

TUGAS AKHIR

**ANALISA FATIK PEGAS DAUN KENDARAAN *TRUCK*
MITSUBISHI CANTER 125 PS PENGANGKUT SAWIT
DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**



OLEH :

RIDHO NUR HUDA

NPM : 15.331.0129

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020



TUGAS AKHIR

ANALISA FATIK PEGAS DAUN KENDARAAN *TRUCK* MITSUBISHI CANTER 125 PS PENGANGKUT SAWIT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

OLEH :

RIDHO NUR HUDA

NPM : 15.331.0129

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

2020

**ANALISA FATIK PEGAS DAUN KENDARAAN TRUCK MITSUBISHI
CANTER 125 PS PENGANGKUT SAWIT DENGAN METODE ELEMEN
HINGGA**

Ridho Nur Huda, Kurnia Hastuti

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
Telp. 0761-674653 Fax. (0761) 674834
Email : ridhonurhuda@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Pegas daun adalah pegas yang berbentuk pelat datar dengan lebar tertentu dan dikenai beban lateral yang menjadikan pelat mengalami bending. Pegas daun sebagai komponen sistem suspensi yang berfungsi menyerap kejutan dari jalan dan getaran roda-roda agar tidak diteruskan ke bodi kendaraan secara langsung serta menambahkan kemampuan cengkraman ban terhadap permukaan jalan serta menopang berat kendaraan secara keseluruhan. Kegagalan pada pegas daun truk canter diakibatkan karena pegas daun bagian belakang truk mengalami beban terberat yang diakibatkan oleh kondisi jalan yang tidak merata sehingga terjadi beban yang berulang-ulang dan mengakibatkan pegas daun mengalami patah.. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *life cycle*, *equivalent alternating stress*, *fatigue sensitivity* dan *safety factor* untuk variasi beban 8000 kg, 10000 kg dan 12000 kg. Penelitian ini membandingkan spesifikasi pegas daun awal 9 lapisan dan pegas daun yang telah di modifikasi dengan 10 lapisan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antara *life cycle* paling rendah ditunjukkan oleh pegas daun modifikasi 10 lapisan dengan pembebanan 12000 kg yaitu sebesar 5.45×10^5 cycle, *alternating stress* yang bekerja pada pegas ini adalah 370 MPa. Meskipun masih lebih rendah dibanding tegangan luluh material pegas SUP 9A namun kondisi ini sudah tidak aman karena *safety factor* yang dimiliki hanya 2.96. Nilai ini lebih rendah dibanding standar *safety factor* yang harus dimiliki pegas daun yaitu 3.0-4.5. area kritis yang perlu menjadi perhatian adalah daerah penahan. Dapat disimpulkan bahwa modifikasi yang dilakukan tidak meningkatkan umur pakai pegas karena lapisan tambahan diberikan pada bagian kedua dari lapisan pertama dimana seharusnya pada bagian bawah.

Kata kunci : *Fatigue*, Pegas Daun, Metode Elemen Hingga

FATIGUE ANALYSIS OF LEAF SPRING VEHICLE TRUCK MITSUBISHI CANTER 125 PS PALM OIL TRANSPORT WITH ELEMENT METHODS

Ridho Nur Huda, Kurnia Hastuti
Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Islamic
University of Riau
Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No.113 Stop Marpoyan, Pekanbaru
Tel. 0761-674653 Fax. (0761) 674834
Email: ridhonurhuda@student.uir.ac.id

ABSTRACT

Leaf springs are springs in the form of flat plates with a certain width and are subjected to lateral loads that cause the plates to bend. Leaf springs are a component of the suspension system that functions to absorb shocks from the road and vibrations of the wheels so that they are not transmitted directly to the vehicle body and add to the ability of the tires to grip the road surface and support the overall weight of the vehicle. Failure on the leaf springs of the canter truck is due to the heaviest load on the back of the truck, which is caused by uneven road conditions resulting in repeated loads and resulting in broken leaf springs. This study aims to obtain a life cycle, equivalent alternating stress, fatigue sensitivity and safety factor for load variations of 8000 kg, 10000 kg and 12000 kg. This study compared the specifications of the initial 9 layers of leaf springs and 10 layers of modified leaf springs. The results showed that among the lowest life cycles indicated by the 10 layers modified leaf springs with a load of 12000 kg, namely 5.45×10^5 cycles, the alternating stress acting on this spring was 370 MPa. Even though it is still lower than the yield stress of the SUP 9A spring material, this condition is no longer safe because the safety factor that is owned is only 2.96. This value is lower than the standard safety factor that leaf springs must have, namely 3.0-4.5. the critical area that needs attention is the containment area. It can be concluded that the modifications made did not increase the life of the spring because an additional layer was applied to the second part of the first layer where it should have been at the bottom.

Keywords: *Fatigue, Leaf Spring, Finite Element Method*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul ” ANALISA FATIK PEGAS DAUN KENDARAAN *TRUCK* MITSUBISHI CANTER 125 PS PENGANGKUT SAWIT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA”

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan waktunya dalam bimbingan untuk menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yakni:

1. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
2. Ibu Dr. Kurnia Hastuti ST., MT. Selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, kesabaran, serta arahan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir Syawaldi, M.Sc. Selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Rafil Arizona, ST., M.Eng. Selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Ayahanda (Wiyono) dan Ibunda (Surati) tercinta, serta saudaraku tersayang (Indra Mardiyanto) yang selalu mendukung dan memotivasiku untuk kesuksesan menjalani hidup ini.

6. Bapak dan Ibu dosen pembina pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
7. Bang T.M Andi Nurisa, S.T., yang senantiasa membimbing tanpa kenal lelah dalam pembuatan tugas akhir dan serta kepada bang acong (Riko Azedri S.T.), Ferdi Heriyetno S.T., Muhamad Rofy Asyakur S.T., Novrizal Fauzi S.T., Andi Botz (Andi Prayugo), Icep (Syafrudin Darwis S.E.), serta teman teman squad telkom yang selalu memberikan ide dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Teman – teman seperjuangan yang telah membantu memberikan ide, gagasan dan masukan-masukan yang sangat bermanfaat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Demikianlah yang dapat penulis sampaikan, penulis mengucapkan terimakasih, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membaca dan memerlukannya.

