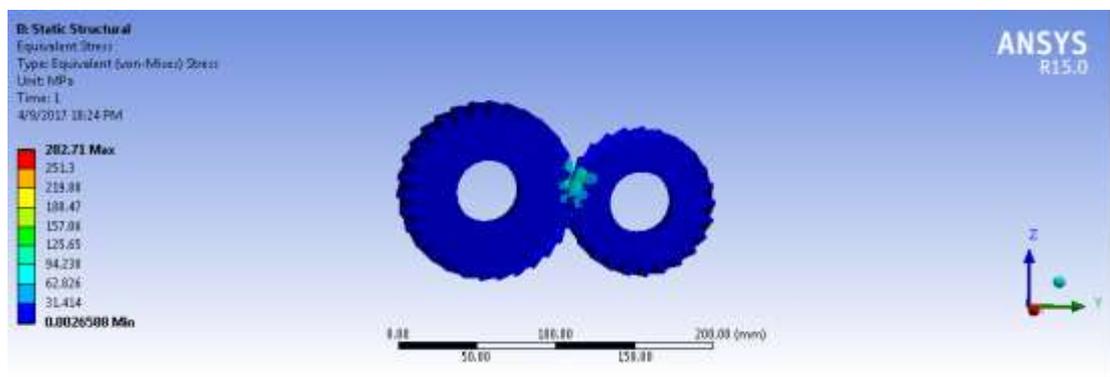
$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{47,775_b - 39,8125_k}{2} \right]^2 \cdot 3,45^2$$

$$= 188,47 \text{ Mpa}$$

#### 4.3.8 Modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 282,71 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.19 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

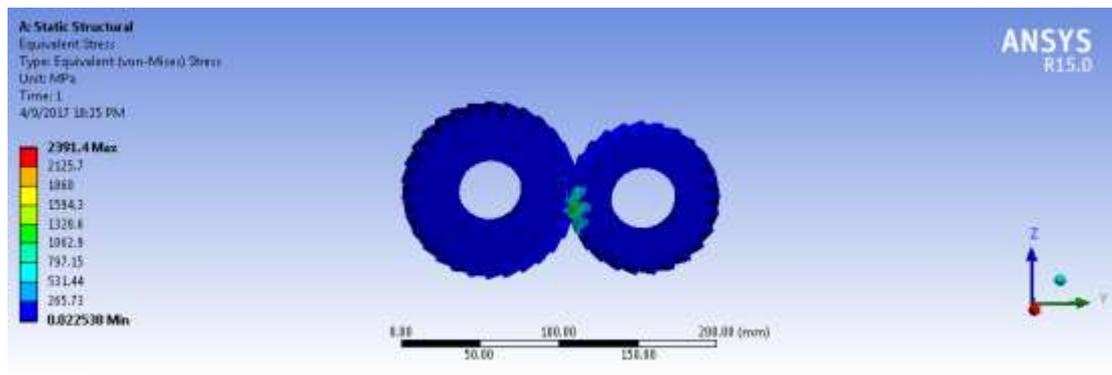
$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{47,775_b - 39,8125_k}{2} \right]^2 \cdot 4,22^2$$

$$= 282,71 \text{ Mpa}$$

#### 4.3.9 Modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 2391,4 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.20 Hasil simulasi modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 3,5 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

