

**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**  
**ANALISIS NUMERIK PADA STRUKTUR PEGAS**  
**DAUN UNTUK KENDARAAN BERAT DENGAN**  
**VARIASI GEOMETRI**

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

**Disusun oleh :**

**NAMA : JOKO SISWANTO**

**NPM : 1307230239**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN - I**  
**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**  
**ANALISIS NUMERIK PADA STRUKTUR PEGAS**  
**DAUN UNTUK KENDARAAN BERAT DENGAN**  
**VARIASI GEOMETRI**

Disusun Oleh :

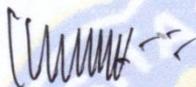
**JOKO SISWANTO**

1307230239

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II



(Rahmatullah, S.T, M.Sc)



(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**  
**2017**

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

**LEMBAR PENGESAHAN - II**  
**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**  
**ANALISIS NUMERIK PADA STRUKTUR PEGAS**  
**DAUN UNTUK KENDARAAN BERAT DENGAN**  
**VARIASI GEOMETRI**

Disusun Oleh :

**JOKO SISWANTO**  
1307230239

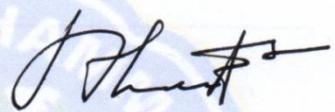
Telah diperiksa dan diperbaiki  
Pada seminar tanggal 11 Desember 2017

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

Pembanding – II

  
(Ir. H. Surya Murni Yunus, M.T)

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

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

  
(Affandi, ST)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2017**



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>

menjawab surat ini agar disebutkan  
tanggalnya

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

Nama Mahasiswa : JOKO SISWANTO  
NPM : 1307230239  
Semester : IX ( Sembilan )  
SPESIFIKASI :

**ANALISIS NUMERIK PADA STRUKTUR PEGAS DAUN UNTUK KENDARAAN  
BERAT DENGAN VARIASI GEOMETRI**

Diberikan Tanggal : 16 Mei 2017  
Selesai Tanggal Asistensi : 11 November 2017  
Tempat Asistensi : Lab. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 30-01-2018

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing – I



( Affandi, S.T )

( Rahmatullah, S.T, M.Sc )



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>

DAFTAR HADIR ASISTENSI  
TUGAS SARJANA

NAMA : Joko Siswanto

PEMBIMBING – I : Rahmatullah, S.T, M.Sc

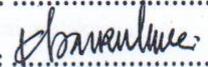
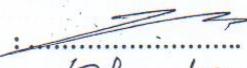
NPM : 1307230239

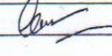
PEMBIMBING – II : Khairul Umurrani, S.T., M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	16/9/17	Pemberian spesifikasi tugas	umr
	23/9/17	Perbaikan penulisan	
	30/9/17	Perbaikan tugas dan pustaka	umr
	7/10/17	Perbaikan tugas dan penulisan Nomenkl.	umr
	21/10/17	Perbaikan Metode	umr
	11/11/17	Perbaikan Analisis lanjutan ke penulisan	umr
	13/11/17		
	15/11/17	Perbaikan kerangka	ke
	16/11/17	Perbaikan ke penulisan	ke
	16/11/17	See seminar	

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

Peserta Seminar  
 Nama : Joko Siswanto  
 NPM : 1307230239  
 Judul Tugas Akhir : Analisis Numerik Pada Struktur .P.T Gas Daun Untuk Kendaraan Berat Dengan Variasi Geometri.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	: .....
Pembimbing – II	: Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembanding – I	: Ir.H.Surya Murni Yunus.M.T	: 
Pembanding – II	: Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1207230256	Wismo Handoko	
2	1307230282	DENI EKA SAPUTRA	
3	1207230179	Sahia Aripriyanto	
4	1207230106	SATRIO	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 21 Rab.Awal 1439 H  
 11 Desember 2017 M

Ketua Prodi. T Mesin



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

---

NAMA : Joko Siswanto  
NPM : 1307230239  
Judul T.Akhir : Analisis Numerik Pada Struktur P.T.Gas Daun Untuk Kenda-  
Raan Berat Dengan Variasi Geometri.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Ir.H.Surya Mueni Yunus.M.T  
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain:

*Rahmat C. Siregar*  
.....  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

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

Medan 21 Rab.Awal 1439H  
11 Desember 2017 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T

Dosen Pembanding- I

  
Ir.H.Surya Murni Yunus.M.T

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

---

NAMA : Joko Siswanto  
NPM : 1307230239  
Judul T.Akhir : Analisis Numerik Pada Struktur P.T.Gas Daun Untuk Kenda-  
Raan Berat Dengan Variasi Geometri.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : Ir.H.Surya Mueni Yunus.M.T  
Dosen Pemanding - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain:
  1. Baca ulang kembali... perhatikan... titik koma, dan 5 pasi
  2. Pastikan daftar pustaka... dengan literatur... sesuai
  3. Tujuan & kesimpulan... harus... singkronis, penulisan... pada... tujuan & kesimpulan... di... perbaikan...
3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

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

Medan 21 Rab.Awal 1439H  
11 Desember 2017 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pemanding- II

Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Joko Siswanto  
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 24 November 1995  
NPM : 1307230239  
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 :

### ANALISIS NUMERIK PADA STRUKTUR PEGAS DAUN UNTUK KENDARAAN BERAT DENGAN VARIASI GEOMETRI.

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 orisinal 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, 27 Desember .....2017  
Saya yang menyatakan,



Joko Siswanto

## **ABSTRAK**

Pegas daun adalah sebuah pegas yang berbentuk lempengan yang disusun berlapis. Pegas daun umumnya digunakan pada kendaraan ringan hingga berat. Pegas daun terletak dibawah body chasis mobil yang berfungsi menopang beban kendaraan. Kekuatan pegas daun dipengaruhi oleh suatu material pegas daun tersebut, dalam hal ini merancang suatu pegas daun dengan variasi geometri dapat membedakan suatu nilai deformasinya dengan menggunakan software ansys. Persoalan perancangan dapat diselesaikan secara matematis dan numerik dengan menggunakan software ansys, dalam hal ini perancangan pegas daun dengan variasi geometri denganequivalen stress beban 43573 N, 22939 N, 42510 N. Pegasgeometri 1dihasilkan max 375,39Mpa, 722,95 Mpa,36,745 Mpa, 36,108 Mpa.Deformasi arah sumbu Z dengan beban 43573 N, 22939 N, 42510 N. Pegas daun geometri 1 dihasilkan max 0,056595mm, 0,45251 mm, 0,17215mm, 0,18053 mm. Total deformasi dengan beban 43573 N, 22939 N, 42510 N. Pegas daun geometri 1 dihasilkan max 2,99 mm, 6,5318mm, 0,17215mm, 0,18059 mm.simulasi melalui software ansys workbench.

**Kata kunci. Pegas daun,AnsysWorkbench, Analisis Elemen Hingga**

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi S-1 pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul yang penulis ambil pada tugas akhir ini adalah **“ANALISIS NUMERIK PADA STRUKTUR PEGAS DAUN UNTUK KENDARAAN BERAT DENGAN VARIASI GEOMETRI “**

Dalam menyelesaikan tugas sarjana ini penulis telah berusaha untuk mendapat hasil yang sebaik-baiknya. Namun tidak terlepas dari kekhilafan dan kekurangan, untuk itu penulis dengan segala kerendahan hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kesempurnaan tulisan dan kesempurnaan tugas sarjana ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda tercinta Suparno dan ibunda tercinta Surip, serta seluruh keluarga saya yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya tugas sarjana ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik UMSU yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc, Selaku Wakil Dekan I yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T, Selaku Wakil Dekan III yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Rahmatullah, S.T, M.Sc Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.

6. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T, Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Bapak Ir, H. Surya Murni Yunus, M.T, Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik
8. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T, M.T, Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik
9. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak Chandra A Siregar, S.T, M.T selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Keluarga besar LAB TEKNIK MESIN UMSU yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.
12. Bapak Abeng Sumarno Selaku pembimbing saya selama ditempat kerja saya yang telah mendidik saya untuk memeberikan ilmu pengetahuannya.
13. Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013 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, Desember 2017

Penulis

**JOKO SISWANTO**  
**1307230239**

## DAFTAR ISI

	<b>HAL</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b>	
<b>SPEKIFIKASI TUGAS AKHIR</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1 Pengertian Pegas	6
2.1.1 Penelitian yang Berkembang	7
2.2 Jenis-Jenis Pegas	19
2.2.1 Pegas Cincin Baja	19
2.2.2 Pegas Ulir	19
2.2.3 Pegas Batang Torsi	20
2.2.4 Pegas Udara	21
2.2.5 Pegas Daun	21
2.3 Kekakuan Pegas	22
2.4 Kekuatan Pegas	23
2.5 Material Pegas Daun	24
2.6 Konstruksi Multi Leaf Spring	25
2.7 Hukum Hooke	26
2.8 Tegangan Von Mises	27
2.9 FEM (Finite Element Method)	28
2.10 Teori Metode Numerik	30
2.10.1 Elemen 1-Dimensi	32
2.10.2 Elemen 3-Dimensi	35

<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>36</b>
3.1 Tempat Dan Waktu	36
3.2.1 Tempat	36
3.2.2 Waktu	36
3.2 Alat Penelitian	37
3.3.1 Work Station	37
3.3.2 Software CATIA	38
3.3.3 Software ANSYS	38
3.3 Diagram Alir	39
3.4 Digram Anys	40
3.4 Tahap Menggambar Spesimen Pegas Daun	41
3.4.1 Tahap Menggambar Lapisan Pegas Daun	41
3.4.2 Tahap Menggambar Pengikat Pegas Daun	41
3.4.3 Tahap Assembly Part	42
3.5 Tahapan Mengimport Pegas Daun KeAnsys Workbench	44
3.6.1 Tampilan Awal Ansys workbench 15	44
3.6.2 Menentukan Analisis Sistem	45
3.6.3 Engineering Data	45
3.6.4 Menentukan Geometri	46
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>48</b>
4.1 Hasil Gambar Case Pegas Daun	48
4.1.1 Hasil Gambar Case Pegas Daun Sesuai Geometri	48
4.1.2 Konsep Uji Tarik	49
4.2 Hasil Simulasi Ansys Workbench Static Structural	49
4.2.1 Hasil Geometri Static structural	49
4.2.2 Hasil Meshing Static Structural	50
4.2.3 Metode Pembebanan Uji Static Structural	50
4.3 Hasil Pembahasan Simulasi Equivalen Stress Static Structural	51
4.3.1 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 1	51
4.3.2 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 2	52
4.3.3 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 3	53
4.3.4 Grafik Dari Simulasi Equivalen Stress	54
4.3.5 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 1	55
4.3. m,6 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 2	56
4.3.7 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 3	57
4.3.8 Hasil Grafik Simulasi Deformation Sumbu Z	57
4.4 Hasil Pembahasan Simulasi Total Deformasi	59
4.4.1 Hasil Pembahasan Total Deformasi Geometri 1	60
4.4.2 Hasil Pembahasan Total Deformasi Geometri 2	60

4.4.3 Hasil Pembahasan Total Deformasi Geometri 3	61
4.4.4 Hasil Grafik Simulasi Total Deformasi	63
4.5 Hasil Simulasi Ansys Workbench Transient Structural	63
4.5.1 Metode Pembebanan Uji Transient Structural	63
4.5.2 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 1	64
4.5.3 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 2	65
4.5.4 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 3	65
4.5.5 Hasil Grafik Dari Simulasi Equivalen Stress	66
4.5.6 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 1	67
4.5.7 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 2	68
4.5.8 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 3	68
4.5.9 Hasil Grafik Simulasi Deformation Sumbu Z	69
4.5.10 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 1	70
4.5.11 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 2	71
4.5.12 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 3	71
4.5.13 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation	72
4.6 Hasil Simulasi Ansys Workbench Static Structural	73
4.6.1 Metode Pembebanan Uji Static Structural Model 2	73
4.6.2 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 1	74
4.6.3 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 2	75
4.6.4 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 3	75
4.6.5 Hasil Grafik Dari Simulasi Equivalen Stress	76
4.6.6 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 1	77
4.6.7 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 2	78
4.6.8 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 3	79
4.6.9 Hasil Grafik Simulasi Deformation Sumbu Z	79
4.6.10 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 1	80
4.6.11 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 2	82
4.6.12 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 3	83
4.6.13 Hasil Grafik Dari Simulasi Total Deformation	84
4.7 Hasil Simulasi Ansys Workbench Transient Structural model 2	85
4.7.1 Metode Pembebanan Transient Structural Model 2	85
4.7.2 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 1	86
4.7.3 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 2	87
4.7.4 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 3	87
4.7.5 Hasil Grafik Dari Simulasi Equivalen Stress	88
4.7.6 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 1	90
4.7.7 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 2	91
4.7.8 Hasil Pembahasan Deformation Sumbu Z Geometri 3	91
4.7.9 Hasil Grafik Simulasi Deformation Sumbu Z	92
4.7.10 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 1	93
4.7.11 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 2	94

4.7.12 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 3	94
4.7.13 Hasil Grafik Dari total Deformation	95
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>97</b>
5.1 Kesimpulan	97
5.2 Saran	99
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

	<b>Hal</b>
Tabel 3.1 Studi Literatur	36
Tabel 3.2 Dimensi Pegas Daun Variasi Geometri	43
Tabel 3.3 Spesifikasi Mobil Kendaraan Berat	44

## DAFTAR GAMBAR

	<b>HAL</b>
Gambar 2.1 Multi Leaf Spring	17
Gambar 2.2 Mono Leaf Spring	18
Gambar 2.3 Composite Leaf Spring	18
Gambar 2.4 Pegas Cincin Baja	19
Gambar 2.5 Pegas Ulir	20
Gambar 2.6 Pegas Batang Torsi	20
Gambar 2.7 Pegas Udara	21
Gambar 2.8 Pegas Daun	22
Gambar 2.9 Konstruksi Pegas Daun	26
Gambar 2.10 Diagram Hooke	26
Gambar 2.11 Tegangan tarik	28
Gambar 2.12 Gaya Internal Pada Elemen	32
Gambar 2.13 Elemen 3-Dimensi	35
Gambar 3.1 Diagram Alir	39
Gambar 3.2 Diagram Ansys	40
Gambar 3.3 Tampilan Awal Ansys	44
Gambar 3.4 Jendela Kerja Ansys	45
Gambar 3.5 Material Pegas Daun Ansys	45
Gambar 3.6 Propertis Material	46
Gambar 3.7 Memilih Geometry	46
Gambar 3.8 Geometri Selesai Diimport	47
Gambar 4.1 Hasil Gambar Pegas Daun Geometri 1	48
Gambar 4.2 Hasil Gambar Pegas Daun Geometri 2	48
Gambar 4.3 Hasil Gambar Pegas Daun Geometri 3	48
Gambar 4.4 Konsep Uji Bending	49
Gambar 4.5 Hasil Geometry Ansys Static Structural	49
Gambar 4.6 Hasil Meshing Ansys Static Structural	50
Gambar 4.7 Metode Pembebanan Uji Static Structural Geometri 1	50
Gambar 4.8 Metode Pembebanan Uji Static Structural Geometri 3	51
Gambar 4.9 Metode Pembebanan Uji Static Structural Geometri 3	51
Gambar 4.10 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 1	51
Gambar 4.11 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 2	52
Gambar 4.12 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 3	53
Gambar 4.13 Hasil Grafik dari Simulasi Equivalent Stress	53
Gambar 4.14 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 1	55
Gambar 4.15 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 2	56
Gambar 4.16 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 3	57
Gambar 4.17 Hasil Grafik Dari Simulasi Deformation Arah Sumbu Z	57
Gambar 4.18 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 1	59
Gambar 4.19 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 2	60
Gambar 4.20 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 3	60
Gambar 4.21 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation	61
Gambar 4.22 Metode Pembebanan Uji Transient Structural Geometri 1	63

Gambar 4.23 Metode Pembebanan Uji Transient Structural Geometri 2	63
Gambar 4.24 Metode Pembebanan Uji Transient Structural Geometri 3	63
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 1	64
Gambar 4.26 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 2	64
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 3	65
Gambar 4.28 Hasil Grafik dari Simulasi Equivalent Stress	66
Gambar 2.29 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 1	67
Gambar 2.30 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 2	68
Gambar 2.31 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 3	68
Gambar 2.32 Hasil Grafik Dari Simulasi Deformation Arah Sumbu Z	69
Gambar 4.33 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 1	70
Gambar 4.34 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 2	71
Gambar 4.35 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 3	72
Gambar 4.36 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation	72
Gambar 4.37 Metode Pembebanan Uji Static Structural Model 2 Geometri 1	74
Gambar 4.38 Metode Pembebanan Uji Static Structural Model 2 Geometri 2	74
Gambar 4.39 Metode Pembebanan Uji Static Structural Model 2 Geometri 3	74
Gambar 4.40 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 1	75
Gambar 4.41 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 2	76
Gambar 4.42 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 3	76
Gambar 4.43 Hasil Grafik dari Simulasi Equivalent Stress	77
Gambar 4.44 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 1	78
Gambar 4.45 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 2	79
Gambar 4.46 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 2	80
Gambar 4.47 Hasil Grafik Dari Simulasi Deformation Arah Sumbu Z	80
Gambar 4.48 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 1	82
Gambar 4.49 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 2	83
Gambar 4.50 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 3	83
Gambar 4.51 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation	84
Gambar 4.52 Metode Pembebanan Uji Transient Structural Model 2 Geometri 1	85
Gambar 4.53 Metode Pembebanan Uji Transient Structural Model 2 Geometri 2	86
Gambar 4.54 Metode Pembebanan Uji Transient Structural Model 2 Geometri 3	86
Gambar 4.55 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 1	86
Gambar 4.56 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 2	87
Gambar 4.57 Hasil Simulasi Equivalent Stress Geometri 3	88
Gambar 4.58 Hasil Grafik dari Simulasi Equivalent Stress	88
Gambar 4.59 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 1	90
Gambar 4.60 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 2	91
Gambar 4.61 Hasil Simulasi Deformation Arah Sumbu Z Geometri 3	91
Gambar 4.62 Hasil Grafik Dari Simulasi Deformation Arah Sumbu Z	92
Gambar 4.63 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 1	93
Gambar 4.64 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 2	94

Gambar 4.65 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 3	94
Gambar 4.66 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation	95

## DAFTAR NOTASI

A = Luas Penampang	(m <sup>2</sup> )
E = Modulus Elastisitas	(N/mm <sup>2</sup> )
$\varepsilon$ = Regangan	(N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma$ = Tegangan Normal	(N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma_t$ = Tegangan Tarik	(N/mm <sup>2</sup> )
F = Gaya	(N)
$\tau$ = Tegangan geser	(N/mm <sup>2</sup> )
$\Delta L$ = Pertambahan Panjang	(mm <sup>2</sup> )
K = Konstanta Pegas	
L = Panjang Pegas	(mm <sup>2</sup> )
Sf = Faktor Kekakuan	
Lf = Panjang Akhir Benda	(mm <sup>2</sup> )
L <sub>0</sub> = Panjang Awal Benda	(mm <sup>2</sup> )
Lz = Panjang Batang Mula-Mula	(mm <sup>2</sup> )
$\delta z$ = Pertambahan panjang pada tarikan	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_0$ = Tegangan Arah Sumbu 0	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_x$ = Tegangan Arah Sumbu X	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_z$ = Tegangan Arah Sumbu Z	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_{xy}$ = Tegangan Arah Sumbu XY	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_{xz}$ = Tegangan Arah Sumbu XZ	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_{yz}$ = Tegangan Arah Sumbu YZ	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_e$ = Tegangan Maksimal	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_1$ = Tegangan Utama 1	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_2$ = Tegangan Utama 2	(mm <sup>2</sup> )
$\sigma_3$ = Tegangan Utama 3	(mm <sup>2</sup> )



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berkembangnya ilmu dan teknologi serta semakin majunya kehidupan manusia mengakibatkan meningkatnya kebutuhan manusia akan transportasi. Hal ini juga menuntut meningkatnya kualitas dan kuantitas dari alat transportasi dalam hal ini adalah kendaraan. Kendaraan yang mampu menerima beban yang berat haruslah memilih rangka pegas yang dipakai yaitu adalah leaf spring atau pegas daun. Dipilihnya pegas daun dikarenakan pegas daun lebih kuat menerima beban besar dari pada jenis pegas lain tanpa mengabaikan kondisi-kondisi seperti luasan tumpuan dari pegas. Pegas yang digunakan sebagai suspensi kendaraan darat baik untuk mobil maupun kendaraan roda empat lainnya berfungsi untuk menstabilkan getaran karoseri yang ditimbulkan oleh pukulan jalan pada roda. Selain itu juga menjamin roda tetap menapak pada jalan. Karena itu bila komponen pegas ini tidak diperhitungkan dengan baik akan menimbulkan efek negatif terhadap kenyamanan penumpangnya. Disisi lain dengan kondisi pemasangan konstruksi pegas yang demikian diperlukan waktu untuk memasang ulang bila mana pegas atau salah satu lempeng pegas ini mengalami kepatahan atau rusak. Hal ini tentunya akan menyebabkan kerugian bagi pengguna kendaraan. Karena itu dengan melakukan estimasi dini terhadap kekuatan pegas sebelum digunakan pada kondisi pembebanan aslinya atau sesungguhnya akan bisa menghemat banyak hal seperti penghematan biaya produksi, penghematan biaya desain dan lain lain.

( sudarsono : 2012 )

Pada suspensi roda depan maupun belakang menggunakan pegas daun sebagai komponen pendukung sistem suspensi. Pegas daun yang dipasang di bawah *axle* roda belakang berfungsi menopang berat kendaraan secara keseluruhan baik berat bodi, mesin, penumpang, rangka, asesoris maupun beban-beban lain yang ditopang di atasnya, menyerap kejutan dari jalan dan getaran roda-roda agar tidak diteruskan ke bodi kendaraan secara langsung serta menambah kemampuan cengkeram ban terhadap permukaan jalan, namun pegas mempunyai kekuatan tertentu yang terbatas untuk menahan beban kerja yang dialaminya sehingga diperlukan analisis ilmiah dalam perencanaan pegas daun yang akan digunakan agar konstruksi pegas daun benar-benar kuat, mempunyai nilai keamanan yang baik dan tidak mengalami gagal fungsi saat digunakan. Pada kenyataannya kekuatan pegas daun yang digunakan belum diketahui secara pasti melalui penelitian ilmiah.

Penelitian ini sangat membantu dalam menganalisa pegas daun pada kendaraan darat yg di uji didalam *software ansys*. Oleh karena itu saya mengambil judul tugas akhir “ **Analisis numerik pegas daun untuk kendaraan berat dengan variasi geometri** “yang nantinya akan diuji melalui *software Ansys*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah ini adalah bagaimana menganalisa numerik pada pegas daun dengan kendaraan berat (mobil truk) dengan variasi geometri. Dengan menggunakan *software ANSYS* dapat merancang, mendesain, dan juga mensimulasikan nilai-nilai numerik pada pegas daun dengan variasi geometri.

## **1.3 Batasan Masalah**

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

1. Untuk mengetahui kekuatan maksimum dengan variasi geometri
2. Untuk menganalisa numerik tegangan von mises dan regangan yang terjadi pada pegas daun dikendaraan berat (mobil truk) dengan variasi geometri.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan Umum**

Untuk mengetahui analisa numerik pada pegas daun pada kendaraan berat dengan variasi geometri

### **1.4.2 Tujuan khusus**

- a. Untuk merancang 3 pegas daun yang dianalisa
- b. Untuk memodelkan 3 pegas daun dengan variasi geometri

- c. Untuk menganalisa 3 pegas daun dengan variasi geometri menggunakan *software finite element ( ANSYS )*

## **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui nilai-nilai evaluasi pegas daun, sehingga mendapat dapat yang ideal
2. Sebagai penambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca tentang simulasi pegas daun dengan variasi geometri dengan menggunakan *software ANSYS*
3. Sebagai bahan kajian dan perbandingan simulasi pegas daun pada kendaraan berat (mobil Truk)

## **1.6 Sistematika penelitian**

BAB1:Pada BAB ini yang akan dibahas adalah Latar belakang,Tujuan,Batasan Masalah,Perumusan Masalah,Manfaat,Dan Sistematika penulisan.

BAB2:Pada BAB ini yang akan dibahas adalah mengenai tinjauan pustaka tentang sejarah pegas,jenis-jenis pegas,kekuatan pegas,kekakuan pegas, software catia, software ansys dan desain model-model pegas daun.

BAB3:Pada BAB ini yang akan dibahas adalah metodologi penelitian,tempat dan waktu penelitian,mendesain pegas daun pada kendaraan berat secara geometri dengan menggunakan *software ANSYS*.

BAB4:Pada BAB ini yang akan dibahas adalah hasil dan pembahasan analisa numerik pada pegas daun dikendaraan berat dengan gaya geometri.

BAB5:Pada BAB ini yang akan dibahas adalah kesimpulan dan saran.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Pegas

Pegas merupakan komponen yang didesain memiliki kekakuan yang relatif rendah dibanding dengan *rigid* normal, sehingga memungkinkan untuk menerima gaya yang dibebankan padanya sesuai dengan tingkatan tertentu. Pegas tidak seperti komponen struktur lain dalam hal kekuatan waktu terbebani serta kemampuan menyimpan energi mekanis setiap saat. Dalam suspensi kendaraan, saat roda bertemu dengan halangan pegas membuat roda mampu melewati halangan dengan adanya pergerakan naik turun pada roda dan kemudian menyebabkan roda kembali keposisi semula. Pegas daun yang digunakan sebagai suspensi kendaraan darat baik untuk kendaraan roda empat maupun mobil adalah salah satu komponen utama untuk meredam adanya getaran yang ditimbulkan oleh eksitasi-eksitasi gaya luar saat kendaraan bergerak. (Taufik Hidayat : 2000)

Bentuk *beam* adalah dasar dari banyak pegas daun. *Beam* sendiri adalah rangkaian baja panjang berbentuk persegi yang kedua ujungnya dikaitkan. Defleksi dari beban pada ujung *cantilever* dapat diperhitungkan, tergantung dari geometris dari *cantilever* dan modulus elastisitas, seperti yang di prediksi oleh teori dasar *beam*. Jadi pegas daun adalah pegas yang berbentuk plat dasar (*flat plats*) dengan lebar tertentu dan dikenai beban lateral yang menjadikan plat mengalami *bending*. Konsep dasar pegas daun adalah batang *cantilever* yang

diberi beban lateral pada ujungnya dan ujung yang lain dijepit sehingga batang *cantilever* terdefleksi dan mempunyai *radius curvature*.