Pekanbaru, 28 Desember 2020

Ridho Nur Huda

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3
1.6 Metode penulisan	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pegas	6
2.2 Material Pegas Daun	9
2.3 Sifat Material Pegas Daun.....	11
2.4 Kegagalan Pegas Daun.....	13
2.5 Kekuatan Pegas	15
2.6 <i>Fatigue</i>	16

2.7 Aspek Metalurgis pada Kelelahan Logam	17
2.8 Pengaruh Pembebanan	18
2.8.1 Pengaruh Tegangan Rata-Rata	18
2.8.2 Pengaruh Tegangan Amplitudo (σ_a).....	19
2.8.3 Pengaruh Frekuensi Pembebanan.....	19
2.8.4 Pengaruh Kondisi Material.....	20
2.9 Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>).....	20
2.10 Kondisi Daerah Kerja	21
2.11 Metode Elemen Hingga.....	22
2.12 <i>Software</i> ANSYS	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Prosedur Penelitian.....	26
3.2 Pengambilan Data	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Beban Pada Pegas Daun.....	36
4.2 Simulasi Variasi Beban Untuk Pegas Daun	37
4.3 Analisa Hasil Simulasi	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pegas Daun.....	7
Gambar 2.2 Pegas Koil	8
Gambar 2.3 Pegas Torsi	9
Gambar 2.4 Bentuk Tegangan Siklik.....	19
Gambar 2.5 Masalah Struktural	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2 Model 2D Pegas Daun Sebelum Modifikasi	29
Gambar 3.3 Model 3D Pegas Daun Sebelum Modifikasi.....	29
Gambar 3.4 Model 2D Pegas Daun Setelah Modifikasi	30
Gambar 3.5 Model 3D Pegas Daun Setelah Modifikasi	30
Gambar 3.6 <i>Project</i> ANSYS	31
Gambar 3.7 Pemilihan Material Pada <i>Engineering Data</i>	32
Gambar 3.8 Model Geometri	32
Gambar 3.9 Pemilihan Mesh.....	33
Gambar 3.10 Hasil Generate Mesh.....	33
Gambar 3.11 <i>Fixed Support</i>	34
Gambar 3.12 Beban pada Pegas Daun	34
Gambar 3.13 Solusi pada ANSYS	35
Gambar 4.1 <i>Life</i> Pegas Daun 9 Lapisan 8000 Kg	37
Gambar 4.2 <i>Life</i> Pegas Daun 10 Lapisan 8000 Kg	38
Gambar 4.3 <i>Alternating Stress</i> Pegas Daun 9 Lapisan 8000 Kg	39

Gambar 4.4 <i>Alternating Stress</i> Pegas Daun 10 Lapisan 8000 Kg.....	39
Gambar 4.5 Diagram Kontur <i>Center Bolt</i> 9 Lapisan 8000 Kg	40
Gambar 4.6 Diagram Kontur <i>Center Bolt</i> 10 Lapisan 8000 Kg	40
Gambar 4.7 <i>Safety Factor</i> 9 Lapisan Pegas Daun.....	41
Gambar 4.8 <i>Safety Factor</i> 10 Lapisan Pegas Daun.....	41
Gambar 4.9 <i>Fatigue Sensitivity Chart</i> Pegas Daun 9 Lapisan 8000 Kg	42
Gambar 4.10 <i>Fatigue Sensitivity Chart</i> Pegas Daun 10 Lapisan 8000 Kg	42
Gambar 4.11 <i>Life</i> Pegas Daun 9 Lapisan 10000 Kg	43
Gambar 4.12 <i>Life</i> Pegas Daun 10 Lapisan 10000 Kg	43
Gambar 4.13 <i>Safety Factor</i> Pegas Daun 9 Lapisan 10000 Kg.....	44
Gambar 4.14 <i>Safety Factor</i> Pegas Daun 10 Lapisan 10000 Kg.....	44
Gambar 4.15 <i>Alternating Stress</i> Pegas Daun 9 Lapisan 10000 Kg.....	45
Gambar 4.16 <i>Alternating Stress</i> Pegas Daun 10 Lapisan 10000 Kg.....	45
Gambar 4.17 Diagram Kontur <i>Center Bolt</i> 9 Lapisan 10000 Kg	46
Gambar 4.18 Diagram Kontur <i>Center Bolt</i> 10 lapisan 10000 Kg.....	46
Gambar 4.19 <i>Fatigue Sensitivity Chart</i> Pegas Daun 9 Lapisan 10000 Kg	47
Gambar 4.20 <i>Fatigue Sensitivity Chart</i> Pegas Daun 10 Lapisan 10000 Kg	47
Gambar 4.21 <i>Life</i> Pegas Daun 9 Lapisan 12000 Kg	48
Gambar 4.22 <i>Life</i> Pegas Daun 10 Lapisan 12000 Kg	48
Gambar 4.23 Diagram Kontur <i>Center Bolt</i> 9 Lapisan 12000 Kg	49
Gambar 4.24 Diagram Kontur <i>Center Bolt</i> 10 Lapisan 12000 Kg	49
Gambar 4.25 <i>Safety Factor</i> Pegas Daun 9 Lapisan 12000 Kg.....	50
Gambar 4.26 <i>Safety Factor</i> Pegas Daun 10 Lapisan 12000 Kg.....	50

Gambar 4.27 <i>Alternating Stress</i> Pegas Daun 9 Lapisan 12000 Kg.....	51
Gambar 4.28 <i>Alternating Stress</i> Pegas Daun 10 Lapisan 12000 Kg.....	51
Gambar 4.29 <i>Fatigue Sensitivity</i> Pegas Daun 9 Lapisan 12000 Kg	52
Gambar 4.30 <i>Fatigue Sensitivity</i> Pegas Daun 10 Lapisan 12000 Kg	52
Gambar 4.31 Kurva S-N	53