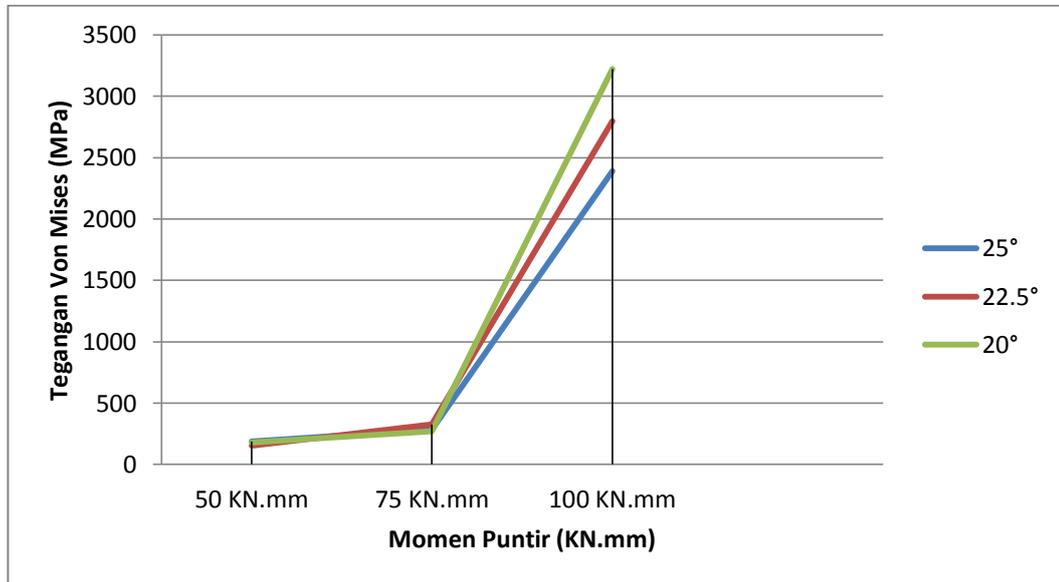
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{47,775_b - 39,8125_k}{2} \right]^2 \cdot 12,28^2 \\ &= 2391,4 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.3.10 Grafik case 2 modul 3,5

Hasil grafik dari case 2 modul 3.5 didapat dari hasil simulasi melalui ansys dengan sudut tekan bervariasi dan momen yang bervariasi.

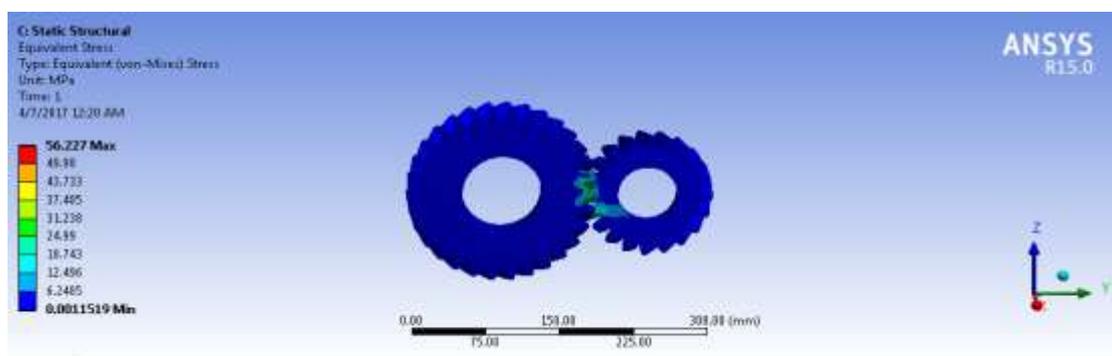


Gambar 4.21 Grafik case 2 modul 3.5

#### 4.4 Case 3

##### 4.4.1 Modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 56,227 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.21 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_b k^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