Pengertian dari *radius curvature* dapat dijelaskan sebagai berikut. Saat kita mengendarai mobil di jalan yang melengkung, dan kemudi kita kunci dalam posisi membelok, sehingga mobil selanjutnya mengikuti lingkaran sempurna. Mobil akan, tentu saja menyimpang dari jalan, kecuali jalan juga merupakan lingkaran sempurna. Jari-jari lingkaran yang dibuat oleh mobil itulah yang disebut *radius curvature* dari jalan melengkung pada titik dimana rodakemudi terkunci. Semakin tajam lengkungan dari jalan pada titik kita mengunci kemudi, semakin kecil *radius curvature*.

Batang *cantilever* yang terdefleksi ini kemudian dijadikan bentuk awal tanpa beban dari pegas daun sehingga *radius curvature* dari pegas daun sama dengan *radius curvature* dari batang *cantilever* yang terdefleksi dan bila pegas daun diberi beban yang sama dan arah yang berlawanan dengan batang *cantilever* maka pegas daun akan terdefleksi yang berbentuk horizontal seperti batang *cantilever* tanpa beban.

### **2.1.1 Penelitian Yang Berkembang**

Menurut Basaran Ozmen, pegas daun merupakan salah satu komponen sistem suspensi terpenting di truk, mengalami pemuatan amplitudo variabel multigenitas di dalam kendaraan. Tidak hanya pemuatan vertikal tapi juga gaya pada arah longitudinal dan lateral yang bekerja pada pegas daun saat berkendara. Selain itu, saat-saat mempengaruhi pada pegas daun Saat start, pengereman dan torsi. Semua beban ini dapat diperhitungkan jika daya tahan pegas daun diuji di

dalam kendaraan. Namun, membangun sebuah kendaraan uji hanya untuk memeriksa daya tahan pegas daun akan sangat mahal dan durasi tesnya akan sangat lama. Oleh karena itu, bangku uji baru untuk daya tahan pegas daun dibangun yang dapat mensimulasikan beban multiaxial ini dan memasok kondisi pembebanan fatik yang sama pada waktu percepatan. Sinyal uji dihasilkan dengan memproses dan mempercepat kolektor beban terukur dan sinyal uji ini berisi amplitudo pemuatan variabel yang memberikan umur kelelahan yang sama. Selanjutnya, rig tes virtual, yang terdiri dari Metode Elemen Hingga (FEM), Multi Body Simulation (MBS) dan perhitungan kerusakan, dihasilkan untuk membimbing para perancang dalam fase pengembangan produk sebelum pengujian. (Basaran Ozmen, 2015)

Menurut Arnaud CLAVEL, Pegas daun adalah sungsang yang digunakan dalam sistem suspensi truk. Sikap perilaku dinamis kendaraan semacam itu memerlukan pemodelan fenomena fisik yang realistis yang terlibat dalam suspensi, khususnya gesekan kering antar daun. Dalam tulisan ini, kita mengelompokkan model CI friction yang didasarkan pada bentuk tertentu dari model histeresis diferensial yang diajukan oleh salah satu penulis makalah ini pada karya sebelumnya. Sebagai model histeresis, sangat nonlinier. Kami lebih memilih dalam bentuk diferensial, seperti itu analisis perilaku dan linearizabl melalui koordinasi perubahan khusus. Model linier sangat berguna untuk identifikasi sistem melalui estimasi efisien dari model Parameter. (Arnaud CLAVEL, 2012)

Menurut JJ Fuentes, Pegas multi daun yang digunakan sebagai komponen suspensi di beberapa bus Venezuela ternyata gagal setelah waktu servis singkat. Fraktur musim semi tidak menyebabkan kerusakan pada komponen struktural lain dari bus atau kecelakaan dalam bentuk apapun. Namun, hampir 60 unit pegas harus ditarik dari pasar. Mata air yang diteliti adalah dari jenis semi-elips dan terdiri dari enam daun baja yang empat menjabat sebagai daun utama dan dua daun sekunder. Komponen suspensi ini dihubungkan pada kedua ujungnya dengan sasis bus dan terletak pada as roda. Beberapa pegas meninggalkan retakan dalam waktu enam bulan pelayanan. Dalam pekerjaan ini, asal mula kegagalan prematur di mata air diselidiki. Untuk tujuan ini, kegagalan umum metode diagnosis. Melibatkan pemeriksaan sejarah manufaktur dan kegagalan, pemeriksaan makroskopik, analisis kimia, analisis metalografi, pengukuran kekerasan, pengujian beban statis dan uji kelelahan. Berbagai kemungkinan tindakan perbaikan yang potensial dilakukan. Model pegas yang dipelajari dipasang di bus dengan 50 tempat duduk dan dikenai beban berfluktuasi dan kondisi lingkungan khas bus perkotaan. Kondisi layanan demikian biasa untuk jenis komponen suspensi mekanis ini. Proses pembuatan musim semi, yang dilakukan seluruhnya di Venezuela, dimulai dari selebar 1.068 mm tebal 15,88 mm baja SAE 5160 H yang diperoleh dengan rolling panas. Intinya, ini melibatkan pemotongan, pembentukan dan penembakan daun, pengerasan dengan pendinginan dan tempering, finishing permukaan dengan tembakan peening, dan perakitan daun individu dengan memasukkan baut melalui lubang tengahnya dan mengikatnya, di ujungnya, dengan dua klem. ( JJ Fuentes, 2009 )

Menurut YS Kong, Sebagian besar kendaraan berat memanfaatkan pegas daun sebagai sistem suspensi utama karena biaya rendah, perawatan yang mudah, dan kemampuan membawa muatan tinggi. Sebagai komponen pegas, pegas daun menyerap dan kemudian secara bertahap melepaskan muatan. Oleh karena itu, kekuatan bahan pegas daun harus dipertimbangkan selama tahap perancangan komponen kendaraan. Secara umum, pegas daun dirancang dengan sepasang mata pendukung untuk menghubungkan pegas ke sasis, sementara bagian tengah pegas terhubung ke poros padat. Berbagai pegas daun mata desain telah diperkenalkan untuk spesifik aplikasi kendaraan. Dua jenis mata air yang umum-ly digunakan: mata Berlin dan mata terbalik . Dibandingkan dengan mata terbalik umum, mata Berlin memiliki ketahanan yang lebih kuat untuk membuka karena beban longitudinal diterapkan secara terpusat ke daun utama. Sebaliknya, keuntungan dari mata terbalik adalah daun kedua bisa diperluas untuk memberi dukungan pada mata. Mata Berlin digunakan ketika beban torsi tinggi diterapkan karena memuat profiles dari pegas daun yang diberikan menuju pusat mata. ( YS Kong, 2016 )

Menurut Krishan Kumar, Ada permintaan dari industri untuk pengembangan konsep dan pendekatan baru untuk memenuhi tantangan baru di bidang teknik manufaktur. Mata air daun ditembak dikupas di satu sisi untuk memberi tekanan residu tekan. Tegangan residu tekan akan menahan beban tarik karena kondisi jalan dan pegas daun dapat mempertahankan tekanan yang lebih tinggi. Shot peening adalah proses kerja dingin dimana permukaan komponen dibombardir dengan media bola kecil yang disebut tembakan. Setiap potongan tembakan pada permukaan yang mencolok Bahan elastis sekitarnya, saat

mencoba mengembalikan permukaan yang dihasilkan ke bentuk awalnya menciptakan medan stres tekan residual di dalam lapisan permukaan yang mengeras kerja dingin. Berbagai metode telah digunakan untuk meningkatkan kekuatan kelelahan, termasuk optimalisasi desain geometris, bahan yang lebih kuat dan pengolahan permukaan seperti shot peening. Diantaranya, shot peening telah lama digunakan sebagai metode biaya rendah dan sederhana untuk meningkatkan kekuatan kelelahan komponen. Untuk memperbaiki permukaan akhir, operasi peening tembakan ganda mungkin diperlukan di mana operasi peening tembakan berat diikuti oleh operasi pelepasan bola-bola mikro. Terkadang permukaannya juga mengalami pemolesan kimia atau elektrokimia setelah diincar untuk memperbaiki permukaan akhir. Sebagian besar peneliti memusatkan perhatian pada peningkatan kekuatan kelelahan pegas daun dengan menggunakan proses kencing-kencing untuk menginduksi tegangan residu tekan pada lapisan permukaan material, Membuat nukleasi dan perbanyakkan retakan kelelahan lebih sulit. Banyak peneliti mengerjakan model mekanika dan publikasi fraktur, yang mencoba peningkatan umur kelelahan dari model pendekatan stres. Torres dkk. menunjukkan relaksasi-relaksasi residual pada baja AISI 4340 dengan pemuatan fatigue. Dalam penelitian ini, prediksi peningkatan kekuatan lelah dengan peening shot dan pemilihan kondisi peening shot yang paling efektif untuk spesimen dibahas secara eksperimental. Sharma MC telah menunjukkan bahwa metode yang sangat efektif untuk mengendalikan kinerja kelelahan adalah dengan menggunakan residu dengan hati-hati. menekankan Fretting terjadi ketika dua daun-daun pegas bersentuhan satu sama lain. Hal ini menciptakan retakan sesaat akibat konsentrasi stres. Keletihan kelelahan pada

pegas daun dapat dihindari dengan memperbaiki karakteristik bantalan permukaan yang mengenalkan tegangan residu tekan, meningkatkan kekerasan material dan pengurangan amplitudo gerakan. Meskipun banyak pekerjaan telah dilakukan pada desain mata air daun dan peening shot namun optimasi menggunakan program Visual Basic yang cepat dan handal terbatas mengenai pemilihan berbagai parameter desain kelelahan mata air daun, penurunan berat komponen dan kenaikan kelelahan. Kehidupan di berbagai kondisi operasi aplikasi keseluruhan mereka di industri daun pegas terbatas. Pekerjaan saat ini adalah untuk optimasi dan prediksi yang lebih cepat dan dapat diandalkan dari berbagai parameter desain pegas daun di industri pegas daun melalui simulasi komputer. (Krishan Kumar, 2017 )

Menurut Yang Shenhua, Pegas daun lancip merupakan bagian elastis penting dalam sistem suspensi kendaraan. Precision roll-forging adalah teknologi yang diuntungkan untuk memproses pegas daun lancip. Tulisan ini berkaitan dengan penelitian eksperimental tentang presisi roll-penempaan dari lebar pegas daun lancip. Persamaan untuk mengevaluasi lebarekstensi dan slipmaju nilai-nilai yang mempengaruhi kualitas benda kerja dan kurva mengoreksi mereka telah ditentukan secara eksperimental, persamaan seperti yang telah terbukti praktis dan handal dalam penggunaan. Resuh yang memuaskan diperoleh saat persamaan diterapkan pada perancangan proses penggandengan dan mati untuk membentuk mata air daun lancip yang berbeda, tidak ada lampu kilat pada bagian-bagiannya, ketepatan dimensi tinggi dan kualitas permukaannya sangat bagus. Aplikasi industri telah menunjukkan bahwa teknik roll-forging presisi untuk pegas daun lancip dapat meningkatkan produktivitas, menurunkan biaya produksi dan

investasi peralatan, dan memenuhi persyaratan untuk kualitas dan sifat produk yang sangat ekonomis dan sesuai untuk produksi pegas daun lancip. Hal ini juga diketahui bahwa musim semi lancip daun dibandingkan dengan pegas ketebalan iso konvensional memiliki bobot yang ringan, umur lelah yang panjang dan stabilitas dan kenyamanan yang sangat baik untuk kendaraan yang berjalan sudah diaplikasikan di berbagai kendaraan. Namun, daun lancip itu harus memiliki akurasi dimensi tinggi, baik dalam ketebalan dan lebarnya, dengan sisi lateral yang halus dan bebas flash dan kualitas permukaan yang baik. Ada 3 metode yang umum digunakan untuk pengolahan daun pegas lancip, yaitu berguling dengan gulungan Hill, pembuatan profil dan metode penggulung. Diantaranya penggulung daun lancip merupakan keuntungan nyata dalam menghemat investasi peralatan, mengurangi konsumsi bahan, meningkatkan produktivitas dan memastikan kualitas produk. Proses ini menyebabkan biaya produksi lebih rendah dengan kualitas benda kerja yang sama dan menjadi metode yang ekonomis dan praktis produksi massal. Kualitas benda kerja dalam teknik roll-forging dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti ketepatan manufaktur dan kualitas permukaan mati, kondisi pelumas, cara makan, dll. Bagaimana pun, faktor terpenting yang mempengaruhi ketepatan ukuran. Dan kualitas permukaan daun lancip tergelincir ke depan dan ekstensi lebar. Dalam makalah ini, dua masalah dibahas dan hasil berdasarkan eksperimen digunakan dalam perancangan teknologi roll-forging ing presisi dan mati untuk pembentukan pegas daun lancip mobil FAW-1046, ZQ-6450 Dan NQ-1040. ( Yang Shenhua, 1995 )

Menurut MahmoodM, Musim semi baja empat daun yang digunakan pada sistem suspensi belakang kendaraan ringan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS V5.4. Hasil elemen hingga menunjukkan tegangan dan lendutan memverifikasi solusi analitis dan eksperimental yang ada. Dengan menggunakan hasil pegas daun baja, komposit yang dibuat dari fiberglass dengan resin epoxy dirancang dan dioptimalkan menggunakan ANSYS. Penghormatan utama diberikan pada optimalisasi geometri musim semi. Tujuannya adalah untuk mendapatkan pegas dengan berat minimum yang mampu membawa kekuatan eksternal statis yang diberikan tanpa kegagalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lebar pegas optimum menurun secara hiperbolik dan ketebalannya meningkat secara linear dari mata pegas ke arah kursi gandar. Dibandingkan dengan pegas baja, pegas komposit yang dioptimalkan memiliki tekanan yang jauh lebih rendah, frekuensi alami lebih tinggi dan berat pegas tanpa unit mata hampir 80% lebih rendah. Bahan komposit sekarang banyak digunakan di industri otomotif untuk menggantikan komponen logam. Beberapa makalah ditujukan untuk penerapan bahan komersil untuk mobil. Beberapa makalah ini ditinjau di sini, dengan penekanan pada makalah yang melibatkan mata air daun komposit. Breadmore mempelajari penerapan struktur komposit untuk mobil. Morisberkonsentrasi menggunakan komposit dalam sistem suspensi belakang. Daugherty mempelajari aplikasi pegas daun komposit di truk-truk besar. Yu dan Kimmerancang dan mengoptimalkan balok runcing ganda untuk pegas daun pegas otomotif. Corvi menyelidiki sebuah pendekatan pendahuluan terhadap tanda balok komposit dan menggunakannya untuk pegas daun komposit. Mata air adalah elemen suspensi penting pada mobil, diperlukan untuk meminimalkan getaran

vertikal, benturan dan benturan akibat penyimpangan jalan dan menciptakan perjalanan yang nyaman. Musim semi daun, terutama tipe longitu dinal, adalah elemen yang dapat diandalkan dan terus-menerus dalam sistem suspensi automotive. Mata air ini biasanya dibentuk dengan menumpuk daun baja, yang panjangnya semakin panjang di atas satu sama lain, sehingga pegasnya kental. (Mahmood M, 2003)

Menurut C. Subramanian, Pemanfaatan material komposit yang diperkuat serat pada industri motif otomatis semakin meningkat karena kekakuan dan kekuatan spesifiknya yang tinggi. Dalam konteks ini, pegas daun yang terbuat dari plastik yang diperkuat serat kaca memberikan efisiensi bahan bakar yang lebih baik serta kenyamanan yang menyegarkan. Penyelidikan ekstensif pada desain dan aspek mengembangkan-ment termoset pegas daun telah dilakukan di masa lalu. Beardmore meneliti pemanfaatan resin epoksi bertulang kaca untuk aplikasi pegas daun komposit. Serat kaca daun pegas poliester diperkuat digunakan untuk aplikasi gerobak kereta api dan respon transien dipelajari dengan menggunakan rig pengujian shaker oleh Hou et al. Morris melaporkan penurunan bobot kendaraan dan karakteristik naik dari pegas daun serat kaca bertulang epoxy. Al-Qureshi mengembangkan parabola kaca bergetar epox pegas daun dengan tangan lay-up vakum tas proses untuk truk ringan aplikasi dan dievaluasi kinerjanya. Lo et al. lebar konstan yang diperkuat, ketebalan serat kaca diperkuat daun pegas epoksi dengan cetakan kompresi dan digunakan untuk aplikasi tangki trailer. Kekuatan sendi antara pegas daun dan ujung mata harus memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada daun yang dirancang semisehingga pegas daun komposit bisa menjadi sistem suspensi yang layak. Secara umum penggabungan komposit

dengan komposit / logam dilakukan melalui pengikatan mekanis dengan baut karena biaya rendah, kesederhanaan dan kemudahan perbaikan. Statis dan dinamis perfor-Mance sendi komposit disematkan dilaporkan di masa lalu sehubungan dengan geometri bersama, lingkungan dan pengujian Condi-tions. Ketegangan, geser, bantalan, belahan dada dan mode kegagalan tarik-melalui yang paling sering diamati dan dilaporkan saat mengevaluasi kinerja statis dan dinamis dari sendi melesat. Perubahan mode kegagalan dari bearing ke shear-out divisualisasikan dengan penurunan jarak end untuk laminasi epoxy diperkuat serat gelas. Aktas dkk. perhatikan beban bantalan maksimum untuk pelat komposit epoksi serat kaca pada sambungan terjepit ganda, bila rasio jarak ujung ke pusat lubang lebih besar dari empat. Kekuatan bantalan serat diperkuat karbon plastik dapat ditingkatkan dengan meningkatkan tegangan tekan lateral yang sekitar lubang dimuat. Tekanan menjepit tinggi mencegah delamina-tion dan menemukan untuk meningkatkan kekuatan bersama di kaca bahan serat epoxy. Awal kekakuan sendi ditemukan tergantung pada lebar dengan rasio diameter dan menjepit torsi ditemukan memiliki efek kurang serat kaca pultruded diperkuat resin polyester. Sebuah keterlambatan dalam pemuatan meningkat dengan peningkatan lubang lubang baut disahkan oleh McCarthy dkk. Dan pengurangan kekakuan sendi kembali porting dengan peningkatan clearance. Kekuatan statis dan kelelahan. (C. Subramanian, 2009)

Menurut Taufik hidayat, Pegas daun adalah pegas yang berbentuk pelat datar dengan lebar tertentu dan dikenai beban lateral yang menjadikan pelat mengalami *bending* (Hidayat, 2012: 2).

Pegas daun sebagai komponen sistem suspensi berfungsi menyerap kejutan dari jalan dan getaran roda-roda agar tidak diteruskan ke bodi kendaraan secara langsung serta menambah kemampuan cengkeram ban terhadap permukaan jalan serta menopang berat kendaraan secara keseluruhan baik berat bodi, mesin, penumpang, rangka, asesoris maupun beban-beban lain yang ditopang di atasnya. Ada tiga jenis dasar pegas daun yaitu : *multi leaf springs*, *mono leaf spring*, dan *fiber composite leaf spring*.

#### 1) *Multi Leaf Springs*

*Multi Leaf Springs* terdiri dari daun-daun baja datar yang dijadikan satu dan diikat menggunakan klip atau menggunakan baut U yang ditempatkan di bagian tengah susunan. *Multi Leaf Springs* terdiri dari daun utama (*main leaf*), *extra fulllengthleave*, dan *graduated leaves*. Daun utama mempunyai sebuah *eye spring* pada tiap ujung daun. *Extra full-length* sebagai tambahan daun utama dengan panjang daun yang hampir sama dengan daun utama dan ditempatkan di antara daun utama dan *graduated leaves*. *Graduated leaves* dengan panjang yang lebih pendek dari daun utama dan *extra full-length leaves* di tempatkan di bawah *extra full-length leaves*.



Gambar 2.1 multi leaf spring

## 2. *Mono Leaf Springs*

*Mono Leaf Springs* atau pegas daun tunggal biasanya terdiri dari sebuah pelat baja yang mempunyai kelengkungan disepanjang daun. Pegas daun tipe ini biasa mempunyai kekauan yang rendah. Hal ini memberikan kemampuan pengendaraan yang lembut dan pengangkutan barang yang baik. Pegas daun tipe ini juga tidak memiliki karakteristik gangguan dan gesekan statis seperti pada pegas daun ganda (*multi leaf springs*).



Gambar 2.2 *Mono Leaf Spring*

## 3. *Fiber Composite Leaf Springs*

Pegas daun tipe *fiber composite* biasanya terbuat dari *fiberglass* yang dilapiskan dan diikat bersama menggunakan resin polyster yang kuat. Serat-serat panjang pada *fiberglass* dipenuhi dengan resin dan diikat bersama melalui balutan atau biasa disebut sebagai proses pelilitan kawat. Pegas tipe ini mempunyai berat yang lebih ringan dari pegas tipe baja namun mempunyai kekuatan yang hampir sama dengan pegas daun dari baja. Dibandingkan dengan pegas daun baja, pegas dari bahan komposit mempunyai tegangan yang lebih rendah, frekuensi natural yang lebih tinggi dan berat pegas mendekati 85% lebih ringan”.



Gambar 2.3 *Composite Leaf Spring*

## 2.2 Jenis-Jenis pegas

### 2.2.1 Pegas Cincin Baja

Pegas cincin terdiri dari dalam dan luar, yang saling bersinggungan pada permukaan kerucutnya, sehingga disini gaya aksialnya  $F$  menjadi gaya radial. Pemuian dari cincin luar (gaya tarik tangensial dalam penampang melintang cincin) dan dalam penekanan cincin dalam (tegangan tekan tangensial) terjadi, dengan cincinnya saling mendorong dibawah gesekan.



Gambar 2.4 Pegas Cincin Baja

### 2.2.2 Pegas Ulir

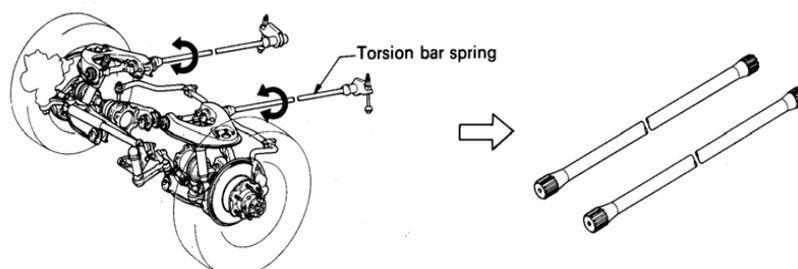
Pegas ulir adalah batangan baja yang digulung sehingga menyerupai ulir. Pegas ulir ini lebih sensitif dalam menerima kejutan terhadap permukaan jalan yang tidak rata, hal ini disebabkan karena konstruksi pegas ulir yang lebih panjang dari pada pegas daun. Selain itu, gesekan tak akan terjadi bila terjadi defleksi (peknakan terhadap pegas karena gaya atau beban). Hal ini membuat pegas ulir lebih nyaman untuk digunakan pada suspensi kendaraan. Namun konstruksinya yang tidak terlalu kuat, membuat pegas ini hanya cocok digunakan pada suspensi depan mobil dan untuk mobil yang memiliki daya angkut tidak terlalu berat.



Gambar 2.5 Pegas ulir

### 2.2.3 Pegas Batang Torsi

Pegas batang torsi banyak digunakan pada kendaraan dengan daya angkut yang ringan. Konstruksi pegas ini terdiri atas sebuah batangf baja yang pada kedua ujungnya terikat pada frame dan ujung satunya terikat pada lower arm (lengan suspensi ). Berbeda dengan pegas ulir, konstruksi dari pegas ini tidak digulung seperti ulir, namun konstruksinya terdiri atas sebuah batang baja yang utuh. Cara kerja pegas ini adalah menahan puntiran bila lowerarm bergerak naik turun. Akibat permukaan jalan yang tidak rata. Jadi pegas ini memiliki daya elastisitas terhadap puntiran dan bekerja dengan cara dipuntir. Konstruksi pegas ini sederhana,namun tidak kuat karena pegas ini hanya cocok digunakan untuk kendaraan daya angkut ringan.



Gambar 2.6 Pegas Batang Torsi

#### 2.2.4 Pegas Udara

Pegas ini menggunakan tenaga udara yang tersimpan dalam bellows. Bellows inilah yang menggantikan tempat dari pegas daun dan pegas coil. Dimana pemasangan bellows ini diletakkan pada tempat pemasangan pegas daun atau pegas ulir. Kekerasan dari pegas ini berubah-ubah sesuai dengan bahan beban kendaraan, sehingga pada saat kendaraan kosong maupun isi gaya pemegasan yang dihasilkan tetap sama nyamannya. Namun konstruksi pegas ini memerlukan sebuah pompa untuk menambahkan angin kedalam bellows tersebut, karena tak semua kendaraan menggunakan tipe pegas ini.



Gambar 2.7 Pegas Udara

#### 2.2.5 Pegas daun

Pegas daun ini banyak digunakan pada kendaraan dengan daya angkut yang sangat besar seperti : Truk, bus, trailer, dan lain-lain. Konstruksi pegas daun ini terdiri dari atas 3 sampai 10 lembar plat baja tipis yang disusun dengan pegas yang paling panjang terletak dibagian atas dan makin kebawah semakin pendek. Pada pegas yang paling atas, dibagian ujungnya digulung dengan menyerupai mata pegas. Mata pegas inilah yang akan dikaitkan ke frame atau rangka kendaraan. Pegas daun dari yang atas sampai yang pendek ini disatukan dengan

menggunakan spring clip. Dimana semua pegas daun ini berbentuk elips guna menambah daya elastisitas pegas tersebut. Kelebihan dari konstruksi pegas daun ini adalah konstruksinya yang kuat sehingga pegas daun ini cocok digunakan untuk kendaraan niaga berbeban berat. Namun pegas daun ini memakan tempat yang sangat banyak, serta jumlahnya pegas yang tidak sedikit sehingga harga dari pembuatannya tidak murah.