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Baja Pegas JIS 48001 (<i>mass %</i>)	12
Tabel 2.2 Macam-Macam Penyebab Kegagalan pada Baja Pegas Daun.....	14
Tabel 2.3 Spesifikasi Kendaraan.....	21
Tabel 4.1 Spesifikasi Material SUP 9A.....	36
Tabel 4.2 Spesifikasi Material SAE 1541_362_QT.....	36
Tabel 4.3 <i>Alternating Stress</i> Simulasi.....	52
Tabel 4.4 <i>Life</i> Simulasi	53
Tabel 4.5 <i>Safety Factor</i> Simulasi.....	54
Tabel 4.4 <i>Safety Factor</i> Perhitungan.....	55

DAFTAR NOTASI

σ_{β} = Ultimate Strength	[MPa]
σ_y = Yield Strength	[MPa]
Y = Modulus of Elasticity	[Mpa]
V = Possion Ratio	
ρ = Density	[Kg.m ⁻³]
F = Gaya	[N]
m = Massa	[Kg]
g = Gravitasi	[m/s ²]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem suspensi merupakan rangkaian komponen yang berfungsi menyerap getaran akibat kondisi permukaan jalan yang dilintasi, tujuan sistem suspensi untuk meredam kejutan agar bodi kendaraan tidak bergetar saat melintasi permukaan jalan yang tidak rata sehingga menambah kenyamanan berkendara. Prinsip kerja suspensi yaitu memberi sekat antara bodi dengan roda dimana sekat tersebut memiliki daya elastisitas tinggi sehingga saat gerakan mendadak pada roda tidak berpengaruh pada bodi kendaraan (AutoExpose, 2018).

Pegas merupakan suatu komponen dari sistem suspensi, berfungsi menerima beban dinamis pada saat digunakan. Karena itu pegas berperan penting memberikan kenyamanan berkendara. Material pegas harus memiliki kekuatan elastik tinggi dan diimbangi ketangguhan yang tinggi. Salah satu jenis pegas yang umum digunakan pada kendaraan roda empat adalah pegas daun (Jazar, 2008).

Menurut Ismail Thamrin (2009) pegas daun merupakan salah satu komponen kendaraan yang berfungsi menerima beban dinamis atau berulang-ulang yang cukup besar sehingga akan mengalami kerusakan akibat lelah yang muncul komponen menjalani fungsinya. *Fatigue* atau kelelahan adalah bentuk kegagalan yang terjadi pada struktur karena beban dinamik yang berfluktuasi dibawah *yield strength* yang terjadi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang (Calister, 1994). Fatik menduduki 90% penyebab utama kegagalan pemakaian.

Di provinsi Riau dimana banyak perkebunan sawit yang menggunakan mobil ukuran besar untuk mengangkut sawit dan rata-rata memakai pegas daun sebagai suspensinya. Pada umumnya kondisi jalan yang ditempuh oleh kendaraan pengangkut adalah kondisi perkebunan yang tidak rata sehingga sering terjadi patah pada pegas daun tersebut.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan Lydia Anggraini dkk (2018) *fatigue analysis* pada pegas daun jenis SST 74 dalam aplikasi industri alat berat dengan pemodelan metode elemen hingga didapatkan *life cycle* yang terjadi pada pegas

daun yaitu 91.000 – 93.000 siklus. Selanjutnya Ranga dkk (2014) melakukan penelitian terhadap pegas daun tunggal yang dapat menahan beban dengan material komposit antara baja *epoxy* dengan *carbon epoxy*, sedangkan Firman Wahyu dkk (2015) analisis kekuatan suspensi pegas daun *truck* dengan menggunakan *Software Solidwork* sebagai metode elemen hingga dan melakukan permodelan pada *axle*. Penelitian pada pegas daun dengan variasi beban didapatkan umur masa pakai pegas daun. Dengan beban yang sesuai dari kemampuan pegas daun dapat meningkatkan masa pakai dari pegas daun.

Pada penelitian ini dilakukan Analisa fatik pada pegas daun dengan menggunakan metode elemen hingga. Menurut (Maoveni, 2010) metode elemen hingga adalah metode numerik yang dapat diterapkan agar didapat solusi dari berbagai macam masalah dibidang keteknikan. Dengan kata lain metode elemen hingga merupakan pendekatan numerik untuk memperoleh solusi dari suatu permasalahan dibidang keteknikan.

Penelitian ini meneliti tentang Analisa fatik pada pegas daun dengan menggunakan *software* ANSYS, tujuan menggunakan *software* ini adalah mengurangi resiko kegagalan saat pengujian. Jumlah lapisan pegas daun yang diteliti 9 lapisan pegas sebelum dimodifikasi dan 10 lapisan pegas sesudah dimodifikasi.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana memodelkan beban dinamis pada pegas daun dengan *software* ANSYS?
2. Bagaimana menghitung *life cycle*, *alternating stress*, dan faktor keamanan dengan ANSYS?
3. Bagian manakah pada pegas yang menjadi area kritis?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan pemodelan beban dinamis pada pegas daun dengan *software* ANSYS.
2. Mendapatkan nilai *life cycle*, *alternating stress*, dan faktor keamanan.
3. Mengetahui area kritis pada pegas daun dan upaya pencegahannya.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis mengambil Batasan masalah, agar penelitian dapat terarah. Adapun batasan masalah dalam penulisan proposal ini adalah sebagai berikut :

1. Variasi beban dalam penelitian 8, 10, dan 12 ton.
2. *Software* yang digunakan adalah ANSYS 19.2 dan *inventor* 2016.
3. Jenis baja yang digunakan dalam penelitian adalah SUP9A.
4. Pada penelitian ini jumlah pegas daun yang diteliti 9 lapisan pegas yang belum dimodifikasi dan 10 lapisan setelah di modifikasi.
5. Pada penelitian ini berat dari penumpang tidak diteliti

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan pada pegas daun dari sepuluh lapisan plat pegas. Jenis baja yang digunakan pada pegas daun SUP9A dengan menggunakan simulasi elemen hingga sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.6 Metode Penulisan

Dalam proposal tugas akhir metode penulisannya sebagai berikut :

1. Tahap pertama persiapan, dimana mempersiapkan yang diperlukan dalam mengerjakan awal tugas akhir serta pengenalan materi secara umum.