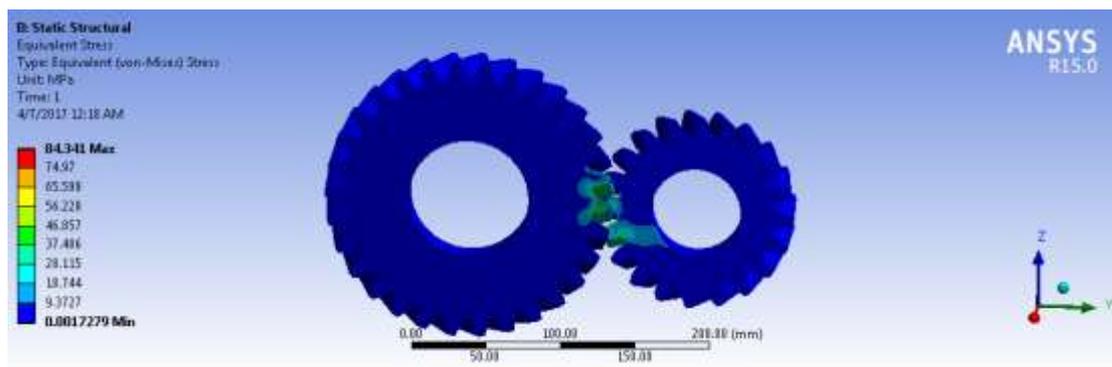
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_b$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{84,6_b - 56,4_k}{2} \right]^2 \cdot 0,532^2 \\ &= 56,227 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 84,341 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.22 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_b k^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

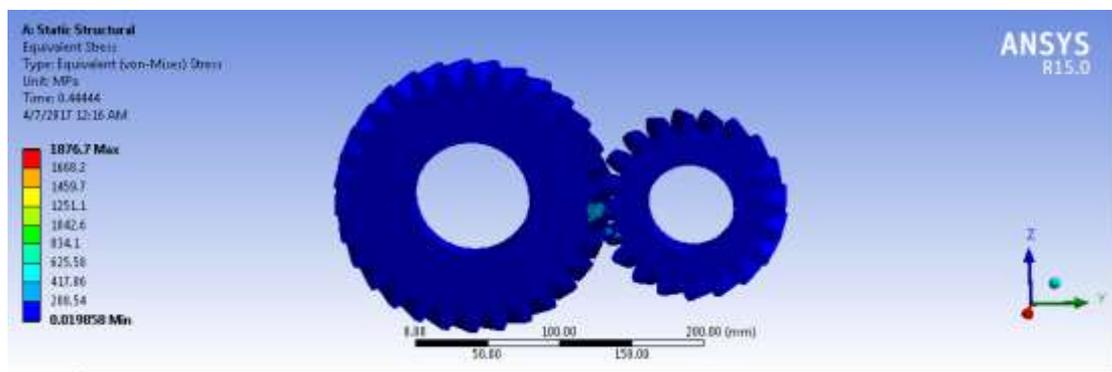
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{84,6_b - 56,4_k}{2} \right]^2 \cdot 0,651^2 \\ &= 84,341 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.4.3 Modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 1876,7 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.23 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 20° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_b k^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

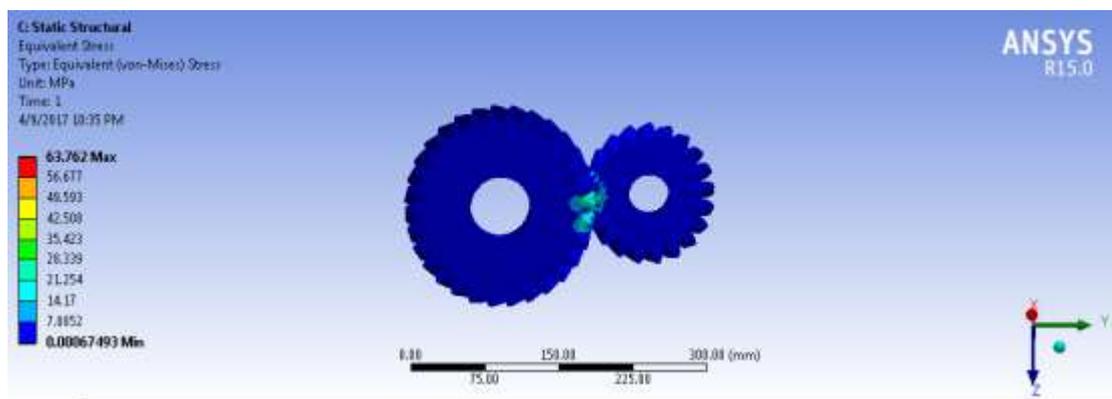
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned}\sigma_{maks} &= \left[ \frac{84,6_b - 56,4_k}{2} \right]^2 \cdot 3,072^2 \\ &= 1876,7 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