Gambar 2.8 Pegas daun

### 2.3. Kekakuan Pegas

Salah satu penilaian terhadap pegas daun adalah dengan mengetahui tingkat kekakuannya. Tingkat kekakuan pegas daun dinyatakan dengan besaran konstanta pegas ( $k$ ) dan koefisien gesek ( $\mu$ ). Konstanta pegas dinyatakan sebagai perbandingan antara gaya ( $P$ ) dengan defleksi ( $f$ ).

$$k = \frac{P}{f} \quad (2.1)$$

Sedangkan koefisien gesek merupakan besaran yang menentukan kemampuan pegas menyerap energi. Didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya gesek ( $P_g$ ) dengan gaya rata-rata ( $P_{rata-rata}$ ).

$$\mu = \frac{P_g}{P_{rata-rata}} \quad (2.2)$$

Secara analisis teoritis, konstanta pegas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$k = \frac{32E \sum Ix}{L} sf \quad (2.3)$$

#### 2.4 Kekuatan Pegas

Tegangan adalah besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda dengan luas penampang tertentu. Tegangan dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu tegangan normal ( $\sigma$ ) dan tegangan geser ( $\tau$ ). (Mhd.Daud pinem : 2 )

Tegangan normal adalah besarnya gaya yang bekerja pada suatu penampang benda yang arahnya tegak lurus penampang tersebut, sedangkan tegangan geser adalah besar gaya yang bekerja pada suatu penampang yang arahnya sejajar penampang tersebut, dan dapat dirumuskan pada pers 2.4 dan 2.5.

Besar tegangan normal:

$$\sigma = \frac{f}{A} \quad (2.4)$$

Besar tegangan geser :

$$\tau = \frac{f}{A} \quad (2.5)$$

Metode untuk mengetahui kekuatan statis maupun dinamis dari pegas daun, adalah dengan melihat besartegangan yang terjadi pada saat pegas daun

dibebani. Semakin kecil tegangan yang terjadi, berarti semakin tinggi kekuatannya. Salah satu cara diantaranya adalah dengan sensor regangan (*strain gauge*) yang ditempel pada komponen tersebut. Keluaran data dari *strain gauge* berupa regangan, selanjutnya dikonversi ke besaran tegangan dengan menggunakan hukum Hooke. Selain cara eksperimental seperti di atas untuk mengetahui tegangan pada pegas daun juga dapat dilakukan secara analisa teoritis. Tegangan yang terjadi pada pegas daun merupakan fungsi dari beban kerja (P) dan faktor kekakuan pegas.

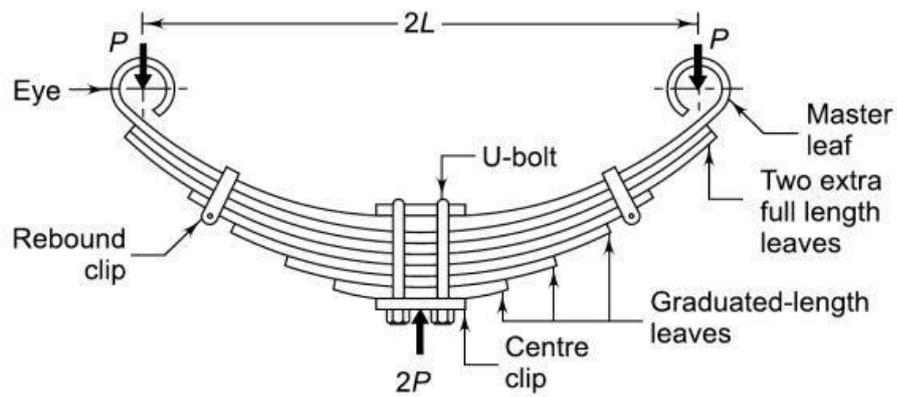
## 2.5 Material Pegas Daun

Material pegas daun biasanya terbuat dari baja paduan dengan kekerasan bekisar 55Si7, 65Si7, Ck57, Ck67, Mk101, 67SiCr5, 50CrV4. Faktor keamanannya berdasarkan pada kekuatan luluh yaitu antara 2 hingga 2,5 % untuk suspensi mobil. Pegas daun memiliki tegangan 1570-2260 N/mm<sup>2</sup> dan modulus elastisitas  $2,1 \times 10^5$ . Baja karbon diklasifikasikan ke dalam tiga klasifikasi dasar yaitu baja karbon rendah yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30%, baja karbon sedang yang mengandung 0.30% – 0.50% karbon, dan baja karbon tinggi yang memiliki 0,50% – 0,95% karbon. Baja karbon rendah memiliki kekuatan relatif rendah, tetapi mempunyai sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik. Baja karbon sedang digunakan pada kebanyakan elemen yang memiliki syarat kekuatan sedang hingga tinggi dengan keuletan yang cukup baik dan syarat kekerasannya sedang. Sedangkan baja karbon tinggi memberikan sifat-sifat keausan yang lebih baik yang sesuai untuk aplikasi yang memerlukan sisi-sisi pemotongan yang tahan lama dan untuk permukaan yang mengalami pengikisan yang tetap.

Berdasarkan ketentuan AISI (*American Iron and Steel Institute*), baja karbon memiliki kandungan berat maksimal unsur karbon 1.00%, unsur tembaga 0,60%, unsur mangan 1,65%, unsur fosfor 0,40%, unsur silikon 0,60%, dan unsur sulfur 0,05%. AISI membuat kode tersendiri bagi baja karbon. Kode tersebut terdiri dari empat digit angka. Dua digit angka pertama menandakan tingkatan dari baja, sedangkan dua digit terakhir menunjukkan jumlah karbon yang terkandung dalam paduan dalam seperseratus persen. (G, Niemann)

## **2.6 Konstruksi *Multi Leaf Springs***

Konstruksi *Multi Leaf Springs* seperti gambar 2.9 yang berbentuk semieliptik terdiri dari rangkaian pelat-pelat datar. Pelat-pelat pegas daun tersebut diikat bersama menggunakan dua baut U dan jepitan (*center clip*) di bagian tengah. *Rebound clips* dipasang untuk menjaga kesejajaran dan kelurusan pelat-pelat pegas daun dan mencegah pergeseran pelat-pelat pegas daun ke arah samping selama beroperasi. Pegas daun terpanjang disebut sebagai *master leaf* yang dibengkokkan pada kedua ujungnya untuk dibentuk mata pegas (*spring eye*). Pada bagian tengah, pegas diikat pada *axle* kendaraan (mobil). *Multi leaf springs* dilengkapi dengan satu atau dua daun *extra full-length* sebagai tambahan *master leaf*. Daun-daun *extra full-length* tersebut ditumpuk diantara *master leaf* dan daun-daun *graduated-length*. Konstruksi *multi leaf springs* seperti Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Konstruksi Pegas Daun

## 2.7 Hukum Hooke (*Hooke's Law*)

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut “*Ultimate Tensile Strength*” disingkat dengan UTS, dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum. Hubungan tegangan regangan di tampilan dalam bentuk kurva/grafik



Gambar 2.10 Diagram *Hooke*

*rasio* tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

Equivalent Stress:

$$\sigma = F/A \quad (2.9)$$

Equivalent Strain:

$$\varepsilon = \Delta L/L \quad (2.10)$$

Hubungan antara stress dan strain dirumuskan:

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (2.11)$$

Deformasi total :

$$e(\%) = [(L_f - L_0) / L_0] \times 100\% \quad (2.12)$$

Deformasi ke arah sumbu Z :

$$\varepsilon_Z = \frac{\delta z}{L_z} \quad (2.13)$$

## 2.8 Tegangan Von Mises

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

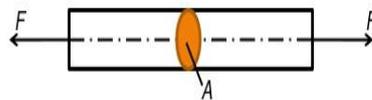
$$\begin{bmatrix} \sigma_y - \sigma_0 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y - \sigma_0 & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_y - \sigma_0 \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

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

$$\sigma_e = \left( \frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \right)^{0.5} \quad (2.15)$$

### 2.8.1 Tegangan Tarik

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



Gambar 2.11 Tegangan Tarik

## 2.9 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 kontineu 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.

Dinamika elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibandingkan kontinuenya. 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.

## 2.10 Teori Metode Numerik

Metode Numerik adalah teknik-teknik yang digunakan untuk memformulasikan masalah matematis agar dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan. Metode numerik secara umum merupakan salah satu mata kuliah yang diajarkan di jurusan pendidikan matematika maupun matematika murni. Metode Numerik dianggap penting karena mengajarkan mahasiswa memecahkan suatu kasus dengan memakai berbagai cara dan permodelan. Terlebih, dalam mata kuliah ini juga mengharuskan mahasiswanya untuk cekatan dan aktif dalam memaksimalkan teknologi. Yang termasuk program paket numerik, misalnya MATLAB, Maple, dan sebagainya yang digunakan untuk menyelesaikan masalah matematika dengan metode numerik tersebut dibuat oleh orang yang mempunyai dasar-dasar teori metode numerik.

Sebelum komputer digunakan untuk penyelesaian komputasi, beberapa metode telah dilakukan, namun masih memiliki kendala-kendala. Metode yang digunakan antara lain:

- a. *Metode Analitik*, solusi ini sangat berguna namun terbatas pada masalah sederhana. Sedangkan masalah real yang kompleks dan nonlinier tidak dapat diselesaikan.
- b. *Metode Grafik*, metode ini digunakan sebagai pendekatan penyelesaian yang kompleks. Kendalanya bahwa metode ini tidak akurat, sangat lama, dan banyak membutuhkan waktu.
- c. *Kalkulator dan Slide Rules*, penyelesaian numerik secara manual. Cara ini cukup lama dan mungkin bisa terjadi kesalahan pemasukan data.

Dengan mempelajari metode numerik diharapkan mahasiswa mampu menangani sistem persamaan besar ketaklinieran dan geometri yang rumit, yang dalam masalah rekayasa tidak mungkin dipecahkan secara analitis. Selain itu, mahasiswa diharapkan mengetahui secara singkat dan jelas teori matematika yang mendasari paket program, mampu merancang program sendiri sesuai permasalahan dihadapi pada masalah rekayasa dan dapat menangani masalah rekayasa yang tidak dapat ditangani secara analitis.

Dalam sebuah laporan yang berjudul “Metode Numerik” oleh Drs. Heri Sutarno tertulis bahwa metode numerik merupakan alat untuk memecahkan masalah matematika yang sangat handal. Banyak permasalahan teknik yang mustahil dapat diselesaikan secara analitik, karena kita sering dihadapkan pada sistem-sistem persamaan yang besar, tidak linear dan cakupan yang kompleks, dapat diselesaikan dengan metode numerik.

Menurutnya, banyak masalah matematika yang tidak dapat diselesaikan dengan memakai program paket atau tidak tercakup dalam program paket. Oleh karena itu kita perlu belajar metode numerik untuk dapat membuat program paket (*software*) untuk masalah sendiri. Metode numerik merupakan suatu sarana yang efisien untuk mempelajari penggunaan komputer. Belajar pemrograman secara efektif adalah menulis program komputer. Metode numerik mengandung bagian yang dirancang untuk diterapkan pada komputer, misalnya membuat algoritma. Tahap-tahap dalam menyelesaikan masalah matematika secara numerik dengan memakai alat bantu komputer secara umum adalah: pemodelan, pemilihan metode (algoritma) numerik, pemrograman (koding), dokumentasi dan penafsiran hasil.

Pada metode numerik, kita hanya memperoleh solusi yang menghampiri atau mendekati solusi sejati sehingga solusi numerik dinamakan juga solusi hampiran (*approxomation*) atau solusipendekatan, namun solusihampiran dapat dibuat seteliti yang kita inginkan. Solusi hampiran jelas tidak tepat sama dengan solusi sejati, sehingga ada selisih antara keduanya. Selisih inilah yang disebut dengan galat (*error*).Semakin kecil galat yang diperoleh berarti semakin dekat solusi hampiran yang diperoleh dengan solusi sejatinya.

### 2.10.1 Elemen I-Dimensi

Pada elemen gaya-gaya eksternal hanya bereaksi pada ujung-ujung elemen *node I dan j*. Sebagai akibat dari beban ini maka elemen (*e*) akan memanjang atau memendek. Pada super krip (*e*) menandakan elemen ke (*e*) sedangkan subskrip menandakan nomor node elemen. Sebagai contoh pergeseran sejajar sumbu *x* node *j* akan dituiskan sebagai  $U_{jx}$ . Yang menandakan komponen *x* dari variable  $\mu$  untuk local node *j* elemen. Guna menghitung pergeseran elemen (*e*), kita gunakan analisis statis untuk memenuhi syarat keseimbangan (*equilibrium*) atau menghindari terjadinya pergerakan badan rigid (*rigid body motion*) maka,



Gambar 2.12 Gaya Internal Pada Elemen

Sedangkan gaya internal  $f^{(e)}$ , yang bereaksi pada elemen digambarkan secara sembarang pada masing-masing bagian tetapi harus berlawanan arah guna memenuhi kondisi keseimbangan *node i dan j*, maka

$$\sum f_x = 0(\text{node } i): f_{(i)}^{(e)} + f^{(e)} = 0 \Rightarrow f_{(i)}^{(e)} = -f^{(e)} \quad (2.16)$$

$$\sum f_x = 0(\text{node } j): f_{(j)}^{(e)} + f^{(e)} = 0 \Rightarrow f_{(j)}^{(e)} = -f^{(e)} \quad (2.17)$$

Besarnya gaya internal  $f^{(e)}$  dapat dihitung dari pergeseran node ;  $u_i^{(e)}$  sesuai hukum hooke.

$$\sigma^{(e)} = E \cdot \varepsilon \quad (2.18)$$

Dimana  $\sigma^{(e)}$  adalah tegangan normal (stress), E adalah young modulus dan  $\varepsilon$  adalah regangan (strain) yang merupakan rasio perubahan panjang,  $\delta$  dan panjang awal L.  $\delta$  diberikan

$$\delta = u_j^{(e)} - u_i^{(e)} \quad (2.19)$$

Dan regangan

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{u_j - u_i}{L} \quad (2.20)$$

Persamaan (2.20) dapat juga diperoleh dengan mengumpamakan elemen truss sebagai elemen I-dimensi dimana pergeseran elemen diberikan oleh persamaan

$$u = u_i s_i + u_j s_j \quad (2.21)$$

$S_i$  dan  $S_j$  adalah fungsi bentuk (shape function) sehingga u pada node i sama dengan  $u_i$  dan pada node j sama dengan  $u_j$ . fungsi-fungsi yang memenuhi syarat-syarat ini adalah

$$s_i = \frac{x_j - x}{x_j - x_i} \quad (2.22)$$

$$s_j = \frac{x - x_i}{x_j - x_i} \quad (2.23)$$

Dapat dihitung dari (2.21) dan (2.22) bahwa  $S_i$  bernilai satu node  $i$  dan nol pada node  $j$ . sebaliknya  $S_j$  bernilai satu pada node  $j$  dan nol pada node  $i$ . selanjutnya strain,  $\varepsilon$  diberikan oleh

$$\varepsilon = \frac{d_u}{d_x} = u_i \frac{ds_i}{dx} + u_j \frac{ds_j}{dx} = \frac{u_j - u_i}{L} \quad (2.24)$$

Yang sama dengan persamaan (2.6) selanjutnya dengan menggunakan definisi stress  $\sigma$  yang diberikan oleh

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.25)$$

Dan dengan mensubstitusikan persamaan- persamaan (2.26) dan (2.27) ke persamaan (2.4) diperoleh

$$f = \frac{E.A}{L}(u_j - u_i) \quad (2.26)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.27) kepersamaan (2.28) dan (2.29) kita peroleh dua persamaan.

$$f_i = k(u_i - u_j) \quad (2.27)$$

$$f_j = k(-u_i - u_j) \quad (2.28)$$

Dimana  $K$  adalah koefisien kekakuan (*stiffness coefficient*) yang bergantung pada sifat bahan dan geometridiberikan oleh (2.29)

$$k = \frac{E.A}{L} \quad (2.29)$$

Dengan  $K$  dari (2.29) system persamaan (2.28) dan (2.27) dapat dituliskan dalam suatu system matriks sebagai berikut

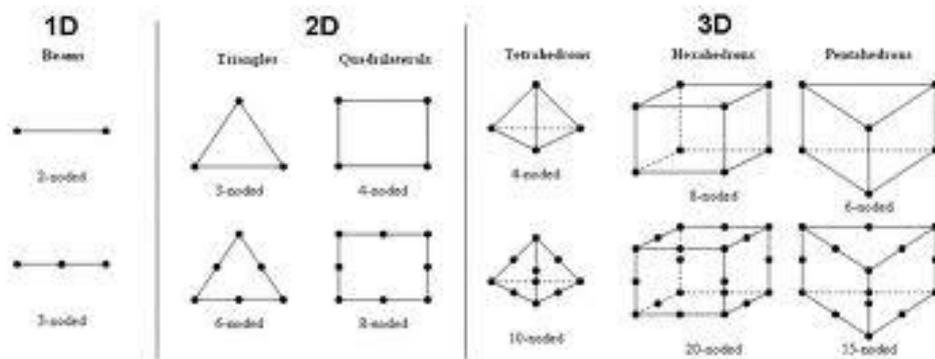
$$\begin{pmatrix} f_i \\ f_j \end{pmatrix} = k \begin{Bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{Bmatrix} \begin{pmatrix} u_i \\ u_j \end{pmatrix} \quad (2.30)$$

F                      K                      U

Dimana F adalah vector gaya. K adalah matriks kekakuan (*element stiffness matrix*) dan u adalah vector pergeseran (*displacement vector*).

### 2.10.2 Elemen 3-Dimensi

Elemen 3-Dimensi yang umum digunakan adalah elem empat sisi (tetrahedron) dan elemen 6 sisi (hexahedron). Sama dengan elemen 2-dimensi jumlah node pada elemen menentukan fungsi aproksimasi pada elemen terkait. Beberapa tipe elemen 3 dimensi dengan berbagai fungsi interpolasi akan kita pelajari pada bagian ini. Ringkasan dari tipe-tipe elemen ini dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Elemen 3 - Dimensi

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Dan Waktu

##### 3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya studi analisis numerik pegas daun menggunakan software ansys 15.0 dilakukan dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

##### 3.1.2 Waktu

Pengerjaan dan penyusunan tugas sarjana ini di laksanakan 16 Mei 2017 dan dinyatakan selesai oleh dosen pembimbing pada tanggal 11 november 2017

Tabel 3.1: Timeline Kegiatan

No	KEGIATAN	MEI	JUNI	AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOOBER	NOVEMBER	DESEMBER
1	STUDI LITERATUR							
2	MENENTUKAN 3 DESAIN PEGAS DAUN							
3	MENGGAMBAR SPESIMEN							
4	MENSIMULASI PEGAS DAUN							
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 numerik ini adalah :

### 3.2.1 Work Station

Spesifikasi work station yang digunakan dalam studi numerik ini adalah sebagai berikut :

Spesifikasi Work Station :

1. Processor : Xeon CPU-E3-1246-V3@3.5GHz
2. RAM : 8 GB
3. Operation system : Product ID ( Windows 7 Professional 64 bit )
4. Display : NVIDIA Quardo K620
5. Hardisk : 1 TB
6. DVD ROM : LENOVO
7. Monitor : LENOVO L1 2054, 19.5 INCH Resolusi 1440x900
8. Keyboard : LENOVO
9. Mouse : LENOVO

### 3.2.2 Software Catia

Software catia yang sudah terinstal pada work station adalah Catia V5R19 64 bit yang didalamnya terdapat sketch gambar 3D. Dengan persyaratan system pada komputer adalah sebagai berikut :

1. Processor : Xeon CPU-E3-1246-V3@3.5GHz
2. RAM : 8 GB

3. Disk Space: 5 GB or more

### 3.2.3 Software Ansys

Software ansys yang sudah terinstal pada work station adalah Ansys 2015 yang didalamnya terdapat *mechanical APDL 2015* dan *Workbench 2015*.

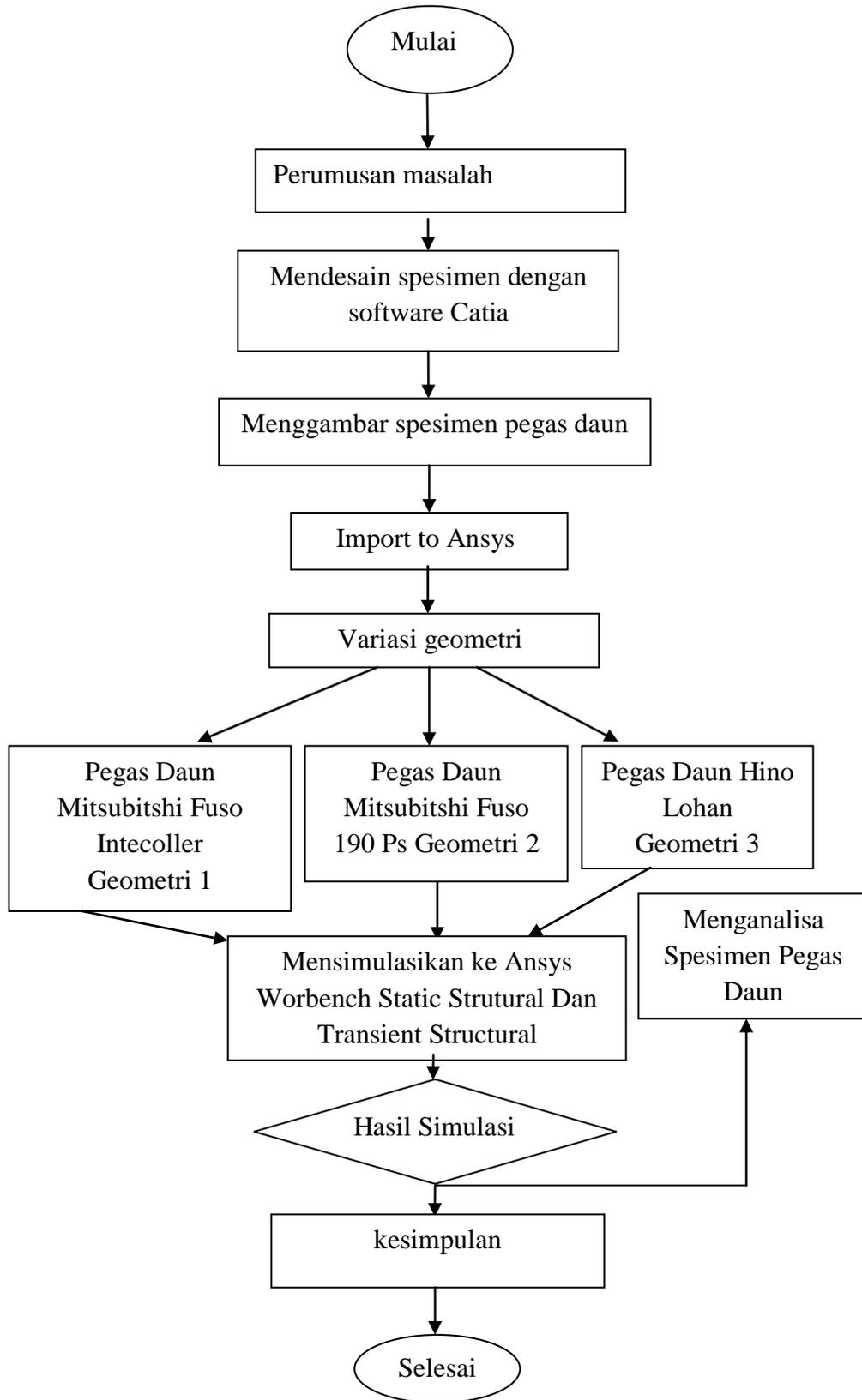
Dengan persyaratan system pada komputer adalah sebagai berikut :

1.Processor : Xeon CPU-E3-1246-V3@3.5GHz

2. RAM :8 GB

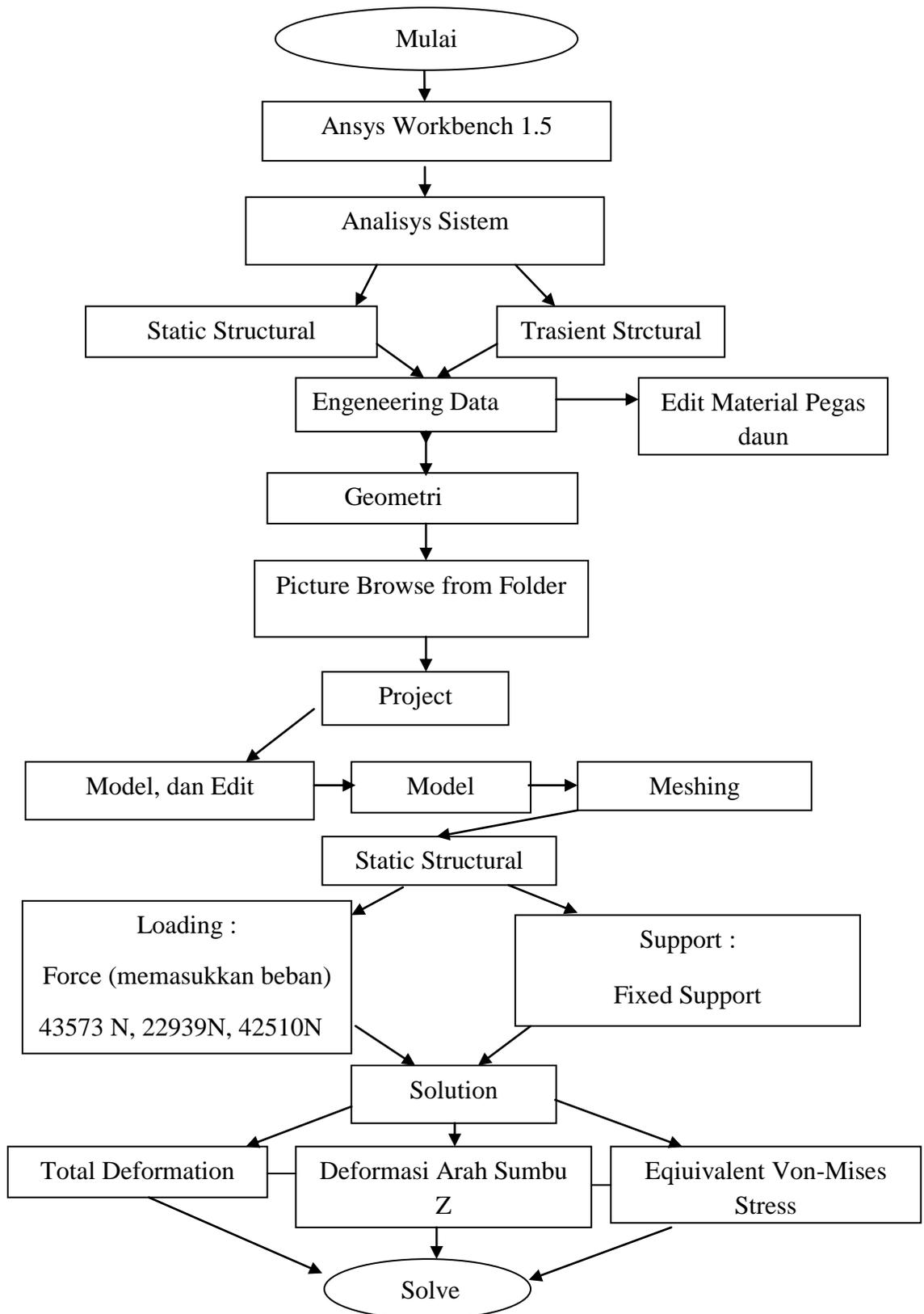
3. Disk Space: 5 GB or more

### 3.3 Diagram alir



Gambar 3.1 Diagram alir

### 3.4 Diagram Ansys



Gambar 3.2 Diagram Ansys

### **3.5 Tahap Menggambar Spesimen Pegas Daun**

#### **3.5.1 Tahap Menggambar Lapisan Pegas Daun**

1. Langkah pertama, buka software catia kemudian pilih file-new-part
2. Kemudian pilih sumbu YZ plane-klik Sketch, Kemudian pilih profile circle klik titik 0 sumbu
3. Buat circle dengan ukuran yang telah ditetapkan untuk menjadi lapisan pegas
4. Lalu beri garis pembatas ditengah circle untuk dapat nantinya dimirrorkan
5. kemudian beri line pada tiap bidang pegas sesuai ukuran yang telah ditetapkan
6. Kemudian line dimirrorkan, setelah itu garis-garis yang tidak dibutuhkan di hapus dengan klik Quicktrim
7. Kemudian buat mata pegas, dengan cara klik circle diujung lapis pegas pertama
8. Kemudian circle dimirrorkan kembali dengan mengklik Quicktrim
9. Setelah itu pegas dibuat 3D dengan klik exit workbench-lalu pilih pad definition sebagai ketebalan pegas daun.