2. Studi literatur, mengumpulkan dasar teori dari buku-buku pegangan kuliah, dan jurnal yang mengenai hal yang berhubungan dengan tugas ini.
3. Diskusi, melakukan diskusi dengan pembimbing tugas akhir ini.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun untuk mempermudah pemahaman tentang struktur dan isi tugas akhir secara terperinci bagian-bagian tersebut akan dijabarkan. Tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

1. Bagian awal tugas akhir ini berisikan halaman dan judul, halaman pengesahan, daftar asistensi, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, serta daftar gambar.
2. Bagian isi tugas akhir ini terdiri dari :

BAB I

PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, batasan masalah, permasalahan, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II

TEORI DASAR

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan analisa pegas daun menggunakan metode elemen hingga.

BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini memberikan informasi mengenai tempat dan waktu pelaksanaan penelitian, peralatan yang digunakan, tahapan dalam penelitian, dan prosedur penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang realisasi dari metodologi berupa hasil identifikasi permasalahan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari identifikasi permasalahan, serta saran yang berupa usulan-usulan baik terhadap penelitian lanjutan maupun pengembangan penelitian kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pegas

Pegas daun adalah pegas berbentuk lembar plat datar dengan lebar tertentu yang dikenai beban lateral sehingga plat mengalami bending. Pegas daun merupakan komponen suspensi yang berfungsi menyerap kejutan dan getaran dari roda-roda agar tidak diteruskan langsung ke bodi kendaraan dan menambahkan kemampuan daya cengkraman ban terhadap permukaan jalan serta menopang berat keseluruhan dari kendaraan baik berat bodi, mesin, *chasis*, penumpang dan beban-beban lainnya yang ditopang di atasnya. Penggunaan pegas pada sistem suspensi untuk menahan secara langsung kejutan yang diterima kendaraan pada saat berjalan. Sehingga pegas memiliki sifat elastisitas untuk menahan kejutan.

Konstruksi dari rangkaian pegas daun tersusun berlapis terdiri dari lembar plat pegas mulai dari yang pendek sampai terpanjang yang terikat sabuk pengunci yang melingkari keliling dari susunan plat pegas dan juga menggunakan baut pengunci atau *center pin* yang terletak dilubang tengah pada susunan plat pegas. Pemasangan pegas daun terhadap *axle* berpengaruh pada jenis kendaraannya. Untuk kendaraan yang dirancang agar lantainya rendah pemasangan pegas daun ditempatkan dibawah *axle* dan sebaliknya jika kendaraan dirancang lantainya tinggi pemasangan pegas daun di tempatkan pada bagian atas *axle*. Berikut beberapa jenis pegas yang digunakan pada sistem suspensi :

a) Pegas Daun (*leaf spring*)

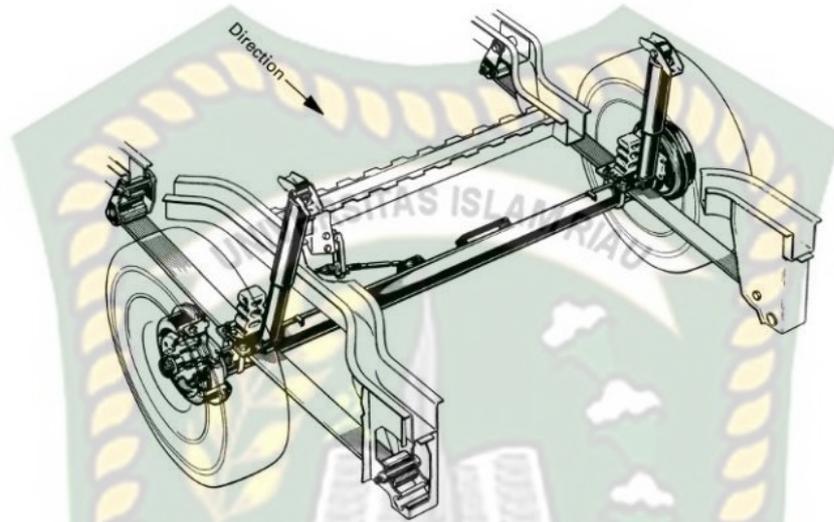
Konstruksi dari pegas ini terdiri dari pelat baja yang disusun dan diikat menjadi satu, keuntungan menggunakan pegas daun yaitu mampu meredam pembebanan yang besar, sehingga penggunaan pegas daun terdapat pada kendaraan angkutan dan biasanya dikombinasikan dengan pegas *coil*, model pegas daun dapat dilihat pada Gambar 2.1.

kelebihan :

- Kontruksi sederhana

Kelemahan :

- Berat
- Daya serap getaran kurang baik dengan frekuensi tinggi.