#### 4.4.4 Modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 63,762 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.24 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

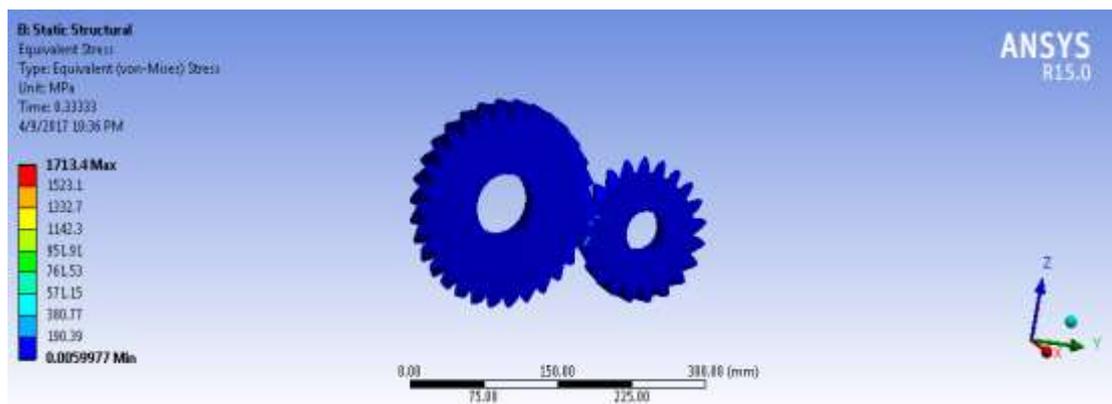
$\sigma_b$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{82,8_b - 55,2_k}{2} \right]^2 \cdot 0,579^2$$
$$= 63,762 \text{ Mpa}$$

#### 4.4.5 Modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 1713,4 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.25 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

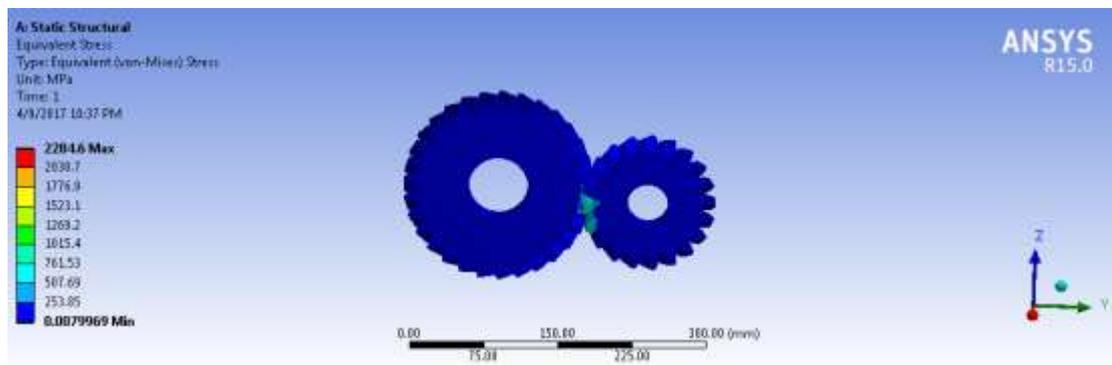
$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{82,8_b - 55,2_k}{2} \right]^2 \cdot 2,999^2$$

$$= 1713,4 \text{ Mpa}$$

#### 4.4.6 Modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 2284,6 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.26 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 22.5° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 22,5° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