#### **3.4.2 Tahap menggambar Pengikat Pegas Daun**

1. Langkah pertama pilih file-new-part
2. Kemudian pilih sumbu ZX-klik sketch, kemudian pilih profile klik disembarang layar

3. lalu buat bentuk seperti U, kemudian beri ukuran yang telah ditetapkan
4. lalu di 3D dengan klik exit workbench, pilih Pad definition, lalu beri ukuran ketebalan.
5. Setelah itu buat pen pengunci pegas dengan mengklik bidang depan, lalu klik sketch-pilih circle dengan ukuran yang telah ditetapkan
6. Lalu klik exit workbench-pad definition untuk membentuk pen.
7. Kemudian save part tersebut, lalu buat kembali dengan ukuran yang sama.

#### 3.4.3 Tahap Assembly part

1. Langkah pertama klik file-new-part
2. Klik mechanical design-pilih assembly design, lalu klik exiting component
3. Lalu pilih product, maka muncul part yang disave tadi, pilih part pegas daun dan part pengikat pegas daun
4. Kemudian gabungkan pengikat pegas dengan peganya dengan cara klik titik yang ingin di assembly lalu pilih insert-coincident, kemudian pilih titik pada pegas
5. Kemudian tekan Ctrl+U untuk menyatuhkan pengikat dengan pegas daun
6. Setelah menyatuh, buat kembali dengan cara yang sama untuk menyatuhkan pengikat yang lain dengan pegas.

Tabel 3.2 Dimensi Pegas Daun Variasi Geometri

Jenis Geometri	Jenis Mobil	Ukuran Lapisan Pegas Daun				BebanMax. kendaraan
		No	Panjang	Lebar	Tebal	
1	Tipe X	1	150cm	90mm	13mm	26650 kg
		2	150cm	90mm	13mm	
		3	150cm	90mm	13mm	
		4	130cm	90mm	13mm	
		5	110cm	90mm	13mm	
		6	90cm	90mm	13mm	
		7	70cm	90mm	13mm	
		8	50cm	90mm	13mm	
		9	40cm	90mm	13mm	
2	Tipe Y	1	140cm	80mm	10mm	14.030 kg
		2	140cm	80mm	10mm	
		3	123cm	80mm	10mm	
		4	108cm	80mm	10mm	
		5	96cm	80mm	10mm	
		6	80cm	80mm	10mm	
		7	74cm	80mm	10mm	
		8	60cm	80mm	10mm	
		9	58cm	80mm	10mm	
		10	30cm	80mm	10mm	
3	Tipe Z	1	140cm	80mm	13mm	26000 kg
		2	140cm	80mm	13mm	
		3	140cm	80mm	13mm	
		4	115cm	80mm	13mm	
		5	96cm	80mm	13mm	
		6	85cm	80mm	13mm	
		7	73cm	80mm	13mm	
		8	60cm	80mm	13mm	
		9	50cm	80mm	13mm	
		10	44cm	80mm	13mm	

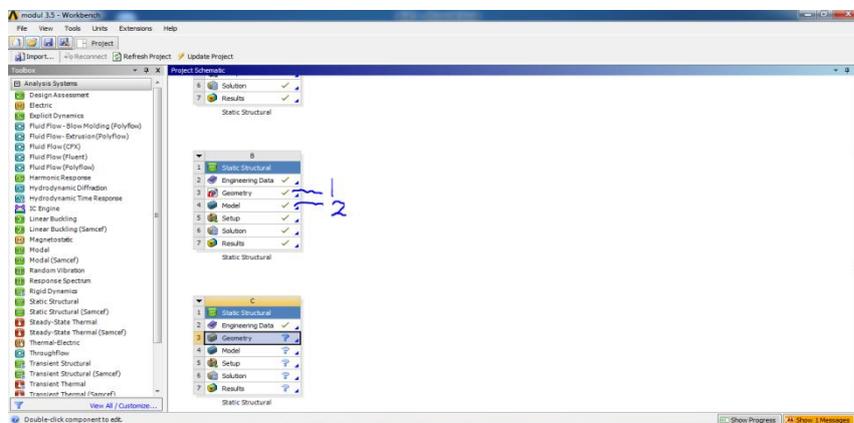
Tabel 3.3 Spesifikasi Mobil Kendaraan Berat

Jenis Mobil (Kendaraan Barat)	Jenis Mesin & Tipe Mesin	Panjang Mobil	Lebar Mobil	Tinggi Mobil	Beban Max.Kendaraan
Fuso Intercoler	Diesel/8 Dc	11800cm	2500cm	3200cm	26650 kg
Fuso 220 Ps	Diesel/6 D15(D16)	9450cm	2425mm	2725mm	14.030 kg
Hino Lohan 900 series ( FW 285 JW	Diesel/4 J08E-WK	11950mm	2490mm	2780mm	26000 kg

### 3.6 Tahapan Mengimport Pegas Daun ke Ansys workbench Variasi Gometri

#### 3.6.1 Tampilan Static Strutural Dengan 3 Model

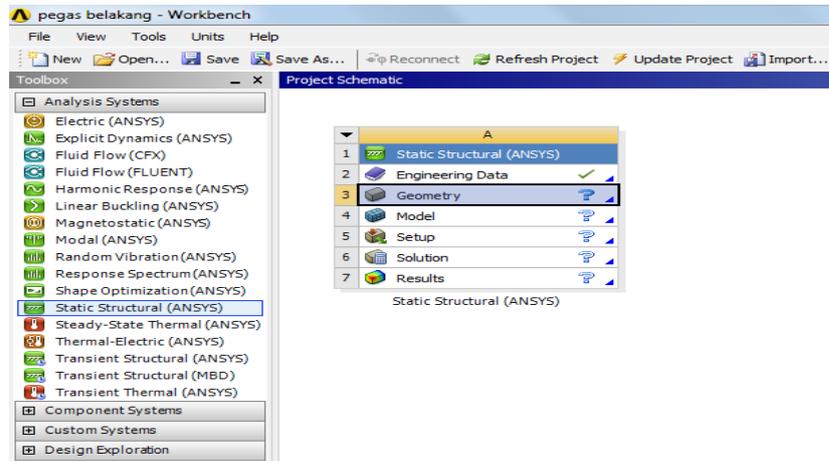
Pada tampilan ini pilih static structural – klik kanan geometry – import geometry – file iges - klik model.



Gambar 3.3 tampilan awal Ansys Static Strutural

### 3.6.2 Menentukan *Analisis System*

Seperti yang telah dijelaskan pada batasan masalah, bahwa Simulasi yang digunakan dalam analisa adalah *Static Structural*. Maka langkah selanjutnya adalah dengan mengklik *Static Structural* pada *toolbox*.

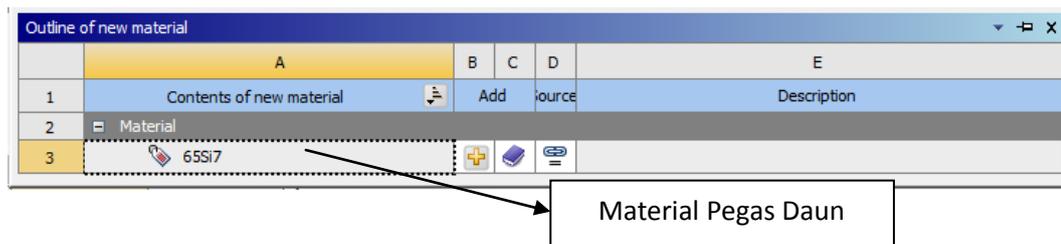


Gambar 3.4 Jendela kerja *Static Structural*

### 3.6.3 *Engineering Data*

*Engineering Data* adalah fitur yang bertujuan untuk menentukan jenis material yang digunakan pada objek yang akan dianalisa. Jenis material yang digunakan pada poros adalah *Struktural Steel*.

Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah dengan mengklik dua kali pada *Engineering Data* → *Structural Steel* → *Return to Project*. Maka akan muncul *outline*.



Gambar 3.5 Material Pegas Daun Ansys

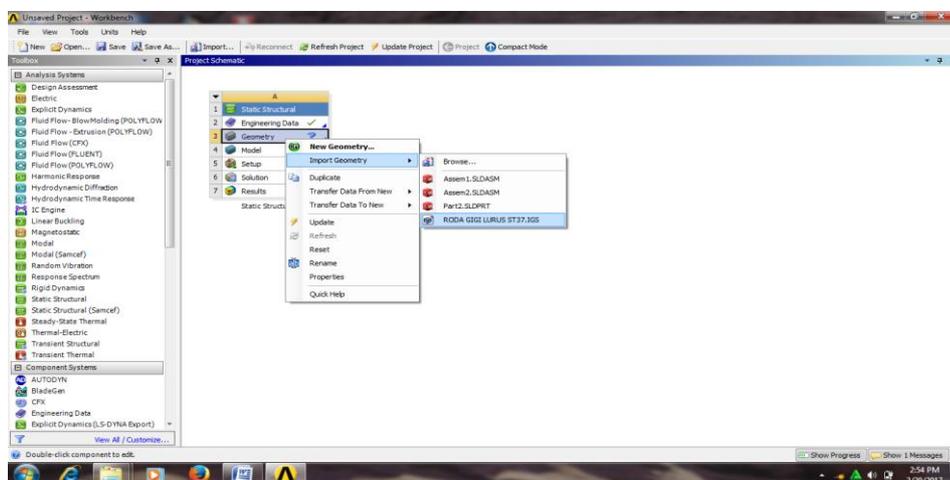
Properties of Outline Row 3: 65Si7			
	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Density	0,78	kg m <sup>-3</sup>
3	Isotropic Elasticity		
4	Derive from	Young's M...	
5	Young's Modulus	2,06E+05	Pa
6	Poisson's Ratio	0,3	
7	Bulk Modulus	1,7167E+05	Pa
8	Shear Modulus	79231	Pa

Gambar 3.6 Propertis material

### 3.6.4 Menentukan *Geometry*

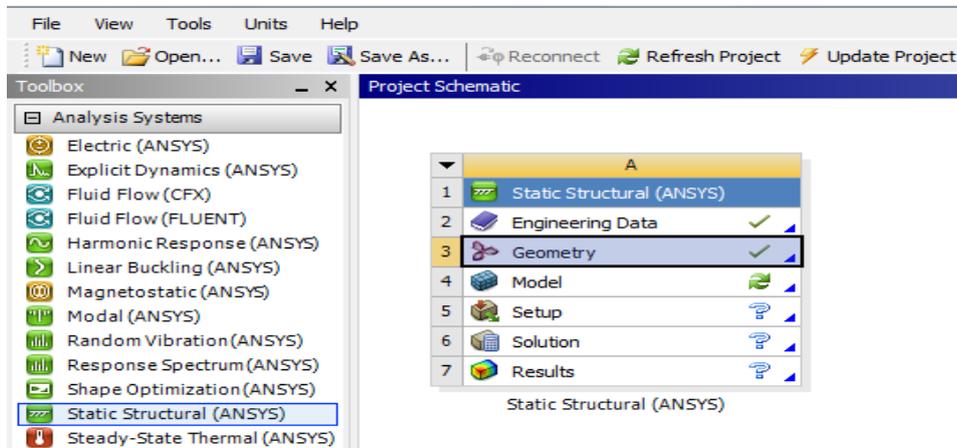
Fitur *Geometry* adalah fasilitas yang diberikan *Ansys Workbench* yang bertujuan untuk mendesain sebuah model yang akan dianalisa. Dalam kasus ini model didesain dengan menggunakan perangkat lunak *catia V5R19*. Yang dilakukan untuk menampilkan hasil pemodelan tersebut adalah :

Mengklik kanan pada *Geometry* → *Import Geometry* → *Browse* → Pilih *Geometry* yang sudah di desain menggunakan *catia V5R19*.



Gambar 3.7 Memilih *geometry*

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



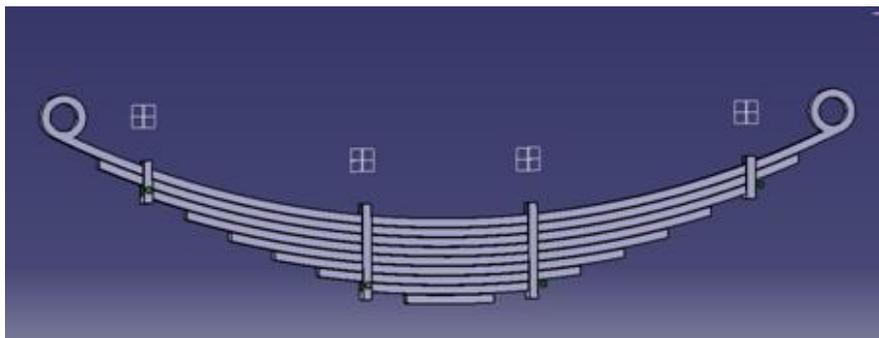
Gambar 3.8 *Geometry* selesai diimpor

## BAB 4

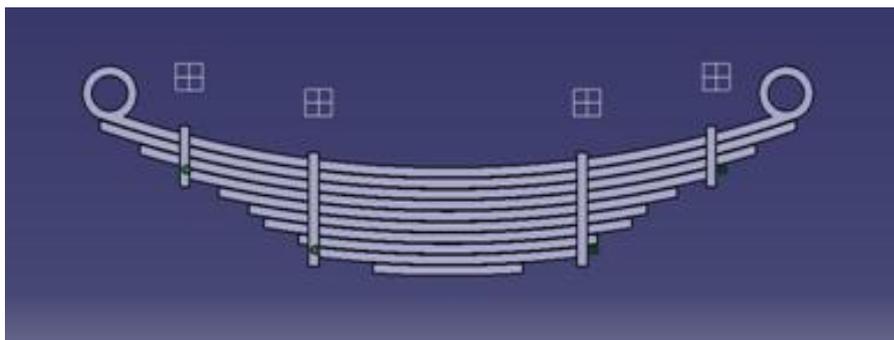
### HASIL PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Gambar Case Pegas Daun

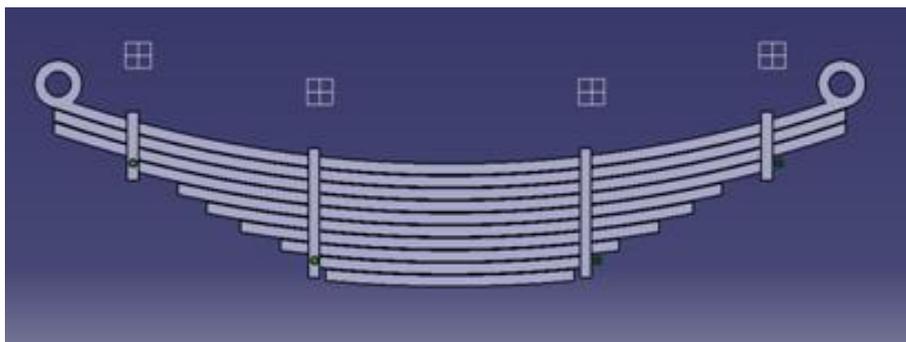
##### 4.1.1 Hasil Gambar Case Pegas daun Sesuai Geometri



Gambar 4.1 Hasil Gambar Pegas Daun Geometri 1



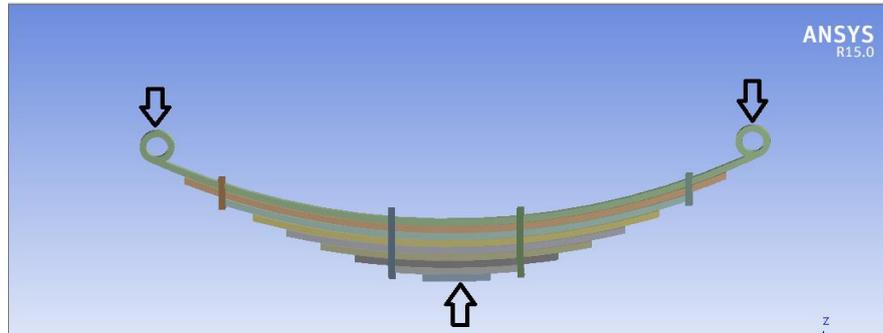
Gambar 4.2 Hasil Gambar Pegas Daun Geometri 2



Gambar 4.3 Hasil Gambar Pegas Daun Geometri 3

#### 4.1.2 Konsep Uji BendingPegas Daun

Konsep uji tarik ini untuk mencari titik max tegangan , dan total depormasi dan mendapatkan gambaran tentang sifat – sifat dan keadaan dari suatu logam dengan gaya yang di berikan masing-masing pegas adalah :



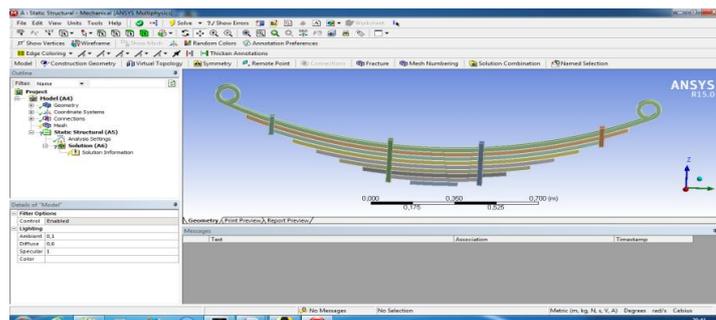
Gambar 4.4 Konsep Uji Bending

#### 4.2 Hasil Simulasi Ansys Workbench Static Strutral

##### 4.2.1 Hasil Simulasi Ansys Workbench Static Strutral

###### a. Hasil Geometri Static Strutral

Tahap 1 menampilkan spesimen ke geometry tahap yg paling awal yg harus di lakukan untuk menganalisa spesimen static strutral – geometry – file-import external geometry - generate

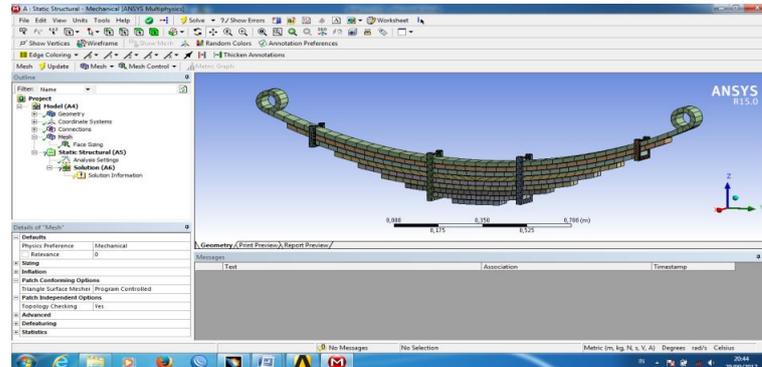


Gambar 4.5 Hasil Geometri Ansys Static Strutral

###### b. Hasil Meshing Static Stutral

*Meshing* merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa dibantu proses komputer. *Meshing* mempengaruhi akurasi, dan kecepatan konvergensi dari solusi. Pemberian *meshing* pada benda kerja dilakukan dengan cara :

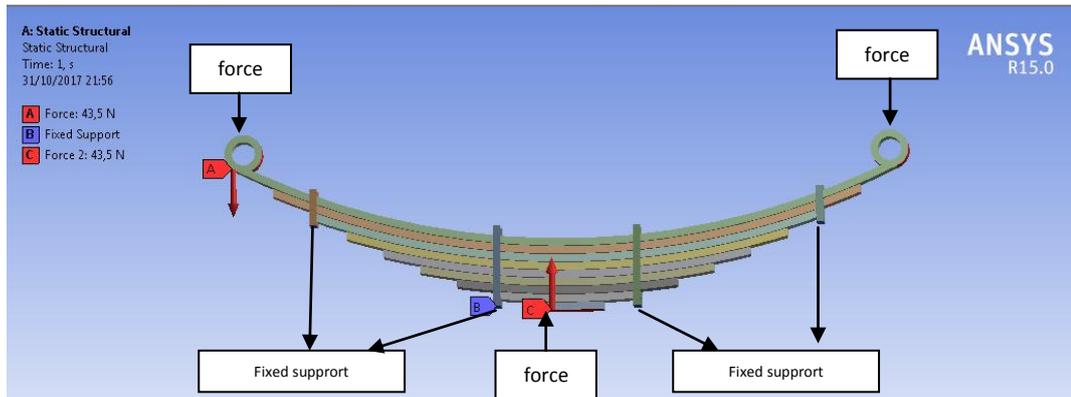
Klik *Mesh*→*Generate Meshing*



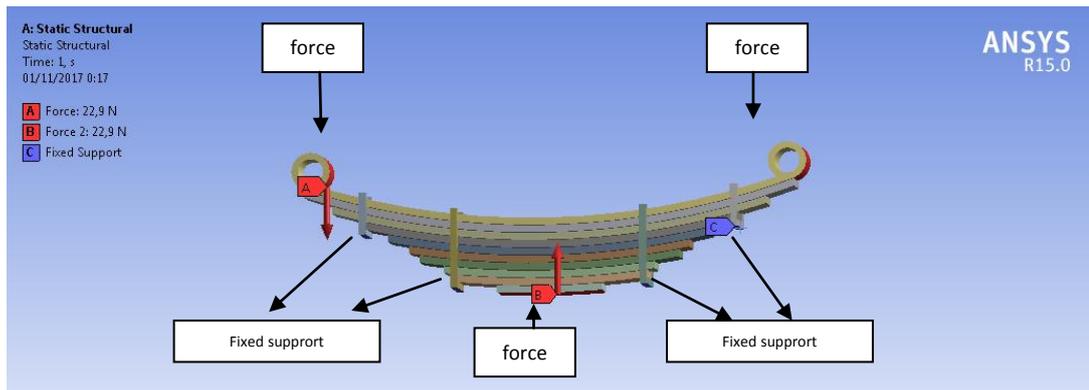
Gambar 4.6 Hasil Meshing Ansys Static Strutral

### c. Metode Pembebanan Uji Static Strutral

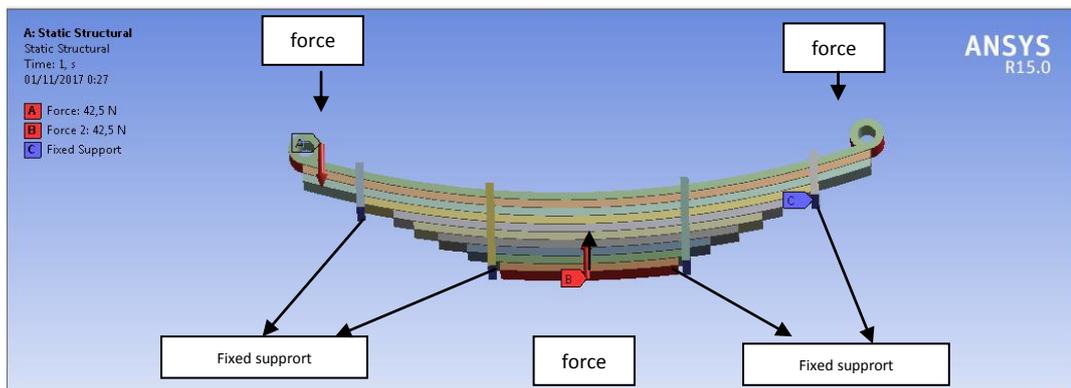
Force merupakan letak menaruh beban di ansys, yang mana force dapat di letakkan di sumbu Z pada masing-masing spesimen pegas daun. Force pada geometri 1 adalah 43573 N, geometri 2 adalah 22939 N, dan Geometri 3 adalah 42510 N. Tahap memulai force adalah dengan cara : *klik Static Structural-klik kanan-pilih force-kemudian pilih component*



Gambar 4.7 Metode Pembebanan Uji Static Structural Geometri 1



Gambar 4.8 Metode Pembebanan Uji Static Structural Geometri 2

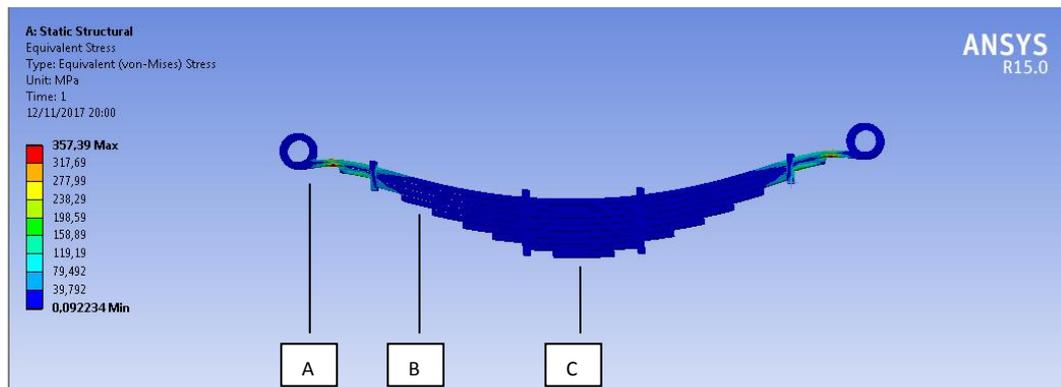


Gambar 4.9 Metode Pembebanan Uji Static Structural Geometri 3

### 4.3 Hasil Pembahasan Simulasi Equivalen Stress Static Structural

#### 4.3.1 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 1

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 1 dengan simulasi pembebanan 43573N. akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Hasil Simulasi Equivalen Stress Geometri 1

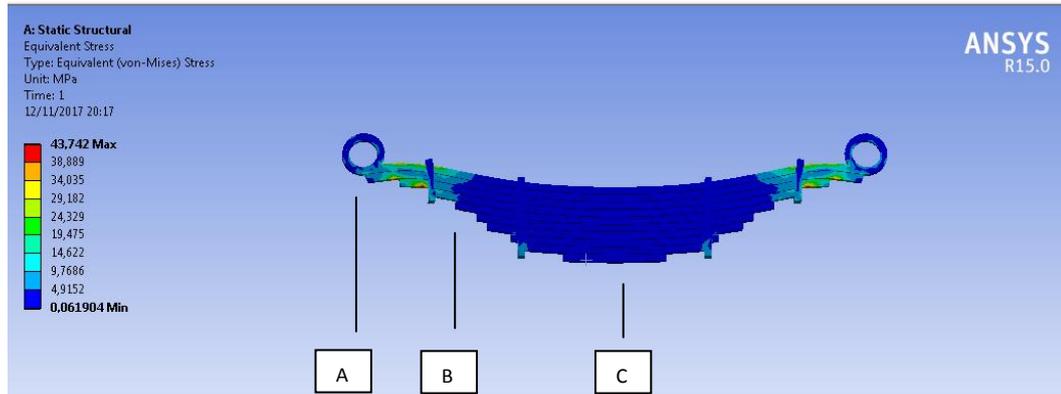
$$\tau_{\max} = 375,39 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,092234 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 158,89 \text{ MPa}$$

#### 4.3.2 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 2

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 2 dengan simulasi pembebanan 22939 N. akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.11 dibawah ini.