Gambar 2.1 Pegas Daun
(David A. Crolla, 2009)

b) Pegas koil (*Coil Spring*)

Pegas *coil* berfungsi meredam kejutan dari jalan sehingga tidak diterima *body*. Pegas *coil* memiliki tahanan atau redaman kejutan yang lebih baik dibandingkan dengan pegas daun dan tidak terjadi gesekan antara pegas (defleksi) yang menyebabkan getaran pada *body*. Sebaliknya pegas koil memiliki kekurangan saat menerima kejutan, maka secara langsung kejutan tersebut diledutkan sehingga menyebabkan kejutan balik yang cepat pada *body*. Oleh karena pada umumnya pegas koil di kombinasikan dengan *shock absorber*, model pegas koil dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Keuntungan :

- Pegas dapat dibuat ringan
- Dapat menyerap getaran dengan frekuensi tinggi

Kelemahan :

- Suspensi rumit



Gambar 2.2 Pegas Koil
(David A. Crolla, 2009)

c) Pegas Torsi (*Torsion Spring*)

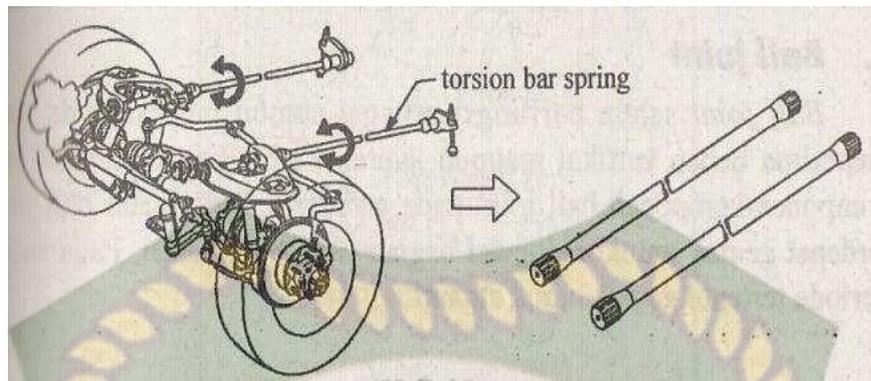
Pegas ini pada umumnya digunakan pada mobil-mobil kecil pada suspensi depan. Pegas batang torsi ini bahannya terbuat dari baja elastis yang mampu menahan puntiran yang terjadi, model pegas daun torsi dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Kelebihan :

- Paling ringan dibanding dari semua pegas yang digunakan
- Menyerap getaran dengan efektif
- Suspensi dibuat sederhana

Kelemahan :

- Produktifitasnya tidak efisien



Gambar 2.3 Pegas Torsi
(Shingley's, 1984)

2.2 Material Pegas Daun

Pegas daun pada umumnya terbuat dari material SUP9A. Material ini tergolong baja karbon tinggi.

2.2.1 Baja

Baja merupakan besi yang memiliki kadar karbon kurang dari 2%. Baja dapat dibentuk menjadi berbagai macam sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan, secara garis besar terdapat dua jenis baja yaitu ;

1. Baja Karbon

Baja karbon disebut juga *plain carbon steel*, kandungan pada baja terutama unsur karbon, sedikit silikon, belerang dan pospor. Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon digolongkan menjadi :

- Baja karbon rendah (<0,2%)

Baja ini memiliki kadar karbon yang kurang dari 0,2%. Fasa dan struktur mikronya yaitu ferrit dan perlit. Baja jenis ini tidak bisa dikeraskan dengan perlakuan panas (martensit) hanya bisa dilakukan dengan pengerjaan dingin. Memiliki sifat mekanik lunak, memiliki keuletan dan ketangguhan yang baik. Serta memiliki mampu mesin (*macinability*) dan mampu lasnya (*weldability*) yang baik, cocok digunakan bahan konstruksi gedung, jembatan, rantai, bodi mobil.

- Baja karbon sedang (0,1%-0,5%)

Baja karbon sedang memiliki kandungan kadar karbon berkisar 0,2% - 0,5%. Dapat dikeraskan dengan perlakuan panas dengan cara menahan beberapa saat pada fasa austenit dan didinginkan secara cepat menggunakan media air atau disebut juga *quenching* agar didapat fasa yang keras yaitu martensit. Baja ini terdiri dari baja karbon biasa (*plain*) dan baja mampu keras. Kandungan karbon yang relatif tinggi dapat meningkatkan kekerasannya tetapi tidak cocok di las dengan kata lain mampu lasnya rendah. Dengan penambahan unsur lain seperti Cr, Ni dan Mo dapat meningkatkan mampu kerasnya. Baja ini lebih kuat dari baja karbon rendah dan cocok digunakan pada untuk komponen mesin, roda kerta api, roda gigi (*gear*), poros engkol (*crank shaft*) serta komponen yang memerlukan kekuatan tinggi, tahan aus dan tangguh.

- Baja karbon tinggi (>0,5%)

Baja karbon tinggi memiliki kandungan antara 0,6 – 1,4% C (berat). Kekerasan dan kekuatannya sangat tinggi, tetapi keuletannya rendah. Baja jenis ini cocok digunakan untuk baja perkakas, cetakan (*dies*), pegas, kawat kekuatan tinggi dan alat potong yang dapat dikeraskan ditemper dengan baik. Baja ini digolongkan baja karbon tinggi biasa dan baja perkakas. Khusus baja perkakas biasanya mengandung unsur Cr, V, W, dan Mo. Dalam pepaduan unsur-unsur tersebut bersenyawa dengan karbon menjadi senyawa yang sangat keras sehingga memiliki ketahanan aus yang sangat baik. Kadar karbon yang terdapat di dalam baja mempengaruhi kekuatan tarik, kekerasan dan keuletan baja. Semakin tinggi kadar karbonnya maka kuat tarik dan kekerasannya semakin tinggi akan tetapi keuletannya menurun. Penggunaan baja di bidang teknik sipil pada umumnya berupa baja konstruksi atau baja profil, baja tulangan pada beton dengan kadar karbon 0.10 – 0,5 %. Selain itu baja karbon juga digunakan sebagai baja kawat pra tekan dengan kadar karbon sampai 0,90%. Pada bidang teknik sipil sifat yang paling penting yaitu kuat tarik dari baja itu sendiri.

a. Baja Paduan

Baja dikatakan dipadu jika komposisi dari unsur – unsur paduannya secara khusus, bukan baja karbon biasa yang terdiri dari fosfor dan mangan. Saat ini baja paduan semakin banyak digunakan, adapun unsur yang paling banyak digunakan pada baja paduan yaitu Cr, Mn, Si, Ni, W, Mo, Ti, Al, Cu, Nb dan Zr.