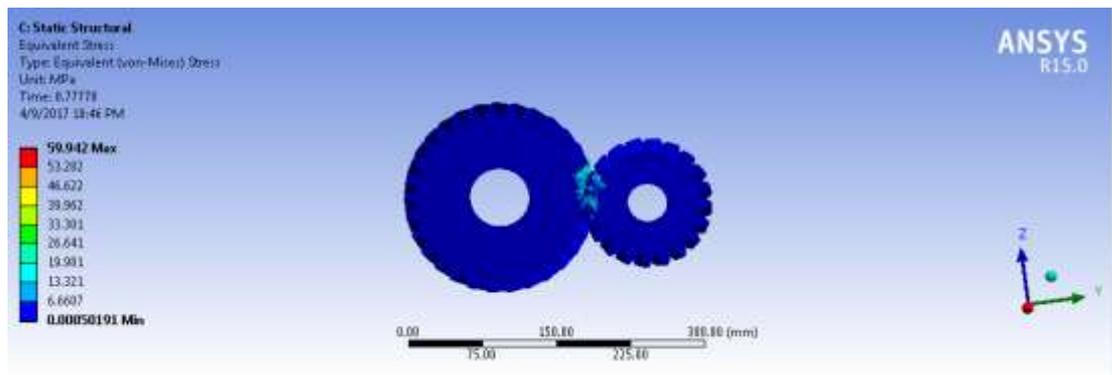
$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{82,8_b - 55,2_k}{2} \right]^2 \cdot 3,4635^2$$

$$= 2284,6 \text{ Mpa}$$

#### 4.4.7 Modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 59,942 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.27 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 50 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

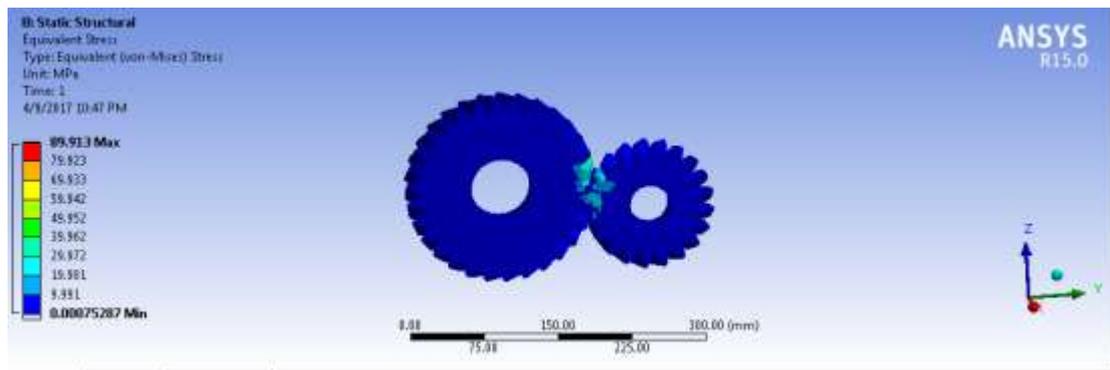
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{81,9_b - 54,6_k}{2} \right]^2 \cdot 0,567^2 \\ &= 59,942 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.4.8 Modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 89,913 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.28 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 75 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