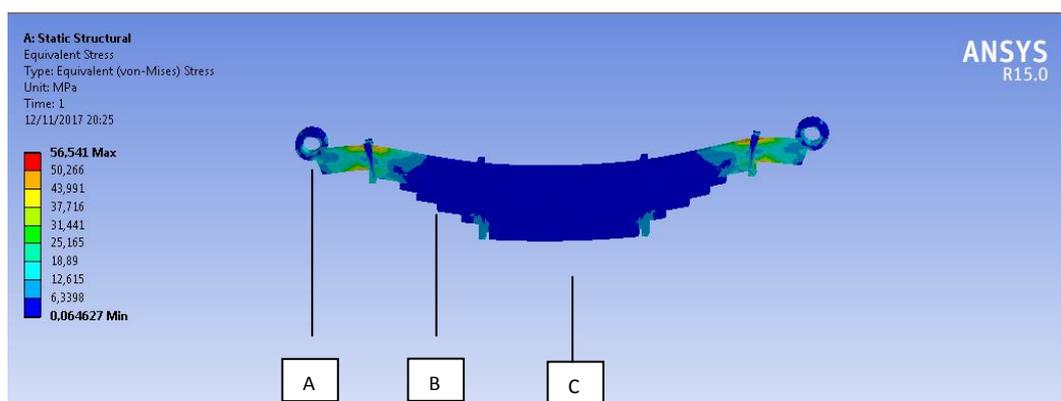
Gambar 4.11 Hasil Simulasi Equivalen Stress Geometri 2

$$\tau_{\max} = 43,742 \text{ MPa} \quad \tau_{\min} = 0,061904 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 19,475 \text{ MPa}$$

#### 4.3.3 Hasil Pembahasan equivalen Stress Geometri 3

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 3 dengan simulasi pembebanan 42510N. akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.12 dibawah ini.

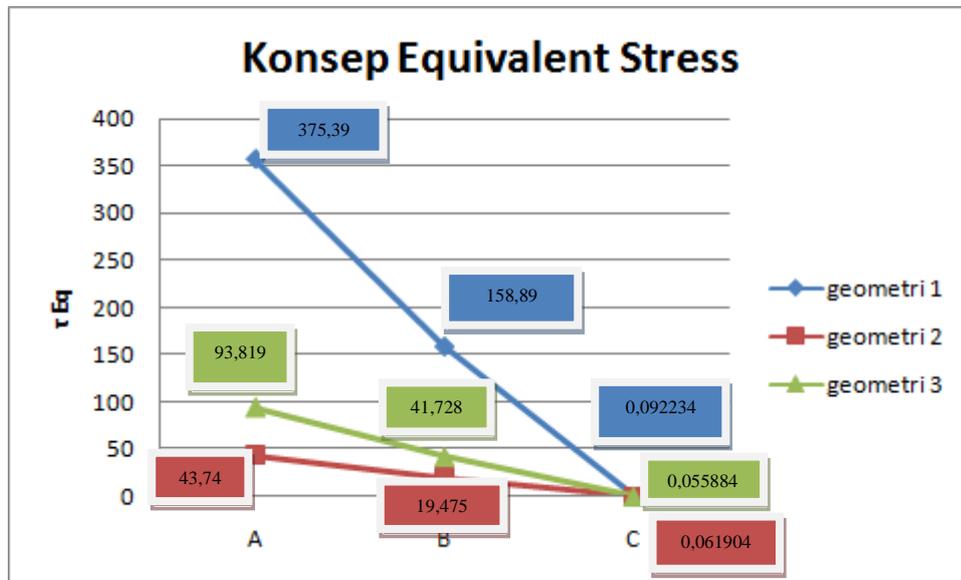


Gambar 4.12 Hasil Simulasi Equivalen Stress Geometri 3

$$\tau_{\max} = 56,541 \text{ MPa} \quad \tau_{\min} = 0,064627 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 25,165 \text{ MPa}$$

#### 4.3.4 Hasil Grafik Dari Simulasi Equivalen Stress Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.13 Grafik Simulasi Equivalen Stress

Yaitu dengan variasi geometri equivalen stress dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah. Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 375,39 MPa, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 158,89 MPa. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian  $\tau$  min 0,092234 MPa

Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 43,742 MPa, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 19,475 MPa dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0,061904 MPa

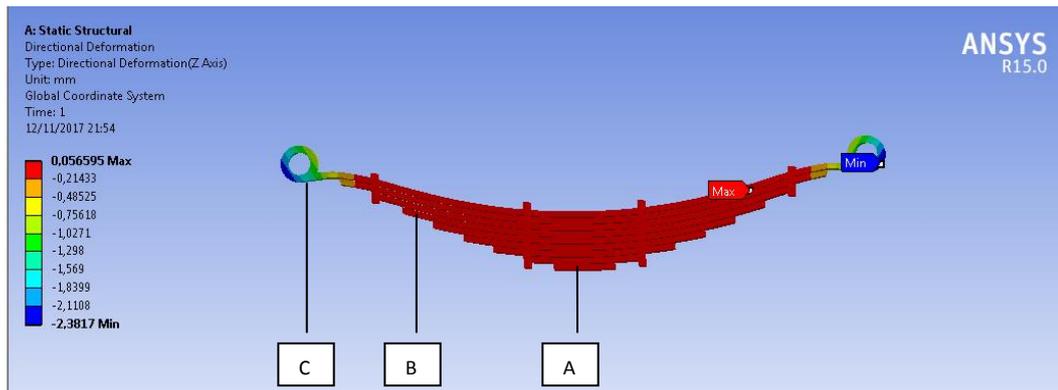
Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 93,819 MPa, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 41,728 MPa

Dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0,055884 MPa

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang panling berubah bentuk karena equivalent stress adalah pada geometri 1 dengan max 375,39 MPa

#### 4.3.5 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 1

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 1 dengan simulasi pembebanan 43573 N. akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.14 Hasil Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 1

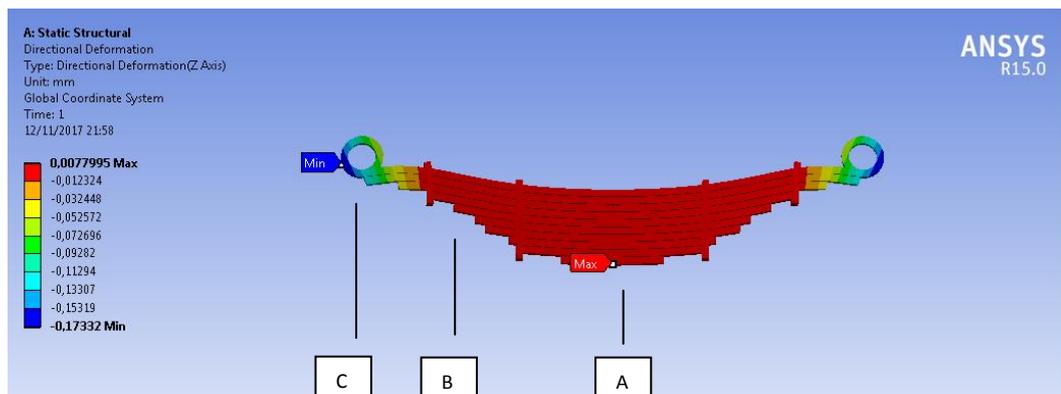
$$\tau_{\max} = 0,056595 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = -2,3817 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = -1,298 \text{ mm}$$

#### 4.3.6 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 2

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 2 dengan simulasi pembebanan 22939 N. akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.15 dibawah ini.



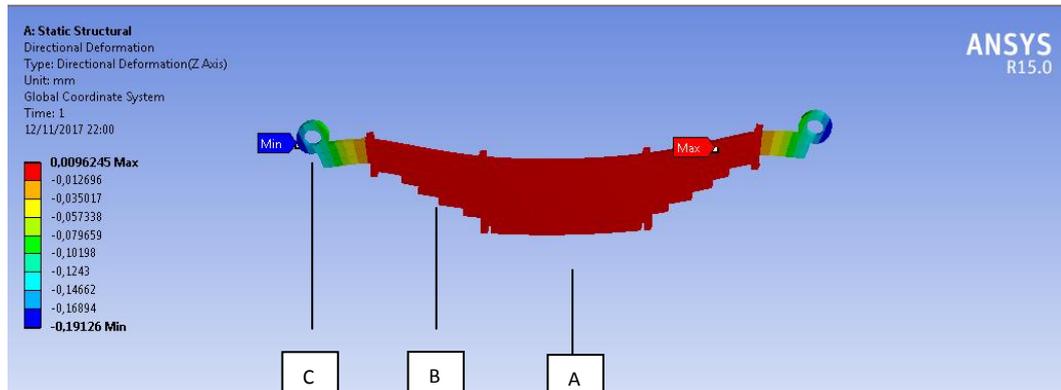
Gambar 4.15 Hasil Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 2

$$\tau_{max} = 0,0077995 \text{ mm} \quad \tau_{min} = -0,17332 \text{ mm}$$

$$\tau_{med} = -0,09282 \text{ mm}$$

#### 4.3.7 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 3

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 3 dengan simulasi pembebanan 42510 N. akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.16dibawah ini.



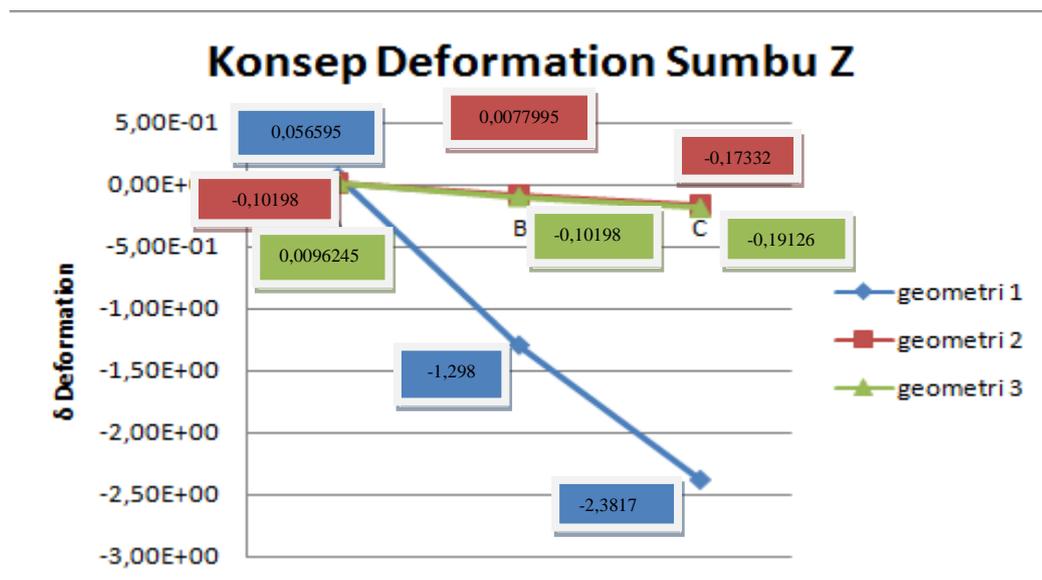
Gambar 4.16 Hasil Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 3

$$\tau_{\max} = 0,0096245 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = -0,19126 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = -0,10198 \text{ mm}$$

4.3.8 Hasil Grafik Dari Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.17 Grafik Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z

Yaitu dengan variasi geometri Deformasi Arah Sumbu Z dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah. Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,056595 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan -1,298 mm. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian  $\tau$  min -2,3817 mm

Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,0077995 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu -0,09282 mm dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min -0,17332 mm

Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,0096245 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu -0,10198 mm

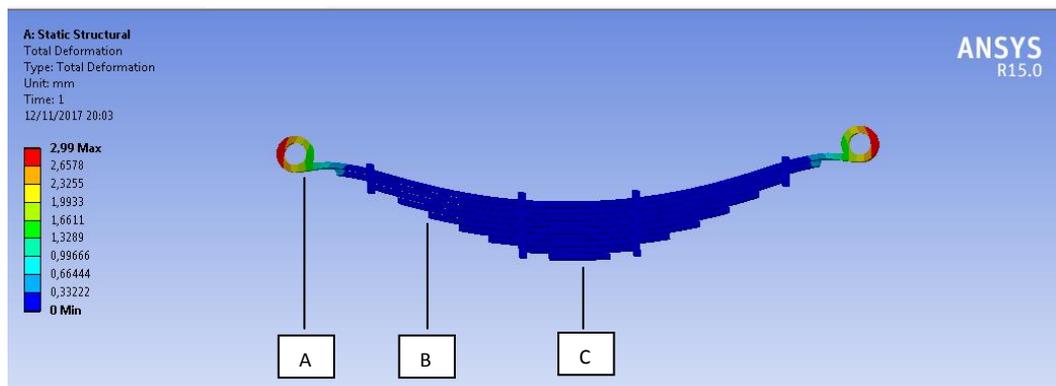
Dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min -0,19126 mm

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang paling berubah bentuk karena Deformasi Arah Sumbu Z adalah pada geometri 1 dengan max 0,056595 mm

#### 4.4 Hasil Pembahasan Simulai Total Deformation

##### 4.4.1 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 1

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 1 dengan pembebanan 43573N. akibat total depormation dari hasil gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 1

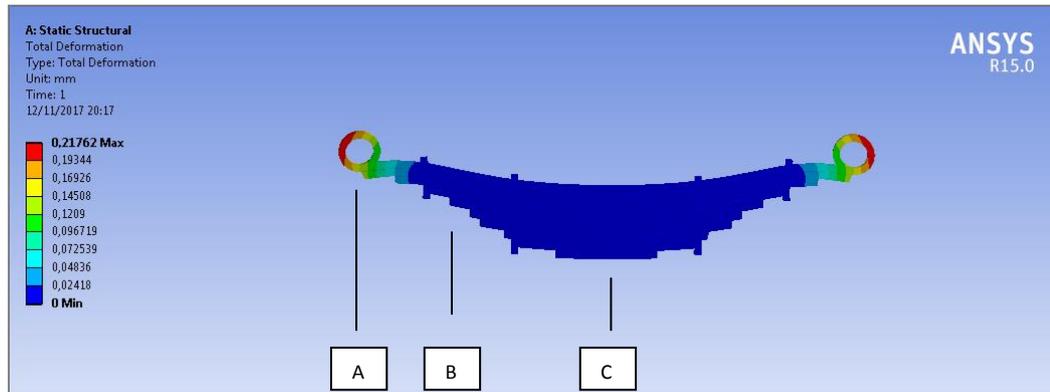
$$\tau_{\max} = 2,99\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0\text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 1,3289\text{mm}$$

##### 4.4.2 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 2

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 2 dengan pembebanan 22939N. akibat total depormation dari hasil gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 4.19 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 2

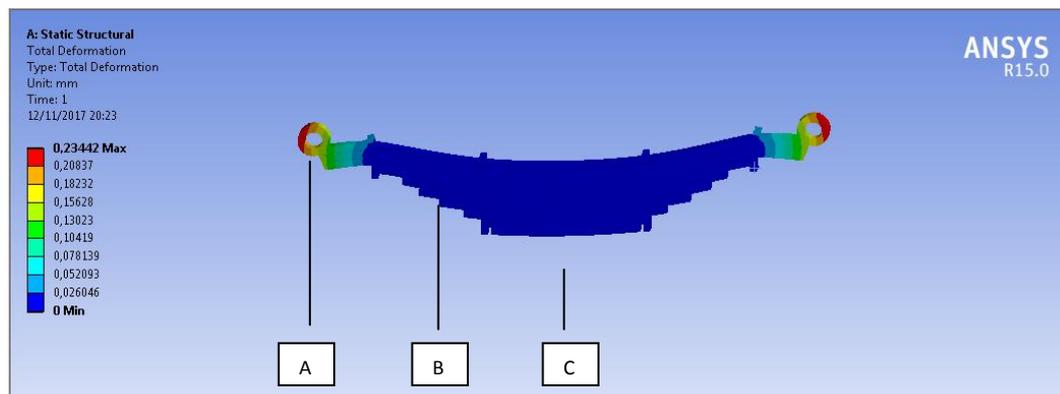
$$\tau \text{ max} = 0,21762\text{mm}$$

$$\tau \text{ min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau \text{ med} = 0,096719\text{mm}$$

#### 4.4.3 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 3

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 3 dengan pembebanan 42510N. akibat total depormation dari hasil gambar 4.20 dibawah ini.



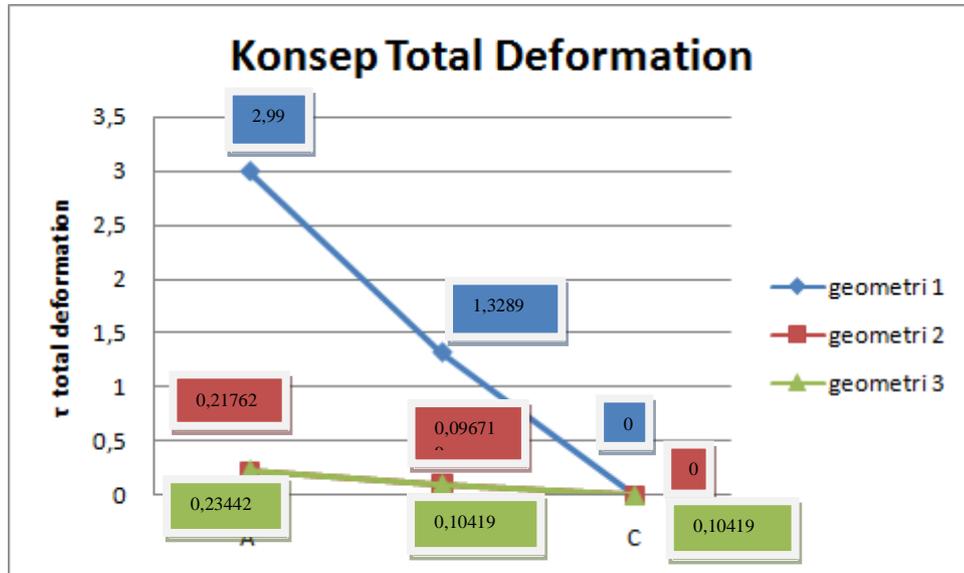
Gambar 4.20 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 3

$$\tau \text{ max} = 0,23442\text{mm}$$

$$\tau \text{ min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau \text{ med} = 0,10419\text{mm}$$

#### 4.4.4 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.21 Grafik Simulasi Total Deformation

Yaitu dengan variasi geometri total deformation dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 2,99 mm. pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 1,3289 mm. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,21762 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,096719 mm dan

C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

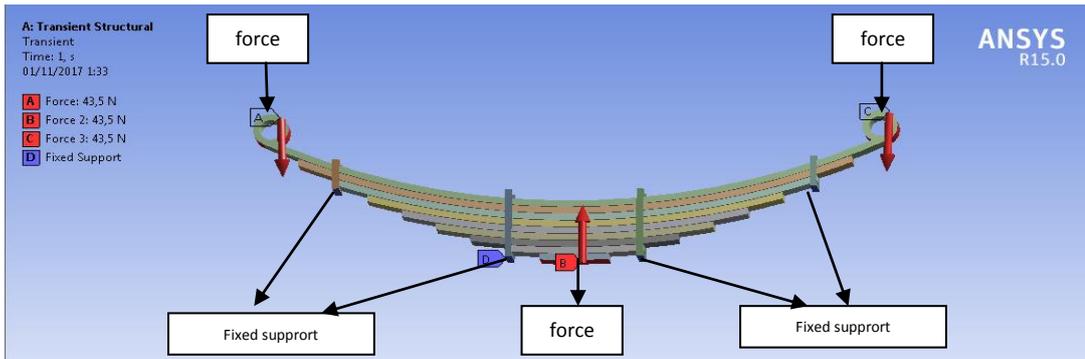
Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,23442 mm , pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yait 0,10419 mm dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang paling berubah bentuk karena total deformation adalah pada geometri 1 dengan max 2,99 mm

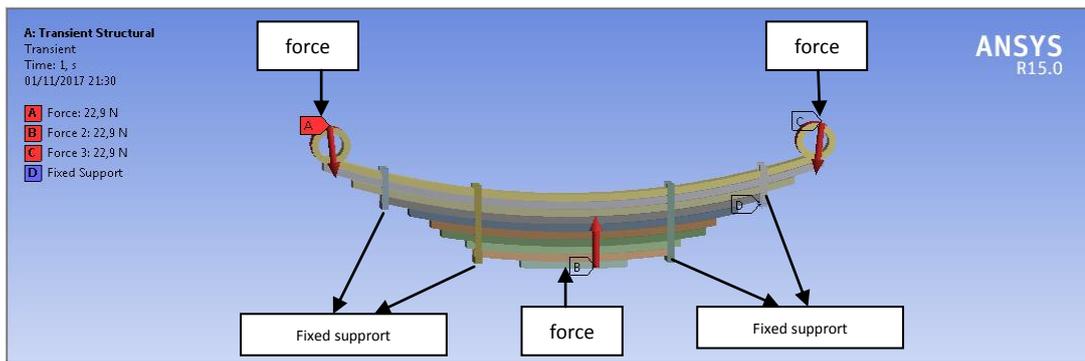
#### **4.5 Hasil Simulasi Ansys Workbench Transient Structural**

##### 4.5.1 Metode Pembebanan Uji Transienst Structural

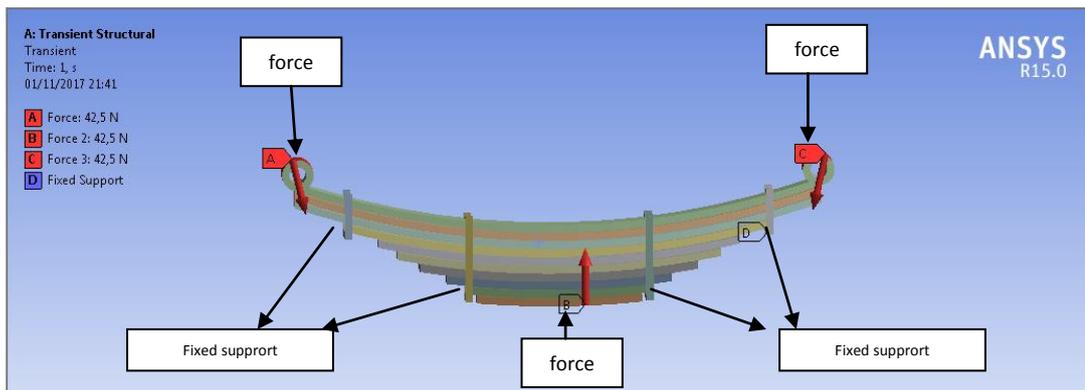
Force merupakan letak menaruh beban di ansys, yang mana force dapat di letakkan di sumbu Z pada masing-masing spesimen pegas daun. Force pada geometri 1 adalah 43573 N, geometri 2 adalah 22939 N, dan Geometri 3 adalah 42510 N. Beda dari force Static structural ialah dengan menggunakan tabular data. Tahap memulai force adalah dengan cara : *klik Static Structural-klik kanan-pilih force-kemudian pilih component*



Gambar 4.22 Metode Pembebanan Uji Transienst Structural Geometri 1



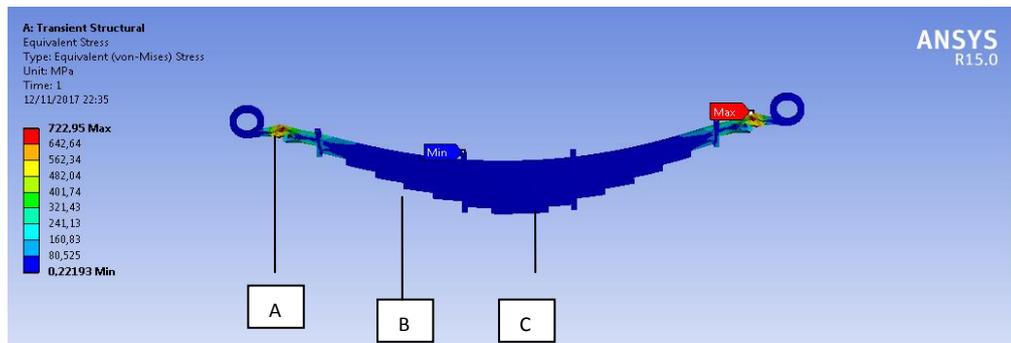
Gambar 4.23Metode Pembebanan Uji Transienst Structural Geometri 2



Gambar 4.24Metode Pembebanan Uji Transienst Structural Geometri 3

#### 4.5.2 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 1

Hasil simulasi equivalen stress pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 43573 N. Akibat equivalen stress dari hasil gambar 4.25 dibawah ini.