- Baja paduan rendah (*low alloy steel*)

Baja paduan rendah adalah baja paduan yang unsur paduannya kurang dari 2,5% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lainnya. Baja paduan rendah biasanya dipakai untuk membuat perkakas potong, gergaji, cetakan penarikan, pahat kayu, mata pisau, kikir dan gurdi batu.

- Baja paduan sedang (*medium alloy steel*)

Baja paduan sedang merupakan baja yang unsur paduannya 2,5 – 10% wt. baja paduan sedang biasanya digunakan untuk alat pengukur, cetakan penarikan, rol derat, mata gunting untuk pelat tebal.

- Baja paduan tinggi (*high alloy steel*)

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang unsur paduannya lebih dari 10% wt. baja paduan tinggi biasanya banyak dipakai untuk cetakan penarikan kawat, cetakan pengetrim, pengukur, dan rol derat.

2.3 Sifat Material Pegas Daun

Komposisi baja dari pegas daun menggunakan campuran unsur dari besi dan karbon, dimana memiliki kandungan karbon tinggi yang berkisar 0,5%-1% yang dicampur dengan unsur Si, Mn, dan Cr sampai 1% kemudian dengan Mo, V sampai 0,25% dan dengan B yang jarang dilakukan sampai 0,0005%. Pegas merupakan komponen penahan beban yang baik terutama pada kendaraan bermotor. Komposisi baja pegas daun dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 komposisi baja pegas JIS 4801 (*mass %*). (Yamada, 2007)

Grade	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	B	Composition system
SUP3	0.82	0.25	0.45					High Carbon Steel
SUP6	0.60	1.65	0.85					Si - Mn Steel
SUP7	0.60	2.00	0.85					
SUP9	0.56	0.25	0.80	0.80				Mn-Cr Steel
SUP9A	0.60	0.25	0.85	0.85				
SUP10	0.51	0.25	0.80	0.95		0.20		Cr-V Steel
SUP11A	0.60	0.25	0.85	0.85			0.0005	Mn-Cr B Steel
SU12	0.55	1.45	0.75	0.75				Si-Cr Steel
SU13	0.60	0.25	0.85	0.80	0.30			Cr-Mo Steel

Material pegas yang digunakan pada penelitian ini adalah SUP9A yang setara dengan SAE8641_362_QT yang digunakan pada *engineering data ANSYS*. Pegas daun berfungsi sebagai lengan penyangga dan untuk merdam beban kejut, guncangan serta getaran yang diterima oleh kendaraan. Berikut ini adalah sifat yang harus dimiliki oleh pegas daun.

1. Kekuatan

Kekuatan yaitu kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan jenis pembebanan yang bekerja, ketangguhan terbagi beberapa macam yaitu kekuatan Tarik, kekuatan geser, kekuatan puntir dan kekuatan lengkung.

2. Ketangguhan

Ketangguhan merupakan kemampuan material dalam menyerap energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan pada material tersebut.

3. Elastis (*Ductile*)

Sebelum patah material akan merenggang dan mengalami deformasi yang disebut dengan benda elastis (*ductile*). Jika suatu material terdeformasi secara *ductile* menandakan bahwa *ristrain* terdistribusi secara merata.

4. Tahan aus

Aus merupakan kerusakan pada permukaan material akibat terjadi gesekan antara material lain, terutama gesekan antara pegas daun.

5. Tahan korosi

Korosi merupakan kerusakan logam akibat berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa yang tidak dikehendaki, korosi disebut juga karat.

2.4 Kegagalan Pegas Daun

Baja pegas daun sangat berpengaruh pada keamanan dan kenyamanan dalam berkendara. Hal ini baja pada pegas daun berperan sebagai penahan beban. Saat menahan beban baja pegas dapat mengalami kegagalan yang menyebabkan kerusakan akibat pembebanannya. Pegas biasanya cenderung mengalami kegagalan pada kondisi pada saat pembebanan berulang-ulang meski beban yang diterima berada dibawah batas elastisitasnya, contoh kegagalan pegas daun.

Pada tabel 2.2 dibawah dijelaskan pembagian jenis-jenis kegagalan yang terjadi pada pegas daun. Selain sudah melampaui batas lelah karna beban yang berulang dapat juga disebabkan oleh beban yang diterima sudah melebihi batas elastisitas dari pegas daun menyebabkan pegas tidak dapat kembali pada kondisi awal meskipun pembebanan sudah di hilangkan.

Tabel 2.2 Macam-macam Penyebab Kegagalan pada Baja Pegas Daun (Kurtz, 2002)

<p>Patah</p>	<p><u>Patah dengan Tekanan Berulang-ulang</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kelelahan tanpa korosi 2. Kelelahan dengan korosi 3. Kelelahan karena aus <p><u>Patah dengan tekanan <i>impact</i></u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Patah secara tiba-tiba (karena temperatur rendah) 2. Patah Getas <p><u>Patah karena tekanan statis</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Keretakan akibat tekanan korosi 2. <i>Delayed fracture</i> (patah secara tiba-tiba dengan bantuan <i>hydrogen</i>)
<p>Perubahan bentuk (secara tetap)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Titik luluh, perubahan plastis (akibat tekanan terlalu kuat) 2. Deformasi permanen akibat beban statis 3. Deformasi permanen akibat beban berulang-ulang 4. Penurunan akibat respon terhadap tegangan
<p>Penurunan dari potong lintang</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aus 2. Patah secara tiba-tiba 3. Korosi menyeluruh 4. Korosi disatu tempat 5. Erosi (pengikisan)

2.5 Kekuatan Pegas

Metode agar mengetahui kekuatan statis atau dinamis dari pegas daun yaitu dengan melihat besar tegangan yang terjadi saat pegas daun di beri beban. Semakin kecil tegangan yang terjadi semakin tinggi kekuatannya. Salah satu cara yaitu dengan alat sensor regangan (*strain gauge*) yang ditempelkan pada komponen tersebut. Data yang keluar dari *strain gauge* yaitu berupa regangan yang selanjutnya dikonversikan besaran tegangan menggunakan Hukum Hooke. Selain dengan cara eksperimen seperti diatas untuk mengetahui tegangan pada pegas daun dapat dilakukan secara analisa teoritis. Tegangan yang terjadi pada pegas daun adalah fungsi dari beban kerja (P) dan faktor kekuatan pegas.