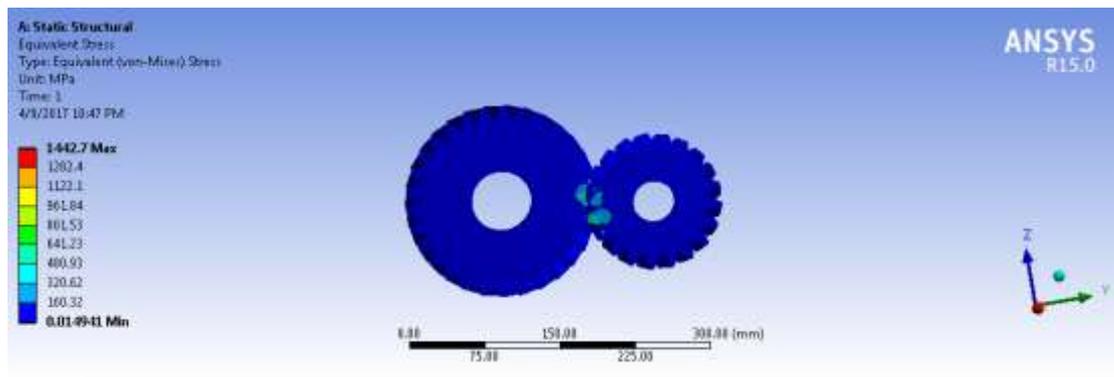
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{81,9_b - 54,6_k}{2} \right]^2 \cdot 0,692^2 \\ &= 89,913 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.4.9 Modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm

Dalam mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm, maka tegangan maksimumnya 1442,7 MPa dan hasil simulasi melalui ansys adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.29 Hasil simulasi modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm

Rumus mencari tegangan maksimum modul 6 sudut tekan 25° dengan momen 100 KN.mm adalah :

$$\sigma_{maks} = \left[ \frac{\sigma_b - \sigma_k}{2} \right]^2 \cdot \tau_{bk}^2$$

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum

$\sigma_b$  = Radius base roda gigi besar

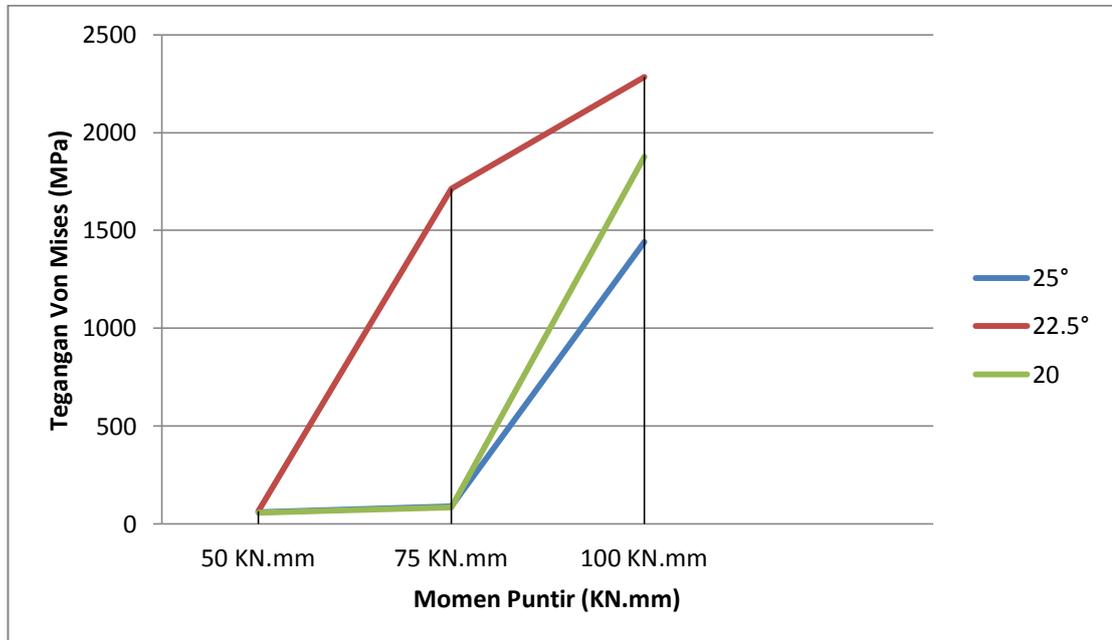
$\sigma_k$  = Radius base roda gigi kecil

$\tau_{bk}$  = Tegangan geser kedua roda gigi

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= \left[ \frac{81,9_b - 54,6_k}{2} \right]^2 \cdot 2,783^2 \\ &= 1442,7 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

#### 4.4.10 Grafik case 3 modul 6

Hasil grafik dari case 3 modul 6 didapat dari hasil simulasi melalui ansys dengan sudut tekan bervariasi dan momen yang bervariasi.