Gambar 4.25 Equivalen Stress Geometri 1

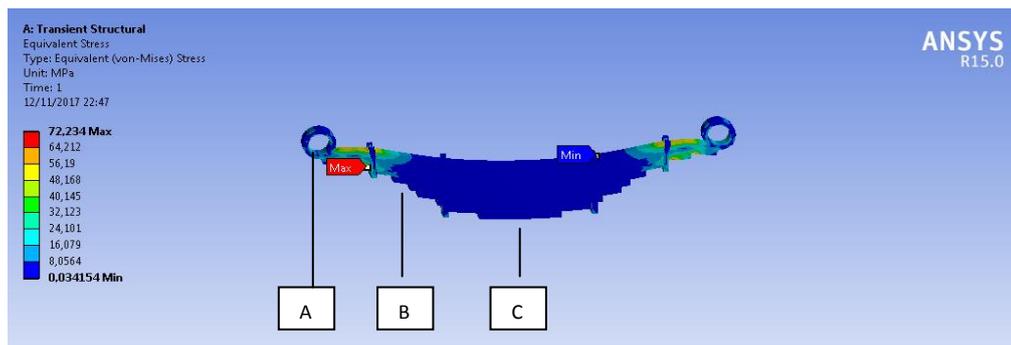
$$\tau_{\max} = 722,95 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,22193 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 321,43 \text{ MPa}$$

#### 4.5.3 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 2

Hasil simulasi equivalen stress pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 22939 N. Akibat equivalen stress dari hasil gambar 4.26 dibawah ini.



Gambar 4.26 Equivalen Stress geometri 2

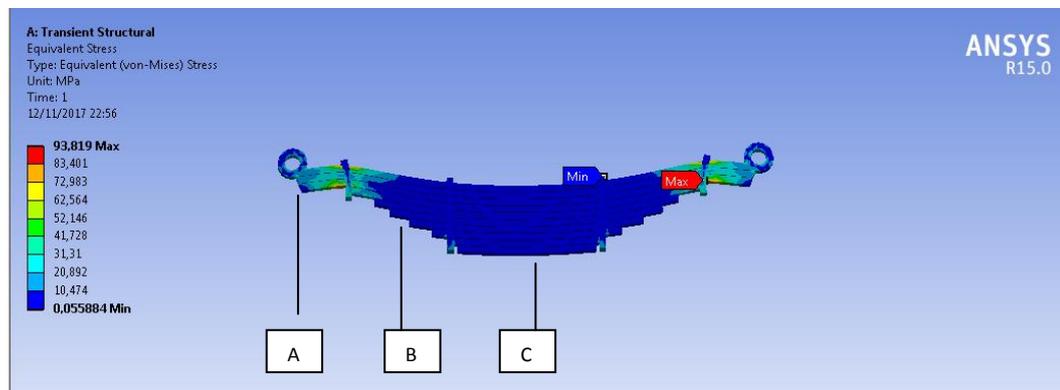
$$\tau_{\max} = 72,234 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,034154 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 32,123 \text{ MPa}$$

#### 4.5.4 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 3

Hasil simulasi equivalen stress pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 42510 N. Akibat equivalen stress dari hasil gambar 4.27 dibawah ini.



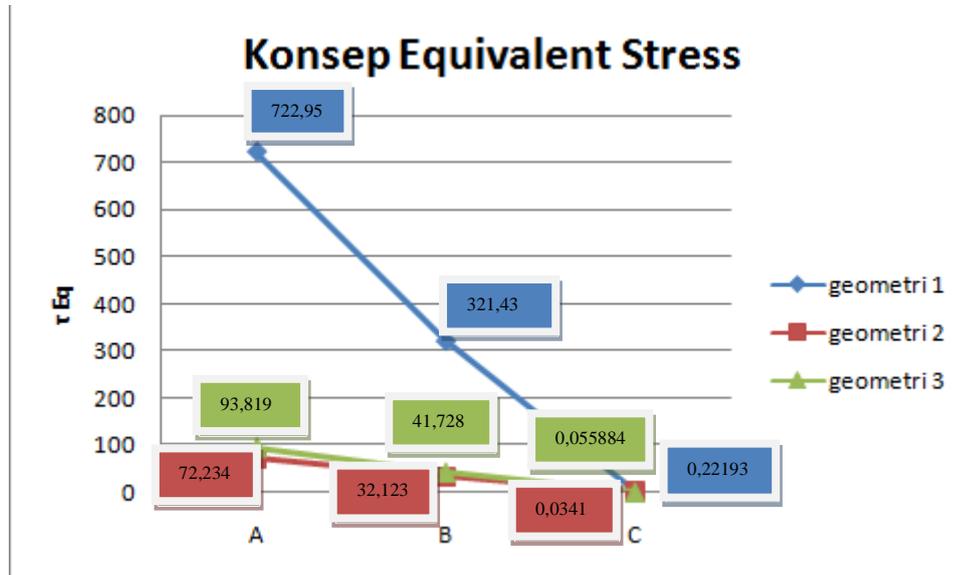
Gambar 4.27 Equivalen Stress Geometri 3

$$\tau_{\max} = 93,819 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,055884 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 41,728 \text{ MPa}$$

#### 4.5.5 Hasil Grafik Dari Simulasi Equivalen Stress Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.28 Grafik Equivalent Stress Transient Structural

Yaitu dengan variasi geometri equivalen stress dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 722,95 MPa , pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 321,43 MPa. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian 0,22193 MPa

Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 72,234 MPa, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 32,123 MPa dan C

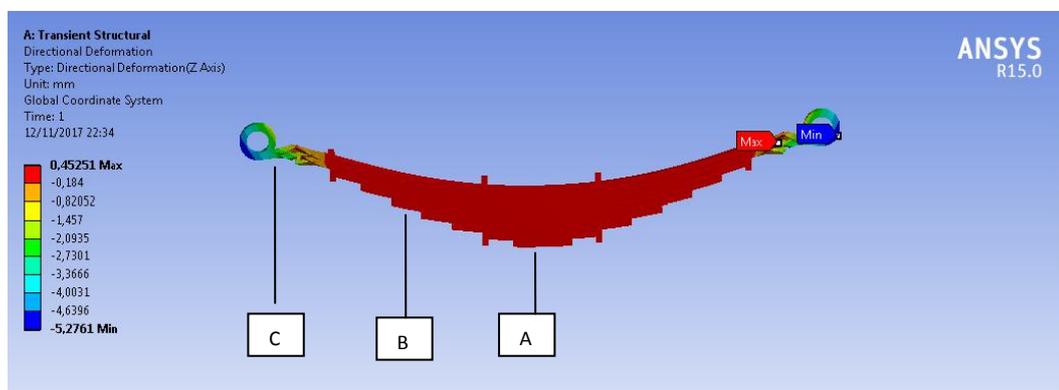
mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0,034154 MPa

Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 93,819 MPa , pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 41,728 MPa dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0,055884 MPa

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang paling berubah bentuk karena equivalent stress adalah pada geometri 1 dengan max 722,95 MPa

#### 4.5.6 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 1

Hasil simulasi Deformasi Arah Sumbu Z pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 43573 N. Akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.29 dibawah ini.



Gambar 4.29 Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 1

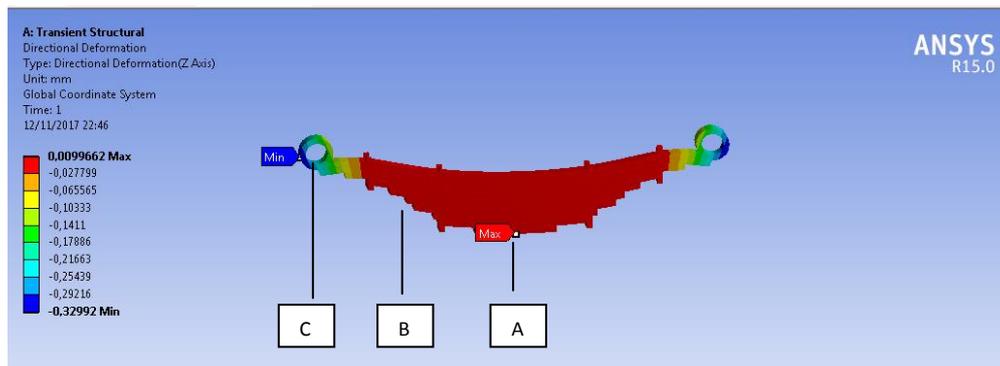
$$\tau_{\max} = 0,45251 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = -5,2761 \text{ mm}$$

$$\tau \text{ med} = -27301 \text{ mm}$$

#### 4.5.7 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 2

Hasil simulasi Deformasi Arah Sumbu Z pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 22939 N. Akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.30 dibawah ini.



Gambar 4.30 Deformasi Arah Sumbu Z geometri 2

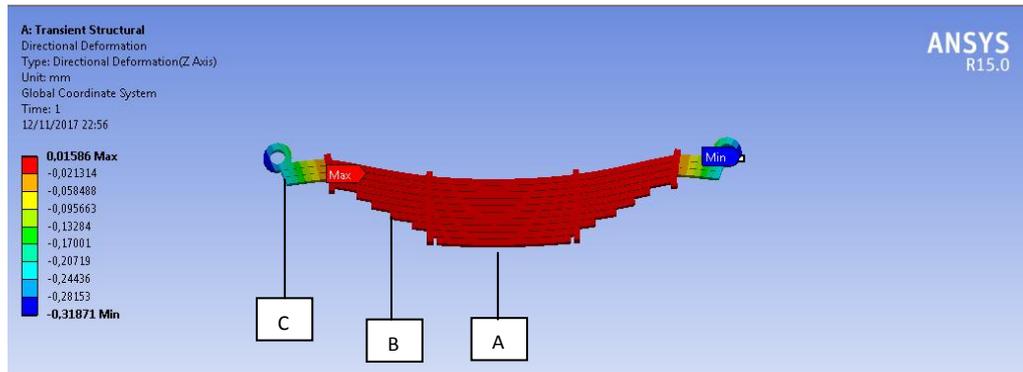
$$\tau \text{ max} = 0,0099662 \text{ mm}$$

$$\tau \text{ min} = -0,32992 \text{ mm}$$

$$\tau \text{ med} = -0,17886 \text{ mm}$$

#### 4.5.4 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 3

Hasil simulasi Deformasi Arah Sumbu Z pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 42510 N. Akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.31 dibawah ini.



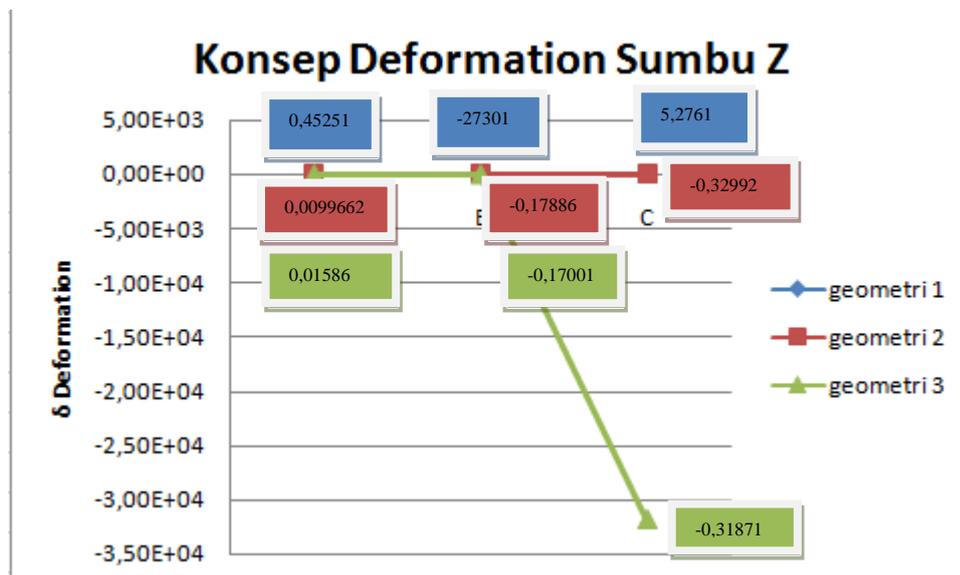
Gambar 4.31 Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 3

$\tau_{max} = 0,01586 \text{ mm}$

$\tau_{min} = -0,31871 \text{ mm}$

$\tau_{med} = -0,17001 \text{ mm}$

4.5.8 Hasil Grafik Dari Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.32 Grafik Deformasi Arah Sumbu Z Transient Structural

Yaitu dengan variasi geometri Deformasi Arah Sumbu Z dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,45251 mm , pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan-27301 mm. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian - 5,2761 mm

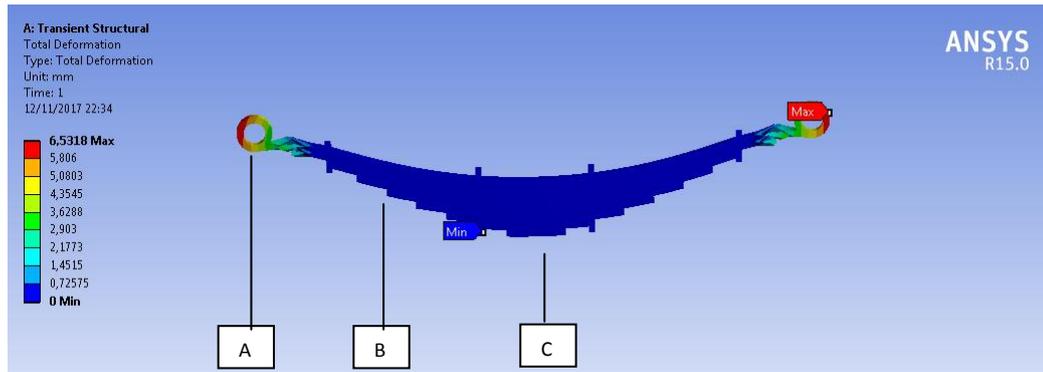
Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,0099662 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu -0,17886 mm dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min-0,32992 mm

Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,01586 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu -0,17001 mm dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min-0,31871 mm

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang paling berubah bentuk karena Deformasi Arah Sumbu Z adalah pada geometri 1 dengan max 0,45251 mm

#### 4.5.9 Hasil pembahasan Total Deformation Transient Structural

Hasil simulasi total deformation pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 43573 N. Akibat total deformation dari hasil gambar 4.33 dibawah ini.



Gambar 4.33 Total Deformation Geometri 1

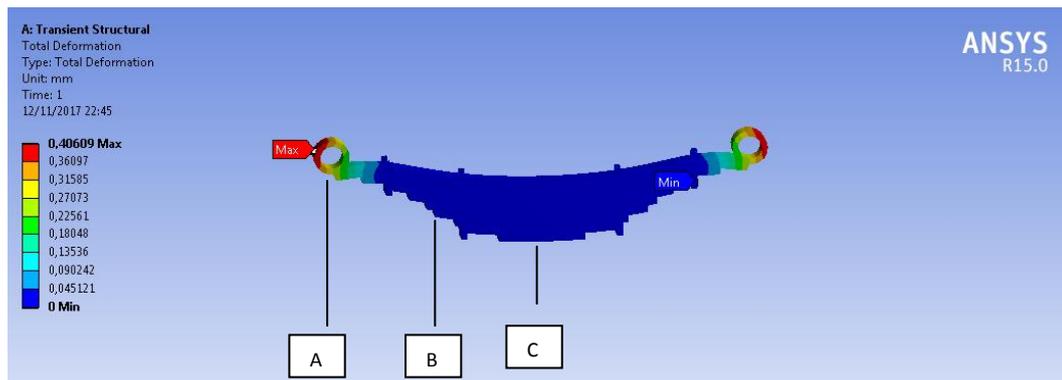
$$\tau_{\max} = 6,5318\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 2,903\text{mm}$$

#### 4.5.10 Hasil Pembahasan total deformation Geometri 2

Hasil simulasi total deformation pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 22939 N. Akibat total deformation dari hasil gambar 4.34 dibawah ini.



Gambar 4.34 Total Deformation Geometri 2

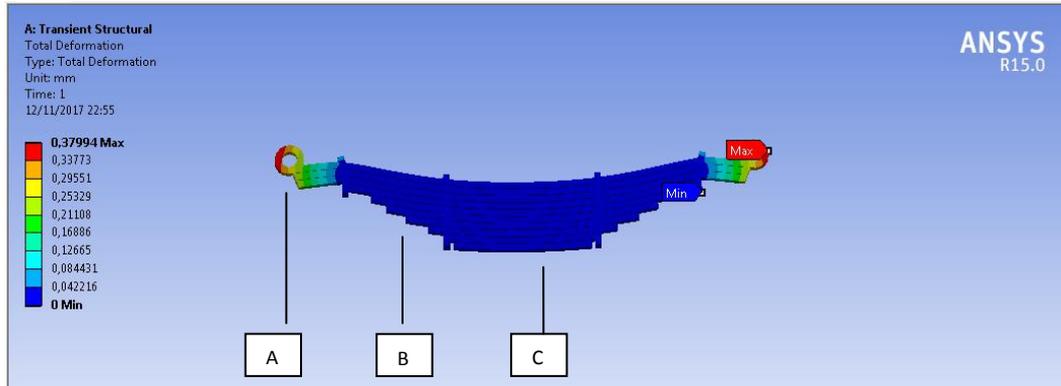
$$\tau_{\max} = 0,40609\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,18048\text{mm}$$

#### 4.5.11 Hasil Pembahasan total deformation Geometri 3

Hasil simulasi total deformation pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 42510 N. Akibat total deformation stress dari hasil gambar 4.35 dibawah ini.



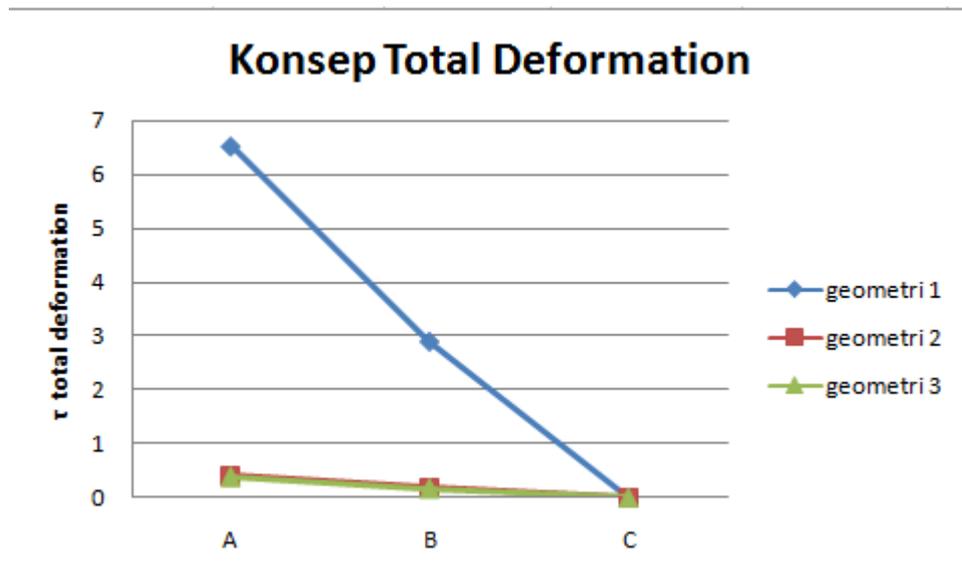
Gambar 4.35 Total Deformation Geometri 3

$$\tau_{\max} = 0,37994\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,16886\text{mm}$$

4.5.12 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.36 Grafik Total Deformation Transient Structural

Yaitu dengan variasi geometri total deformation dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 6,5318 mm. pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 2,903 mm. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,40609 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,18048 mm dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,37994 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,16886 mm dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

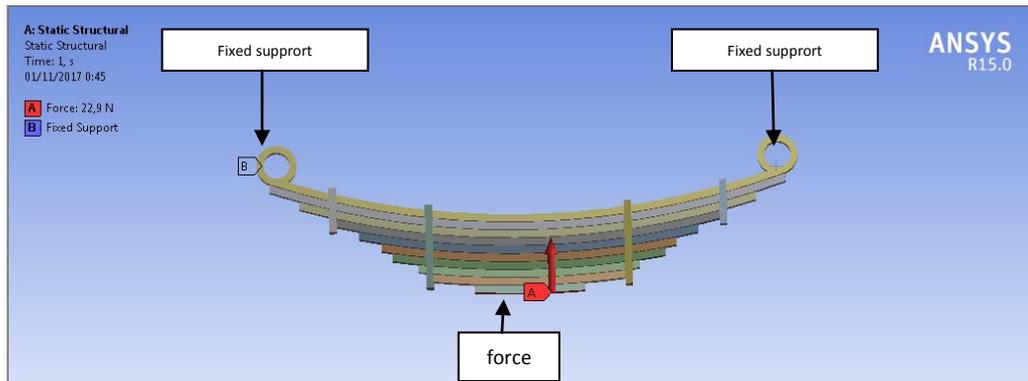
Dan di jelaskan dalam grafik titik yang paling berubah bentuk karena total deformation adalah pada geometri 1 dengan max 6,5318 mm

## **4.6 Hasil Simulasi Ansys Workbench Static Struktural Model 2**

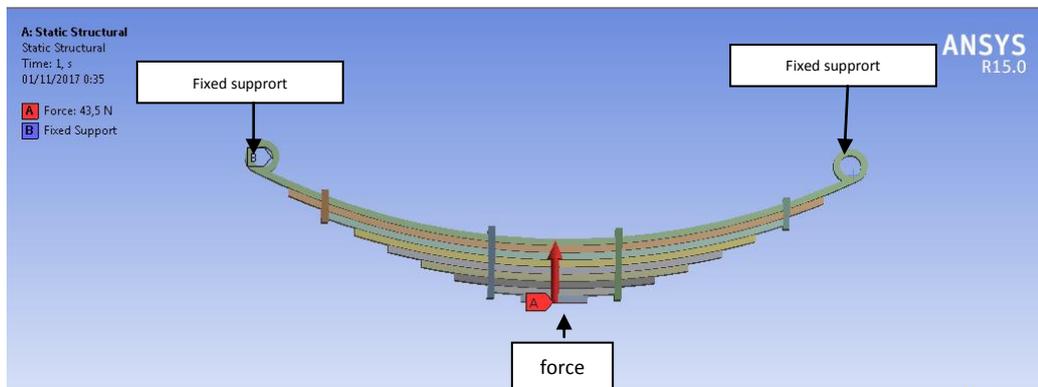
### 4.6.1 Metode Pembebanan Static Structural Model 2

Force merupakan letak menaruh beban di ansys, yang mana force dapat di letakkan di sumbu Z pada masing-masing spesimen pegas daun. Force pada

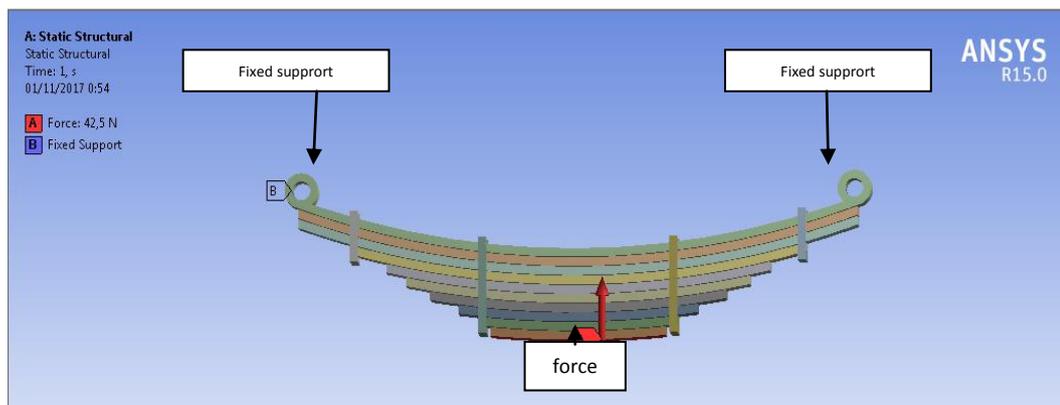
geometri 1 adalah 43573 N, geometri 2 adalah 22939 N, dan Geometri 3 adalah 42510 N. Tahap memulai force adalah dengan cara : *klik Static Structural-klik kanan-pilih force-kemudian pilih component*



Gambar 4.37Metode PembebananStatic Structural Model 2 Geometri 1



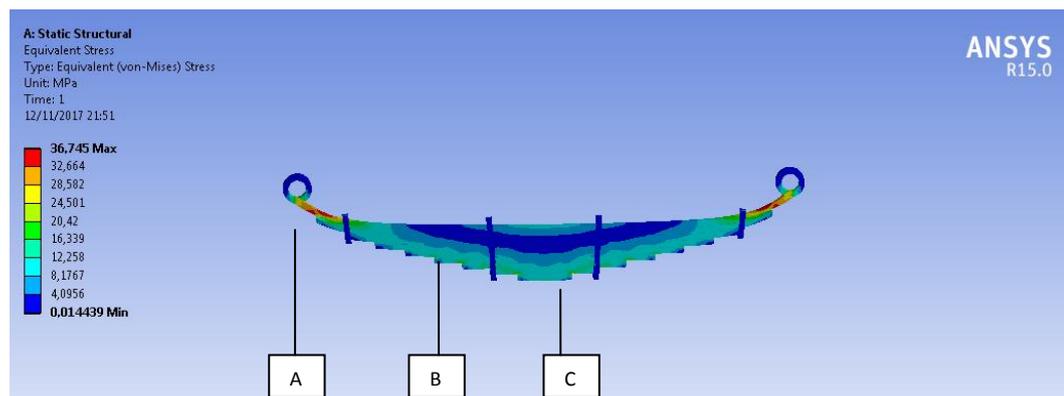
Gambar 4.38Metode PembebananStatic Structural Model 2 Geometri 2



Gambar 4.39Metode PembebananStatic Structural Model 2 Geometri 3

#### 4.6.2 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 1

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 1 dengan simulasi pembebanan 43573N. akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.40 dibawah ini.