Fatigue atau kelelahan merupakan suatu jenis kegagalan pada komponen akibat pembebanan yang berulang-ulang atau berubah-ubah yang paling terjadi pada pegas daun. Diperkirakan 50% - 90% kegagalan mekanis dikarenakan oleh faktor kelelahan. Mekanisme terjadinya patah lelah yaitu:

1. tahap awal mulai retakan (*crack inisiation*)
2. tahap perambatan retakan (*crack progagation*)
3. tahap akhir (*final fracture*)

Kelelahan pada logam dimulai dari awal terjadinya retakan dilanjutkan penjaralan retakan hingga logam mengalami patah. Lokasi awal retak pada logam yang mengalami pembebanan dinamis atau siklik yaitu pada titik daerah yang memiliki kekuatan yang paling minimum dan atau pada lokasi titik daerah dimana mengalami tegangan yang paling maksimum.

Kendaraan dengan daya angkut yang besar seperti truk, bus, trailer dan lainnya menggunakan suspensi pegas daun. Kontruksi pada pegas daun terdiri dari 3 lembar plat sampai 10 plat pegas yang disatukan menggunakan *spring clip* dan *center bolt* yang tersusun mulai pegas yang pendek terletak pada bagian bawah semakin ke atas semakin panjang dan pada bagian teratas ujung dari pegas daun dibuat menggulung meyerupai mata. Mata pegas ini berfungsi untuk diakaitkan pada *chasis* kendaraan. Dimana pegas daun dibentuk *elips* untuk menambahkan daya elastisitas pegas daun tersebut. Kelebihan dari pegas daun ini adalah memiliki kontruksi yang kuat sehingga banyak digunakan pada kendaraan

niaga yang bermuatan beban berat, tetapi pegas daun memakan tempat yang banyak dan jumlah lapisan pegas yang banyak membuat harganya tidak murah.

Cara kerja pegas daun ialah pada saat mobil akan berguncang disinilah pegas itu berfungsi dengan menahan atau memperkecil kejutan kepada mobil atau pengendara.

2.6 *Fatigue*

Kegagalan statis yaitu kegagalan yang disebabkan oleh beban statis yang bekerja pada suatu konstruksi. Kegagalan dinamis adalah kegagalan yang disebabkan beban dinamis atau berulang yang bekerja pada suatu konstruksi. *Fatigue of Materials* merupakan kegagalan dinamis yang terjadi pada konstruksi, fatik menjadi salah satu jenis kegagalan atau kerusakan yang diakibatkan pembebanan berulang.

Pada desain *fatigue* terbagi beberapa jenis yaitu :

1. Desain umur tak hingga (*infinite-life design* $\geq 10^6$ siklus)

Kriteria desain umur tak hingga berdasarkan umur desain tidak terbatas yang ditentukan berdasarkan pada daerah tegangan – regangan lokal menjadi pokok elastisitas dan keamanan desain berada dibawah batas kelelahan desain. Contoh desain umur tak hingga adalah *engine valve spring*.

2. Desain umur aman (*safe-life design/finite-life design* $\leq 10^6$ siklus)

Desain umur aman berdasarkan umur desain yang terbatas, kriteria ini ditentukan dari kalkulasi umur tegangan serta penjalaran retakan. Contoh dari desain umur aman yaitu *axle of train, pressure vessel, jet engine* dan *loading gear*.

3. Kegagalan umur desain (*faile safe design*)

Kegagalan umur desain yang didasarkan perhitungan keretakan lelah yang mungkin terjadi pada sebuah struktur yang dapat memulai terjadinya keretakan. Contoh dari kegagalan umur desain yaitu *aeronautic industry, wing of plane, control surface of plane* dan *double engine aircraft*.

4. Desain toleransi kerusakan (*damage-tolerant design*)

Desain toleransi kerusakan merupakan batas kerusakan yang diasumsikan pada retakan yang dibuat untuk dilakukan analisa penjalaran retakan untuk mengetahui terjadinya kerusakan akibat retakan tersebut.

Faktor-faktor penyebab kegagalan fatik.

Berikut faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan fatik:

1. Tegangan maksimum bekerja melebihi batas kekuatan tarik dari material.
2. Variasi yang cukup besar atau fluktuasi tegangan.
3. Banyak siklus tegangan bekerja.

Selain faktor diatas bebrapa faktor lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan fatik yaitu :

1. Konsentrasi tegangan, temperatur, beban berlebih, struktur metalurgi, tegangan sisa, korosi dan tegangan kombinasi yang dapat mempercepat terjadi kegagalan fatik.
2. Kurangnya pemahaman dari faktor-faktor fatik.

2.7 Aspek metalurgis pada keleleha logam

Fatik pada logam dimulai dari awal retak selanjutnya penjalaran retakan dan hingga mengalami patah. Pada lokasi awal retak pada logam yang mengalami pembebanan dinamis atau siklik yaitu pada titik daerah yang memiliki kekuatan minimum atau pada titik daerah yang mengalami tegangan yang paling maksimum. Oleh sebab itu untuk memperkirakan umur lelah suatu komponen atau logam suatu hal yang sangat sulit, karena disebabkan banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi lelahnya. Faktor tersebut antara lain :

1. Pembenan :
 - a. Beban uniaksial, lentur dan puntir.
 - b. Pola beban periodik dan random.
 - c. Besar tegangan.
 - d. Frekuensi siklus beban.