Gambar 4.30 Grafik case 3 modul 6

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian roda gigi miring dengan sudut tekan bervariasi ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dilihat dari hasil analisa terhadap tegangan von mises pada roda gigi miring dengan sudut tekan yang bervariasi maka hasil yang ditunjukkan berbeda – beda dan beban yang bervariasi .
2. Hasil dari tegangan von mises pada sudut tekan yang memiliki tegangan yang lebih besar terhadap beban paling besar relative lebih sulit dalam menganalisanya.
3. Dalam penelitian analisa numerik roda gigi miring dengan sudut tekan yang bervariasi ini memiliki 3 case dalam simulasi melalui software ansys.

#### **5.2 Saran**

1. Penulis menyarankan untuk mempelajari dalam menggunakan software catia dalam menggambar roda gigi miring dan menganalisa software ansys dalam simulasinya.
2. Untuk simulasi roda gigi miring agar dihitung terlebih dahulu sudut tekannya dan modul yang akan dikerjakan .
3. Perlu dikaji ulang dalam meshing roda gigi miring didalam software ansys

## DAFTAR PUSTAKA

- M, J, T, Lewis, (1993). ***Gearing in the Ancient World***, Jurnal Endeavour 17 : 110
- Ir.Sularso, , E, (1993), ***Elemen Mesin***, Edisi ke Tiga, Jilid Pertama,  
Erlangga, Jakarta
- Canfiel, S, (1997), Dynamics of Machinery, Tennessee Tech University,  
Deptment of Mechanical Engineering.
- Munadi, Sudji ,( 1980), ***Dasar – dasar metrology industry***, Jakarta, Proyek  
Pengembangan Lembaga Tenaga Pendidikan.
- Newby, J, R, Dkk, (1987), ***Metal Hand Book Ninth Edition Volume 8 Mechanical Testing***, American Society For Metals, Metal Parks, OHIO, 44073.
- Malau, V, 2003, Diklat kuliah , ***Teknologi Pengelasan logam***, Yogyakarta
- Mudjujana, (2006) ***Failure Analisis III Engineering Alication***, Yogyakarta. PT.  
Momentun Raya, ***Pedoman Untuk Las Listrik***, Jakarta.
- Resnik H, Haliday D, (1982) ***Fisika***, Edisi Ketiga, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Smith. D, 1948 ***Welding Skills and teknologi***, MC Graw Hill, New York
- Sonawan H, Suratman R, (2004), ***Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam***, Cetakan Pertama, CV Alvabeta, Bandung.
- Van Vlack, L, H, (1994). ***Ilmu Dan Teknologi Bahan***, Edisi Ke Lima, Erlangga  
Jakarta.
- Wiriosumanto H, Okumura T, (2000), ***Teknologi Pengelasan Logam***, Cetakan  
Kedelapan, PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Wiyono A D, (1998), ***Welding Standart And Material Course July 20-24***, Iridia,  
Training Ang Technical Services.



## **RIWAYAT HIDUP**

Nama : ASRIANDI PRATAMA

Tempat ,TanggalLahir : Medan, 31 Januari 1995

Alamat : Jln Kapten Muslim Asmil Yonzipur 1 Medan

### RiwayatPendidikan

1. SD AL Washliyah Medan (2000 - 2006)
2. SMP Negri 16 Medan (2006 - 2009)
3. SMK Negeri 5 Medan (2009 - 2012)

### PengalamanKerja

1. Mekanik Sepeda Motor di Suzuki Medan (2012-2013)
2. Pegawai Kontrak di PT Pegadaian Medan Petisah (2014-2017)