Gambar 4.40 Hasil Simulasi Equivalen Stress Geometri 1

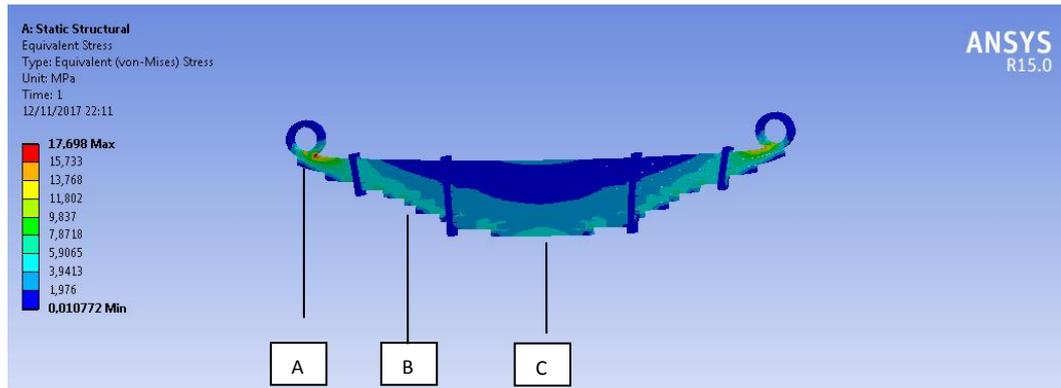
$$\tau_{\max} = 36,745\text{MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,014439\text{MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 16,339\text{MPa}$$

#### 4.6.3 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 2

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 2 dengan simulasi pembebanan 22939N. akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.41 dibawah ini.



Gambar 4.41 Hasil Simulasi Equivalen Stress Geometri 2

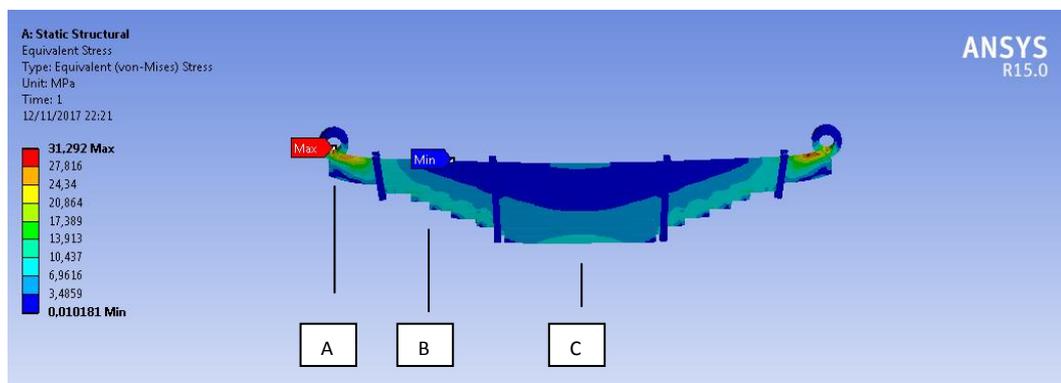
$$\tau_{\max} = 17,689 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,010772 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 7,8718 \text{ MPa}$$

#### 4.6.4 Hasil Pembahasan equivalen Stress Geometri 3

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 3 dengan simulasi pembebanan 42510N. akibat equivalent stress dari hasil gambar 4.42 dibawah ini.



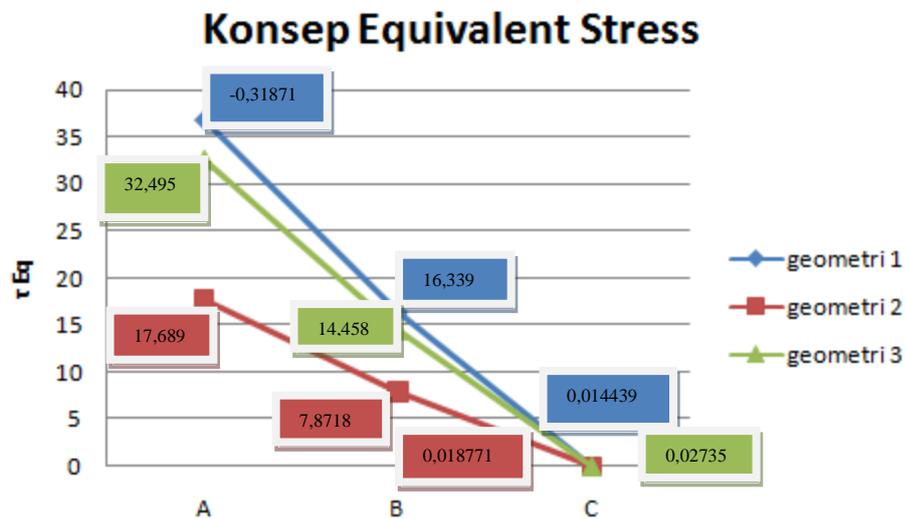
Gambar 4.42 Hasil Simulasi Equivalen Stress Geometri 3

$$\tau_{\max} = 31,292 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,010181 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 13,913 \text{ MPa}$$

#### 4.6.5 Hasil Grafik Dari Simulasi Equivalen Stress Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.43 Grafik Simulasi Equivalen Stress

Yaitu dengan variasi geometri equivalen stress dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 36,745 MPa, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 16,339 MPa. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian 0,014439 MPa

Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 17,689 MPa, pada titik B mengalami

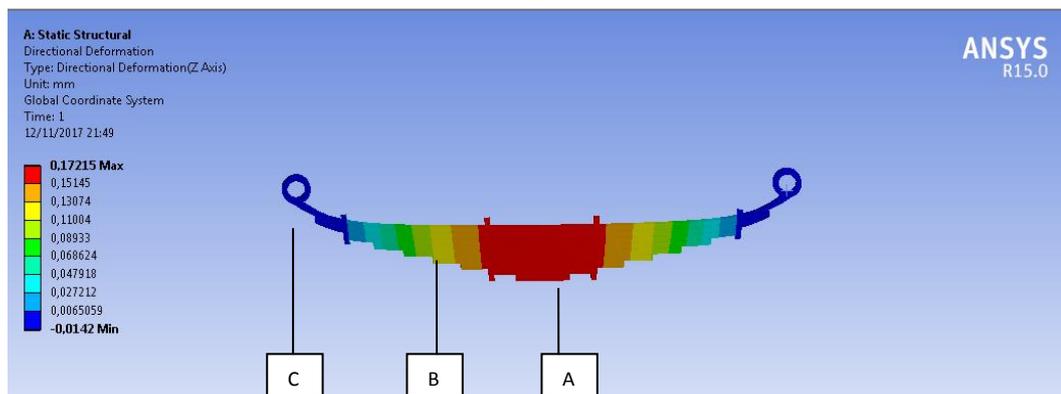
penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 7,8718 Mpa dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0,018771 MPa

Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 32,495 MPa , pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 14,458 MPa dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0,027358 MPa

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang panling berubah bentuk karena equivalent stress adalah pada geometri 1 dengan max 36,745 MPa

#### 4.6.6 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 1

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 1 dengan simulasi pembebanan 43573 N. akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.44 dibawah ini.



Gambar 4.44 Hasil Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 1

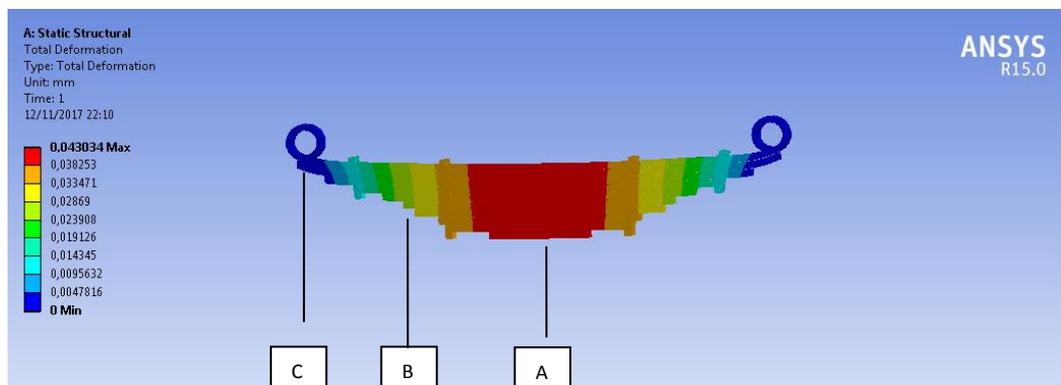
$$\tau_{\max} = 0,17215 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = -0,0142 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,068624 \text{ mm}$$

#### 4.6.7 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 2

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 2 dengan simulasi pembebanan 22939 N. akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.45 dibawah ini.



Gambar 4.45 Hasil Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 2

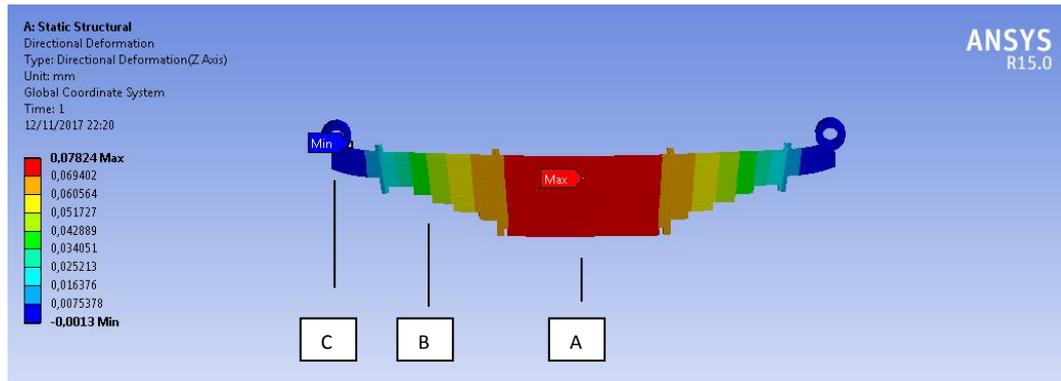
$$\tau_{\max} = 0,043034 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,019126 \text{ mm}$$

#### 4.6.8 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 3

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 3 dengan simulasi pembebanan 42510 N. akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.46dibawah ini.



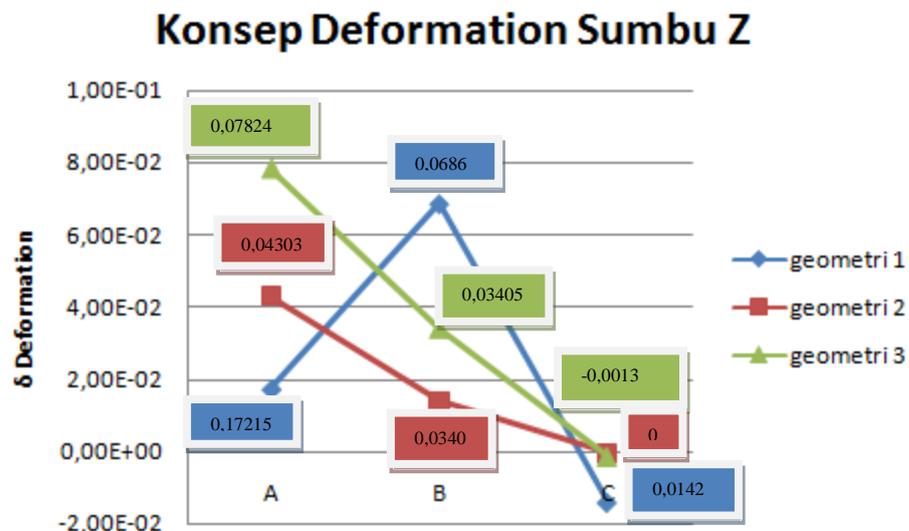
Gambar 4.46 Hasil Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 3

$$\tau_{\max} = 0,07824 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = -0,0013 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,034051 \text{ mm}$$

4.6.9 Hasil Grafik Dari Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.47 Grafik Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z

Yaitu dengan variasi geometri Deformasi Arah Sumbu Z dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,17215 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 0,068624 mm. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian - 0,0142 mm

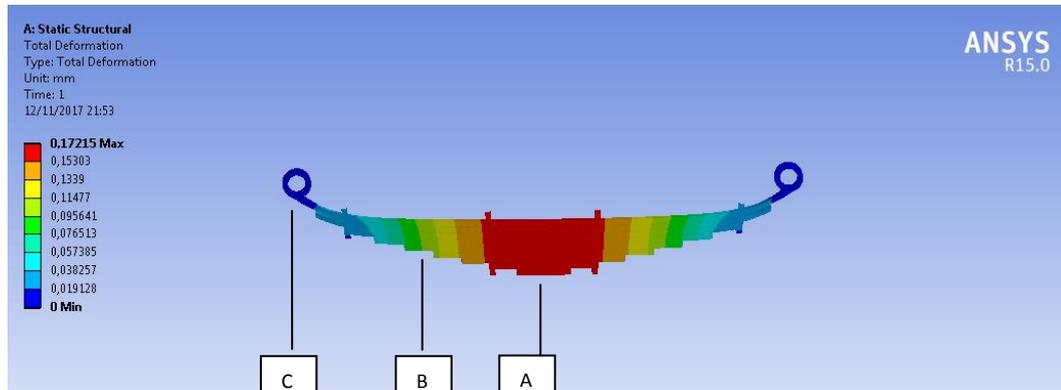
Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,043034 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,019126 mmdan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,07824 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,034051 mmdan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min -0,0013 mm

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang panling berubah bentuk karena Deformasi Arah Sumbu Z adalah pada geometri 1 dengan max 0,17215 mm

#### 4.6.10 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 1

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 1 dengan pembebanan 43573N. akibat total deformation dari hasil gambar 4.48 dibawah ini.



Gambar 4.48 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 1

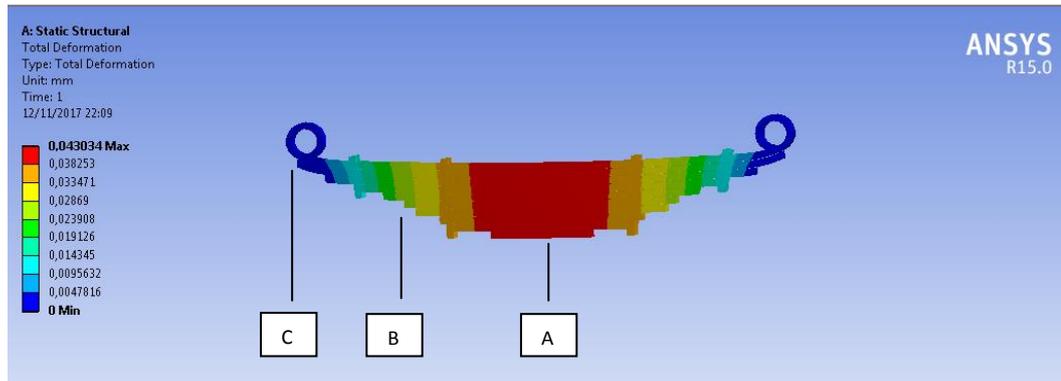
$$\tau_{\max} = 0,17215\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,076513\text{mm}$$

#### 4.6.11 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 2

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 2 dengan pembebanan 22939N. akibat total deformation dari hasil gambar 4.49 dibawah ini.



Gambar 4.49 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 2

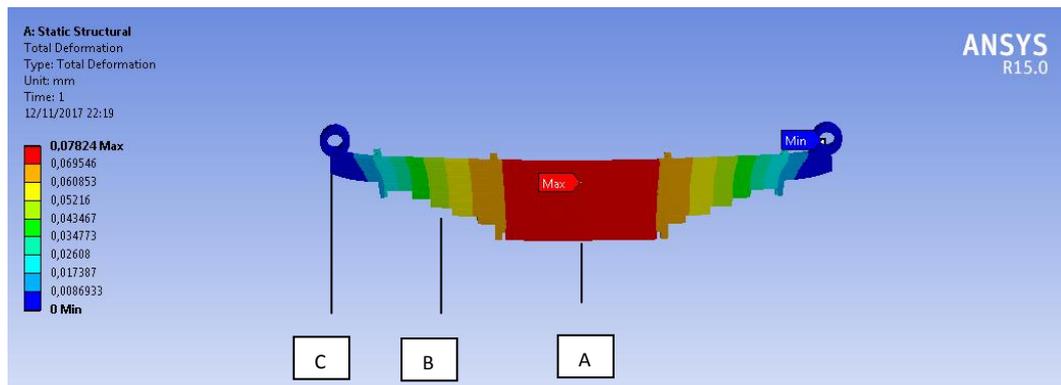
$$\tau_{\max} = 0,043034\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0\text{mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,019126\text{mm}$$

#### 4.6.12 Hasil Pembahasan Total Deformation Geometri 3

Hasil simulasi yang memperlihatkan pegas daun geometri 3 dengan pembebanan 42510N. akibat total deformation dari hasil gambar 4.50 dibawah ini.



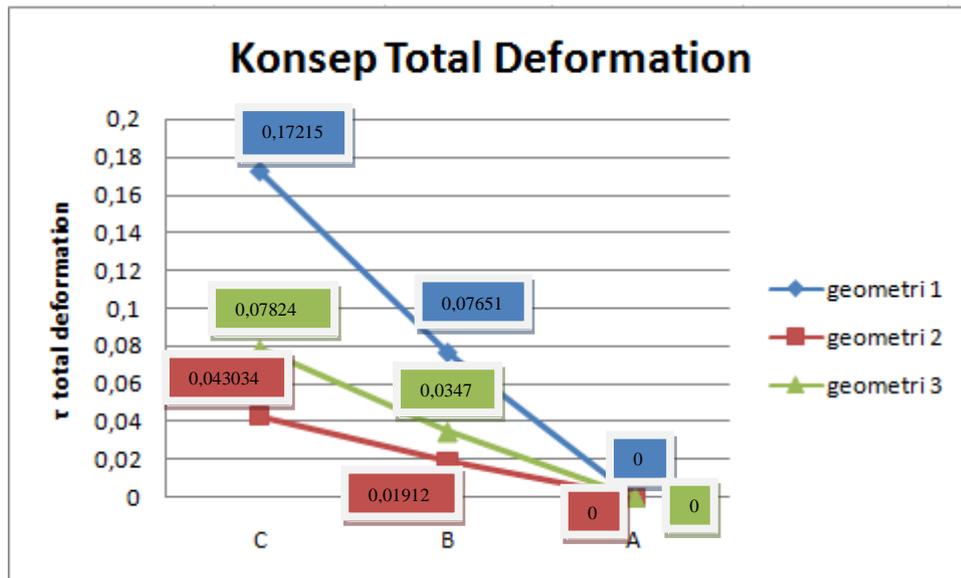
Gambar 4.50 Hasil Simulasi Total Deformation Geometri 3

$$\tau_{\max} = 0,07824\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0\text{mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,034773\text{mm}$$

#### 4.6.13 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.51 Grafik Simulasi Total Deformation

Yaitu dengan variasi geometri total deformation dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik C mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,17215 mm. pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 0,076513 mm. A mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Pada variasi geometri 2 dan pada titik C mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,043034 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,019126 mmdan A mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

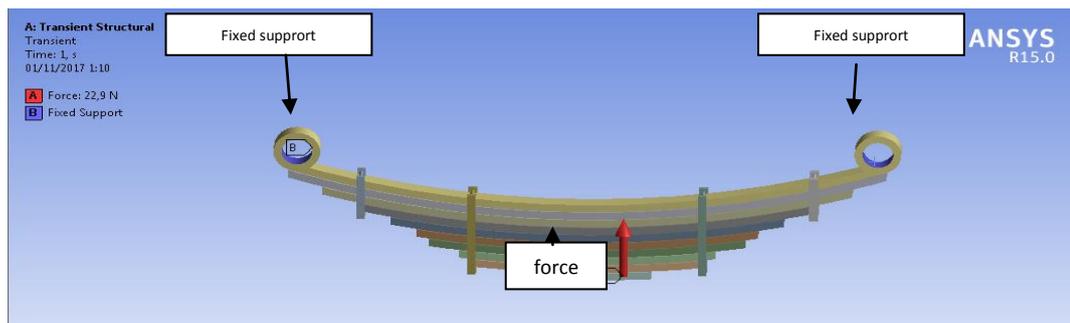
Pada variasi geometri 3 dan pada titik C mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,07824 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,034773 mm dan A mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang paling berubah bentuk karena total deformation adalah pada geometri 1 dengan max 0,17215 mm<sup>2</sup>

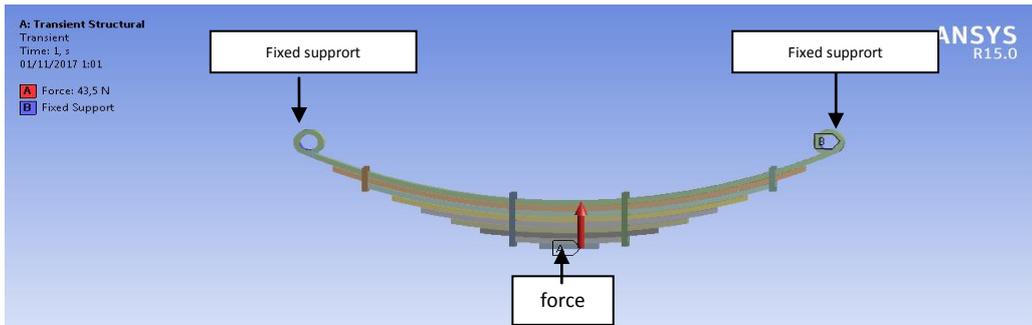
## 4.7 Hasil Simulasi Ansys Workbench Transient Structural model 2

### 4.7.1 Metode Pembebanan Transient Structural Model 2

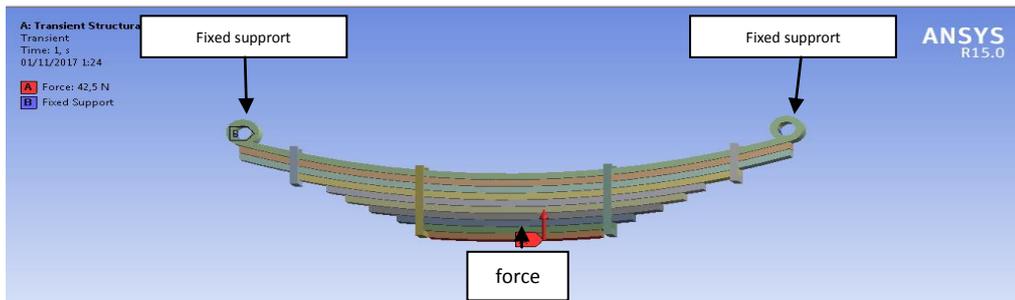
Force merupakan letak menaruh beban di ansys, yang mana force dapat di letakkan di sumbu Z pada masing-masing spesimen pegas daun. Force pada geometri 1 adalah 43573 N, geometri 2 adalah 22939 N, dan Geometri 3 adalah 42510 N. Beda dari force Static structural ialah dengan menggunakan tabular data. Tahap memulai force adalah dengan cara : *klik Static Structural-klik kanan-pilih force-kemudian pilih component*



Gambar 4.52 Metode Pembebanan Transient Structural Model 2 Geometri 1



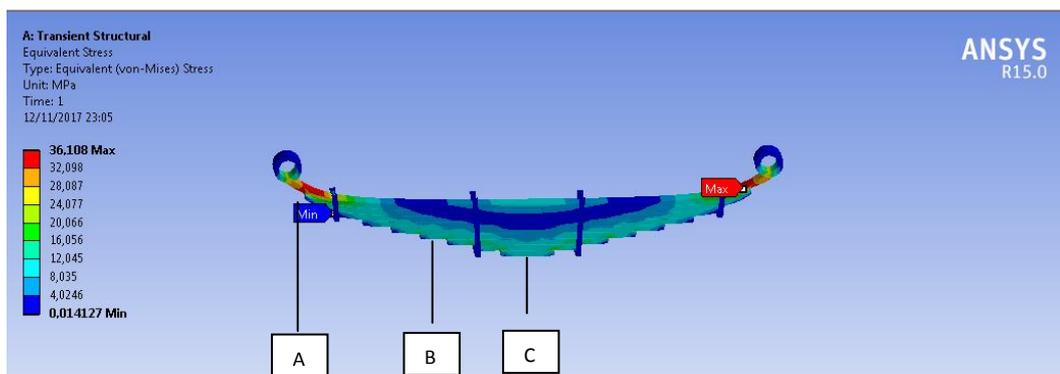
Gambar 4.53 Metode Pembebanan Transient Structural Model 2 Geometri 2



Gambar 4.54 Metode Pembebanan Transient Structural Model 2 Geometri 3

#### 4.7.2 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 1

Hasil simulasi equivalen stress pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 43573 N. Akibat equivalen stress dari hasil gambar 4.55 dibawah ini.



Gambar 4.55 Equivalen Stress Geometri 1

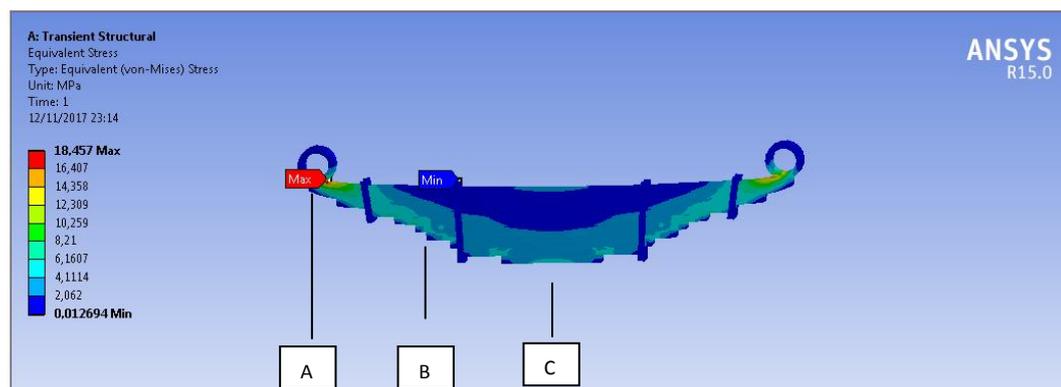
$$\tau_{\max} = 36,108 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,014127 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 16,056 \text{ MPa}$$

#### 4.7.3 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 2

Hasil simulasi equivalen stress pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 22939 N. Akibat equivalen stress dari hasil gambar 4.56 dibawah ini.



Gambar 4.56 Equivalen Stress geometri 2

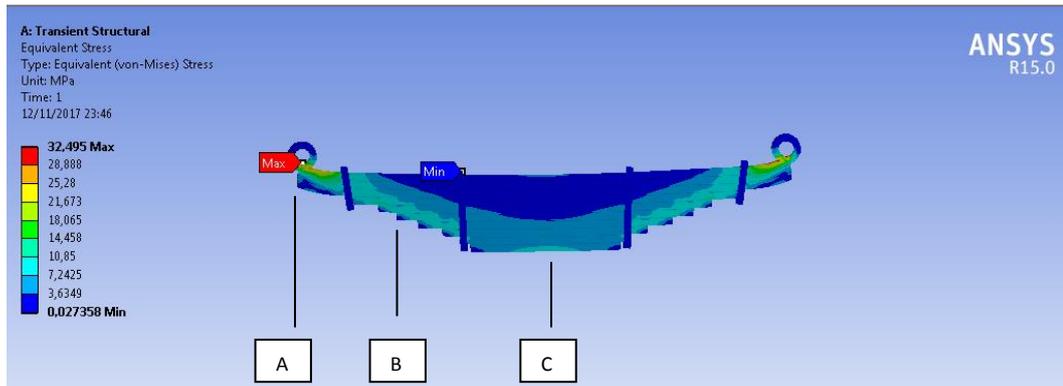
$$\tau_{\max} = 18,457 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,012694 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 8,21 \text{ MPa}$$

#### 4.7.4 Hasil Pembahasan Equivalen Stress Geometri 3

Hasil simulasi equivalen stress pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 42510 N. Akibat equivalen stress dari hasil gambar 4.57 dibawah ini.



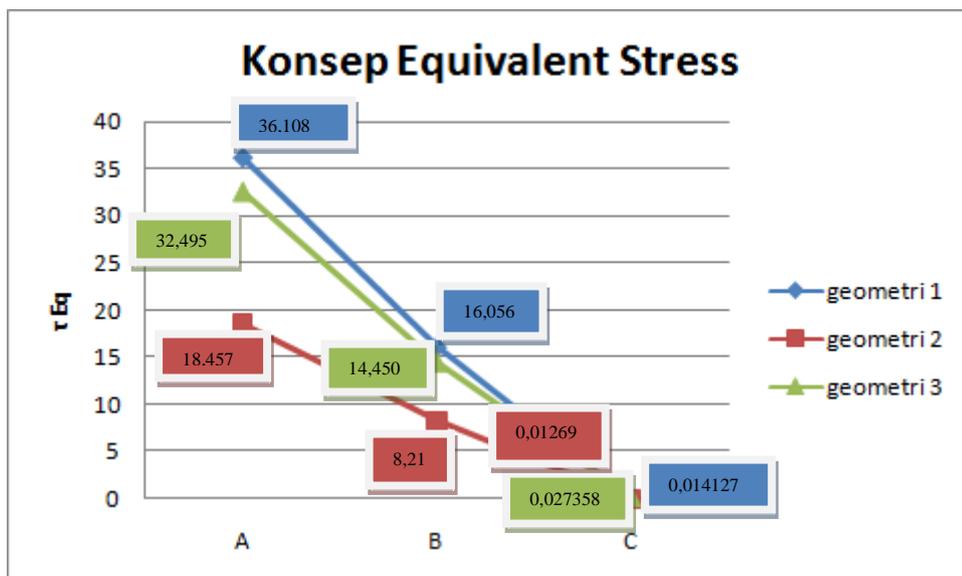
Gambar 4.57 Equivalen Stress Geometri 3

$$\tau_{\max} = 32,495 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\min} = 0,027358 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{med}} = 14,450 \text{ MPa}$$

#### 4.7.5 Hasil Grafik Dari Simulasi Equivalent Stress Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.58 Grafik Equivalent Stress Transient Structural

Yaitu dengan variasi geometri equivalent stress dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 36,108 MPa, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 16,056 MPa. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian 0,014127 MPa

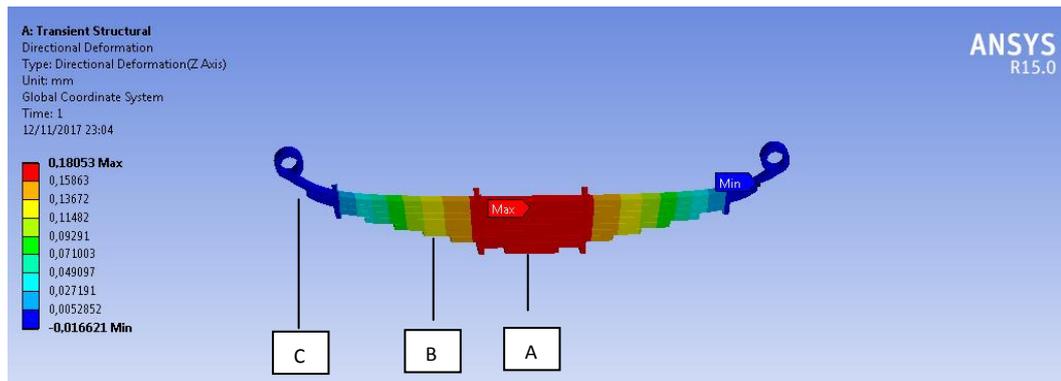
Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 18,457 MPa, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 8,21 MPa dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min  $\tau$  min 0,012694 MPa

Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 32,495 MPa, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 14,450 MPa dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0,027358 MPa

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang paling berubah bentuk karena equivalent stress adalah pada geometri 1 dengan max 36,108 MPa

#### 4.7.6 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 1

Hasil simulasi Deformasi Arah Sumbu Z pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 43573 N. Akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.59 dibawah ini.



Gambar 4.59 Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 1

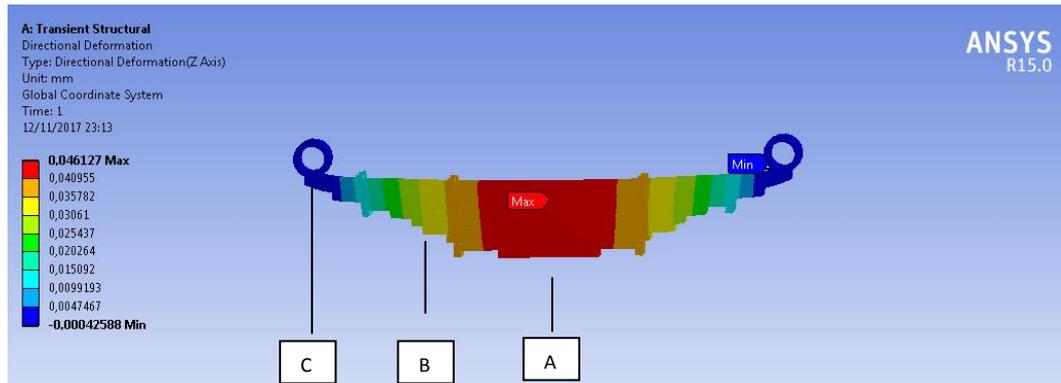
$$\tau_{\max} = 0,18053 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = -0,016621 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,071003 \text{ mm}$$

#### 4.7.7 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 2

Hasil simulasi Deformasi Arah Sumbu Z pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 22939 N. Akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.60 dibawah ini.



Gambar 4.60 Deformasi Arah Sumbu Z geometri 2

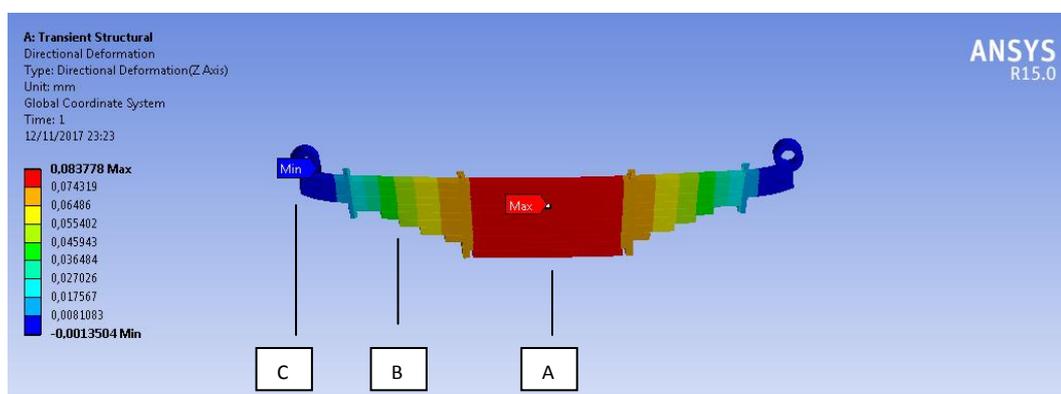
$$\tau_{\max} = 0,046127 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = -0,00042588 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,020264 \text{ mm}$$

#### 4.7.8 Hasil Pembahasan Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 3

Hasil simulasi Deformasi Arah Sumbu Z pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 42510 N. Akibat Deformasi Arah Sumbu Z dari hasil gambar 4.61 dibawah ini.



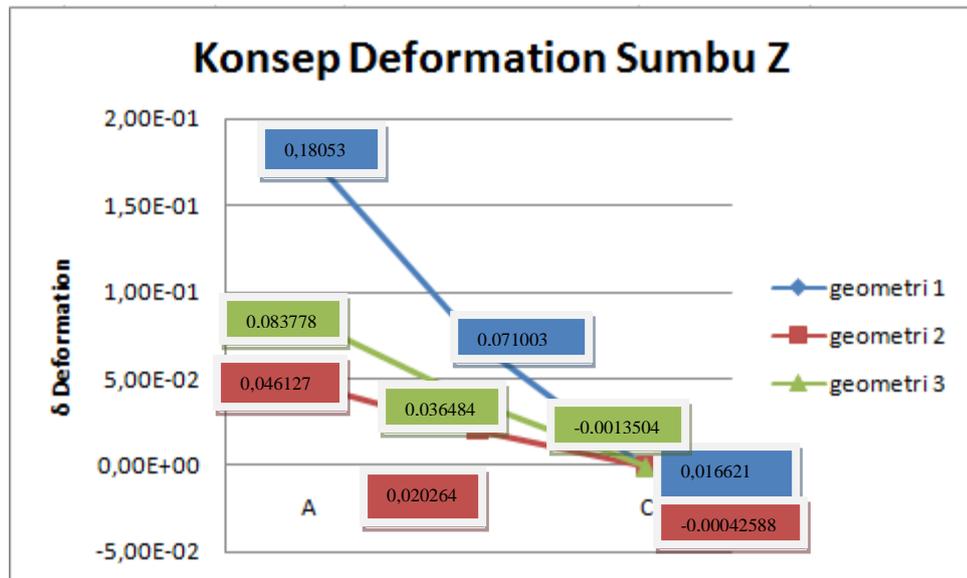
Gambar 4.61 Deformasi Arah Sumbu Z Geometri 3

$$\tau_{\max} = 0,083778 \text{ mm}$$

$$\tau_{\min} = -0,0013504 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,036484 \text{ mm}$$

4.7.9 Hasil Grafik Dari Simulasi Deformasi Arah Sumbu Z Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.62 Grafik Deformasi Arah Sumbu Z Transient Structural

Yaitu dengan variasi geometri Deformasi Arah Sumbu Z dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,18053 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 0,071003 mm. C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian - 0,016621 mm

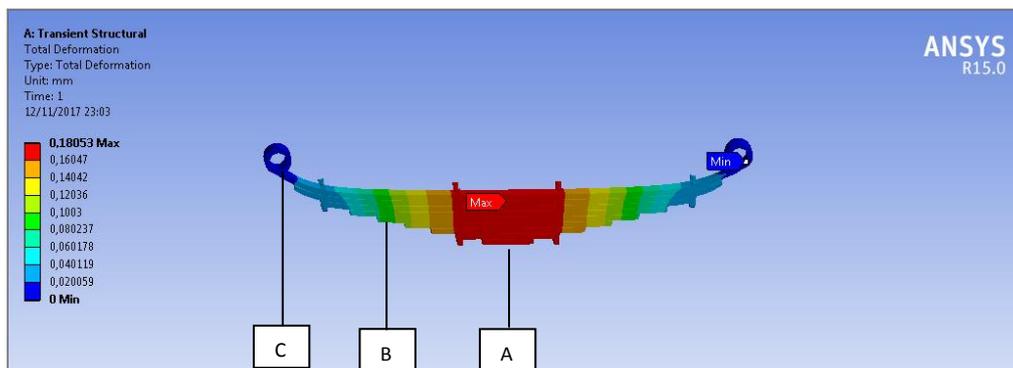
Pada variasi geometri 2 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,046127 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,020264 mm dan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min  $\tau$  min -0,00042588 mm

Pada variasi geometri 3 dan pada titik A mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun 0,083778 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,036484 mmdan C mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min -0,0013504 mm

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang panling berubah bentuk karena Deformasi Arah Sumbu Z adalah pada geometri 1 dengan max 0,18053 mm

#### 4.7.10 Hasil pembahasan Total Deformation Transient Structural

Hasil simulasi total deformation pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 43573 N. Akibat total deformation dari hasil gambar 4.63 dibawah ini.



Gambar 4.63 Total Deformation Geometri 1

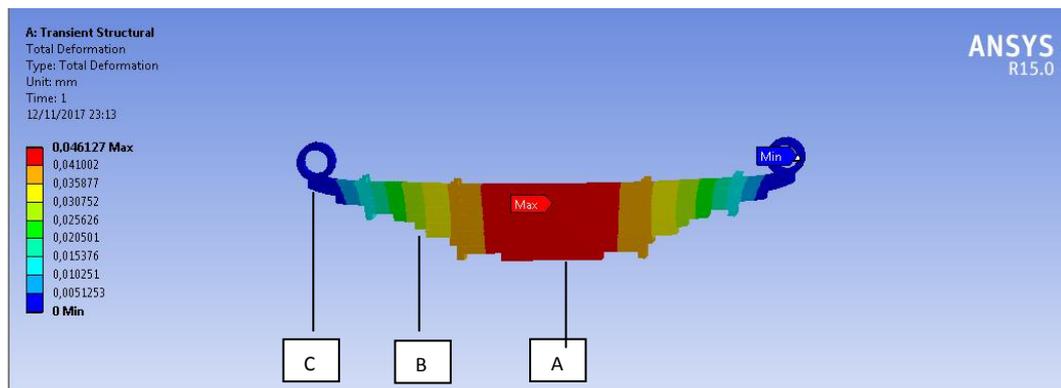
$$\tau_{\max} = 0,18059\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,080237\text{mm}$$

#### 4.7.11 Hasil Pembahasan total deformation Geometri 2

Hasil simulasi total deformation pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 22939 N. Akibat total deformation dari hasil gambar 4.64 dibawah ini.



Gambar 4.64 Total Deformation Geometri 2

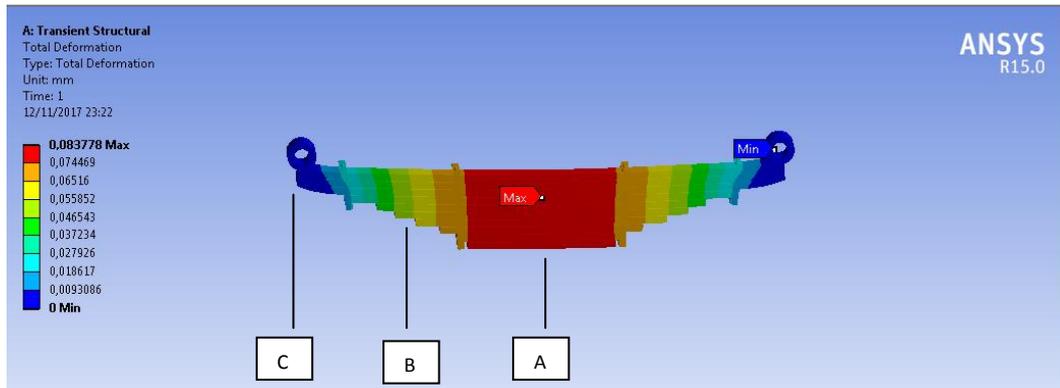
$$\tau_{\max} = 0,046127\text{mm}$$

$$\tau_{\min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau_{\text{med}} = 0,020501\text{mm}$$

#### 4.7.12 Hasil Pembahasan total deformation Geometri 3

Hasil simulasi total deformation pada transient structural menunjukkan dengan pembebanan 42510 N. Akibat total deformation stress dari hasil gambar 4.65 dibawah ini.



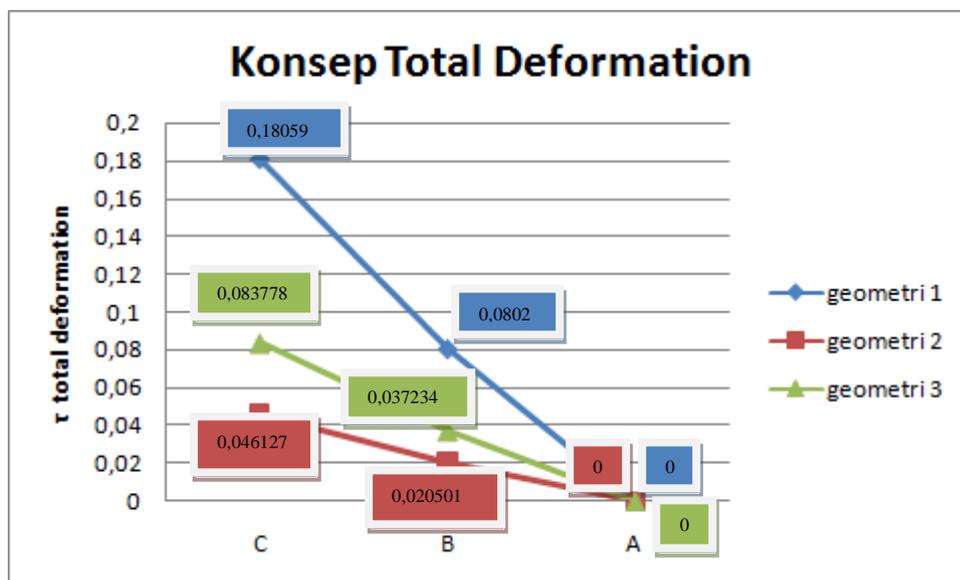
Gambar 4.65 Total Deformation Geometri 3

$$\tau \text{ max} = 0,083778\text{mm}$$

$$\tau \text{ min} = 0 \text{ mm}$$

$$\tau \text{ med} = 0,037234\text{mm}$$

#### 4.7.13 Hasil Grafik Simulasi Total Deformation Pada Geometri 1,2, dan 3



Gambar 4.66 Grafik Total Deformation Transient Structural

Yaitu dengan variasi geometri total deformation dengan pembebanan daya geometri 1 : 43573 N, geometri 2 : 22939 N, dan geometri 3 : 42510 N adalah.

Pada variasi geometri 1 dan pada titik C mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,18059 mm. pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan 0,080237 mm. A mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Pada variasi geometri 2 dan pada titik C mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,046127 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,020501 mm dan A mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Pada variasi geometri 3 dan pada titik C mengalami titik max pengujian tarik perubahan bentuk pegas daun max 0,083778 mm, pada titik B mengalami penurunan karena daya semakin berkurang yg di berikan yaitu 0,037234 mm dan A mengalami pada posisi min karena pegas daun pada posisi awal start pengujian min 0 mm

Dan di jelaskan dalam grafik titik yang paling berubah bentuk karena total deformation adalah pada geometri 1 dengan max 0,18059 mm

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pegas daun dengan variasi geometri ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dilihat dari hasil analisis terhadap static structural, bahwa terdapat tegangan maksimal diantara equivalent stress, deformation arah sumbu z dan total deformation adalah :

pada equivalent stress kekuatan maksimal adalah pada geometri 1 = 375,39 Mpa

pada deformation arah sumbu z kekuatan maksimal adalah pada geometri 1 = 0,056595 mm

Dan pada total deformation tegangan kekuatan maksimal adalah pada geometri 1 = 2,99 mm

2. Dilihat dari hasil analisis terhadap transient structural, bahwa terdapat tegangan maksimal diantara equivalent stress, deformation arah sumbu z dan total deformation adalah :

pada equivalent stress tegangan kekuatan maksimal adalah pada geometri 1 = 722,95 Mpa

pada deformation arah sumbu z kekuatan maksimal adalah pada geometri 1 = 0,45251 mm

Dan pada total deformation tegangan paling tinggi adalah pada geometri 1 = 6,5318 mm

3. Dilihat dari hasil analisis terhadap static structural model 2, bahwa terdapat tegangan maksimal diantara equivalent stress, deformation arah sumbu z dan total deformation adalah :

pada equivalent stress tegangan kekuatan maksimal adalah pada geometri 1  
 $= 36,745 \text{ Mpa}$

pada deformation arah sumbu z kekuatan maksimal adalah pada geometri  
 $1 = 0,17215 \text{ mm}$

Dan pada total deformation tegangan kekuatan maksimal adalah pada geometri  
 $1 = 0,17215 \text{ mm}$

4. Dilihat dari hasil analisis terhadap transient structural model 2, bahwa terdapat tegangan maksimal diantara equivalent stress, deformation arah sumbu z dan total deformation adalah :

pada equivalent stress tegangan kekuatan maksimal adalah pada geometri 1  
 $= 36,108 \text{ Mpa}$

pada deformation arah sumbu z kekuatan maksimal adalah pada geometri  
 $1 = 0,18053 \text{ mm}$

Dan pada total deformation tegangan kekuatan maksimal adalah pada geometri  
 $1 = 0,18059 \text{ mm}$

## 5.2 Saran

1. Penulis menyarankan untuk mempelajari dalam menggunakan software catia dalam menggambar pegas daun dan menganalisa software ansys dalam simulasinya.
2. Perlu dikaji ulang dalam meshing pegas daun didalam *software ansys worcbench*

## DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, T. (2000). Analisa Kegagalan Pegas Daun ( leaf spring ) Pada Toyota Kijang Kapsul 7K-EI Tahun 2000. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muria Kudus Gondang Manis*. Vol. 6(2), Hal. 2
- Daud pinem,Mhd. (2010) Mekanika Kekuatan Material. Bandung: Rekayasa Sains.
- Sudarsono dan Gunawan Yuspian. ( 2012 ). Analisis Kekuatan Pegas Daun ( leaf Spring ) Pada Suzuki Carry Futura 1.5 mega Cargo. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Haluoleo*, Vol.3 (2), hal. 1-2
- Syaifuddin, H. (2015). Analisis Tegangan Von Mises Pegas Daun Mobil Listrik Angkutan massal Menggunakan Metode Elemen Hingga. Laporan Tugas Akhir. Semarang: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang
- Thamrin, I.( 1999 ). Analisa Tegangan-Regangan Pegas Daun Akibat Modifikasi Penekanan. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Sriwijaya*. Vol.5 (2), Hal 1-2
- Kong, YS. S. Abdullah. MZ, Omar dan SM, Harris. (2016). Failure assessment of a leaf spring eye design under various load cases. *engineering faulire analysys*. Vol. (63), Hal. 146-159
- Arnaud CLAVEL, Michel SORINE, Qinghua ZHANG. (2001). Modeling And Identification Of Leaf Spring System. *engineering faulire analysys*. Vol. 105 (32), Hal. 1-2
- J.J. Fuentes, H.J. Aguilar, J.A. Rodri'guez, E.J. Herrera. (2009). Premature fracture in automobile leaf springs. *Engineering Failure Analysis*. Vol. 16 (63), Hal. 648–655
- Krishan Kumar, M.L.Aggarwalb. (2017). Optimization of Various Design Parameters for EN45A Flat Leaf Spring. *Materials Today Proceedings*. Vol. 4 (32), Hal. 1829–1836
- Yang Shenhua, Kou Shuqing, Deng Chunping. (1997). Research and application of precision roll-forging taper-leaf spring of vehicle. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 65 (97), Hal. 268-271
- Mahmood M. Shokrieh, Davood Rezaei. (2003). Analysis and optimization of a composite leaf spring. *Journal of Composite Structures*. Vol. 60 (23), Hal. 317-325

C. Subramanian, S. Senthilvelan. (2010). Effect of reinforced fiber length on the joint performance of thermoplastic leaf spring. *Materials and Design*. Vol. 31 (90), Hal. 3733–3741

Basaran Ozmena, Berkuk Altiokb, Alper Guzelb, Ibrahim Kocyigitb, Serter Atamera. (2015). A novel methodology with testing and simulation for the durability of leaf springs based on measured load collectives. *Procedia Engineering*. Vol 101 (10), Hal 363 – 371

G.Niemann, P.Bambang. (1982) *Elemen Mesin*. Jakarta: Penerbit Erlangga

## CURRICULUM VITAE



### **A. DATA PRIBADI**

1. Nama : JOKO SISWANTO
2. Jenis Kelamin : Laki-Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 24 November 1995
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Belum Menikah
6. Pekerjaan : CV.Karya Jaya
7. Tinggi/ Berat Badan : 171 cm/ 70 kg
8. Agama : Islam
9. Alamat : Jl. Pancing 1. Lk.X Mabar Hilir
10. No.Hp : 081362593402/081396686628
11. Email : Jokosiswanto504@gmail.com

### **B. Riwayat Pendidikan**

1. 2001-2007 : Lulus SD YP.PELITA Medan
2. 2007-2010 : Lulus SMP YP.PELITA Medan
3. 2010-2013 : Lulus SMK YP Swasta Al-fattah Medan
4. 2013-2017 : Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin S1