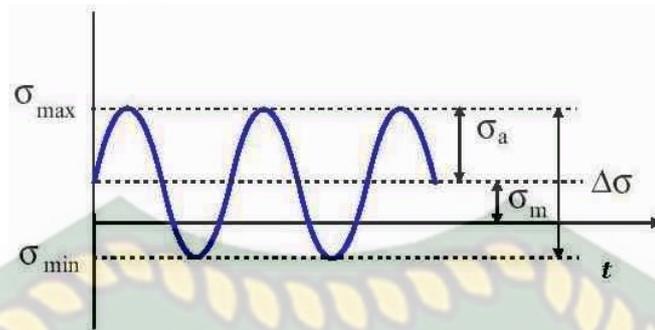
2. kondisi material :
 - a. Ukuran butir.
 - b. Kekuatan.
 - c. Penguatan dengan larutan padat.
 - d. Penguatan fasa ke-2.
 - e. Penguatan regangan.
 - f. Struktur mikro.
 - g. Kondisi permukaan.
 - h. Ukuran material.
3. Proses pengerjaan :
 - a. Pengecoran.
 - b. Pembentukan.
 - c. Pengelasan.
 - d. Permesinan.
 - e. Perlakuan panas.
4. Temperature kerja.
5. Kondisi lingkungan.

2.8 pengaruh pembebanan

Parameter pemnbebanan berpengaruh terhadap kelelahan logam adadalah tegangan rata-rata σ_m , tegangan amplitudo σ_a , serta frekuensi pembebanan.

2.8.1 pengaruh tegangan rata-rata

Bentuk tegangan siklik seperti pada Gambar 2.4 yang berhubungan dengan *equivalent alternating stress*.



Gambar. 2.4 Bentuk tegangan siklik.
(Shingley's, 2008)

Tegangan amplitudo :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \dots\dots\dots (2.1)$$

tegangan rata-rata ;

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Rasio tegangan :

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.8.2 Pengaruh Tegangan Amplitudo

Tegangan amplitudo sangat berpengaruh terhadap umur kelelahan logam. Perkiraan kelelahan pada pembebanan yang kompleks atau variable seringkali didasarkan pada hukum kerusakan non linier (*liner damage rule*) pertama kali diajukan Palmgren (1942) kemudian dikembangkan oleh Miner (1945) saat ini dikenal dengan Hukum Miner. Tetapi Hukum ini tidak selalu sesuai dengan kenyataan dan munculah berbagai alternatif lain seperti teori kerusakan non linier (Collins), metode perhitungan siklus (*cycle counting*) yaitu perhitungan curah hujan atau *rain flow counting* (Downing).

2.8.3 Pngaeruh Frekuensi Pembebanan

Pengaruh frekuensi dapat dilihat apada pengujian kelelahan logam dengan frekuensi ± 500-10.000 siklus/menit, pada interval ini tidak berpengaruh terhadap kekuatan lelah materialnya. Contoh pada pengujian kelelahan baja dengan

frekuensi 200-5.000 siklus/menit tidak menunjukkan pengaruh terhadap batas lelahnya, tetapi di frekuensi 100.000 siklus/menit batas lelahnya semakin meningkat karena dengan frekuensi tinggi deformasi plastis tidak sebesar di frekuensi rendah. Frekuensi tersebut juga berpengaruh pada logam *non ferro*.

2.8.4 Pengaruh Kondisi Material

Pada awal retak lelah terjadi adanya deformasi plastis mikro, dengan demikian komposisi kimia dan struktur mikro material sangat berpengaruh terhadap kekuatan untuk menahan terjadinya deformasi plastis yang akan berpengaruh juga terhadap kekuatan lelahnya.

2.9 Faktor Keamanan (*safety factor*)

Faktor keamanan (*safety factor*) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi maksimum. Menurut Joseph P Vidosic (1957) faktor keamanan (*sf*) dapat berdasarkan tegangan luluh dengan nilai yaitu :

1. Nilai faktor keamanan 1.25-1.5 kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2. Nilai faktor keamanan 1.5-2.0 bahan sudah diketahui, kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dapat ditentukan.
3. Nilai faktor keamanan 2.0-2.5 bahan beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang di ketahui
4. Nilai faktor keamanan 2.5-3.0 bahan diketahui tanpa mengalami tes pada kondisi beban dan tegangan rata-rata.
5. Nilai faktor keamanan 3.0-4.5 bahan sudah diketahui, kondisi bebandsn lingkungan tidak pasti.

$$Sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_a} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

Sf = *safety factor*

σ_y = *yield strength* (MPa)

σ_a = tegangan *alternating stress* (MPa)

2.10 Kondisi Daerah Kerja

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa fatik pegas daun kendaraan truk mitsubishi canter 125 PS yang sering digunakan untuk mengangkut kelapa sawit di desa sari makmur kecamatan pangkalan lesung kabupaten pelalawan. Kendaraan biasanya bekerja mengangkut sawit dari kebun ke pabrik kelapa sawit yang lebih kurang berjarak 15 Km, kondisi jalan di area tersebut tidak rata , banyak lubang dan berkerikil. Pegas daun yang digunakan umumnya sebelum di pasang sudah dimodifikasi dengan menambahkan satu tingkat sehingga menjadi 10. Karena itu, pada penelitian ini akan dibandingkan kekuatan fatik pegas daun yang 9 tingkat (tanpa modifikasi) dengan 10 tingkat (setelah modifikasi). Spesifikasi kendaraan truk canter dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Spesifikasi Kendaraan

No	Spesifikasi	
1	Ukuran	Panjang keseluruhan : 7015 mm Lebar keseluruhan : 1970 mm Tinggi keseluruhan : 2145 mm
2	Kekuatan	Kecepatan maksimum : 120 Km/jam Daya tanjak : 32 tan
3	Mesin	Tipe : 4 langkah, <i>direct injection</i> , mesin diesel, pendingin air dengan <i>turbo intercooler</i> Jumlah silinder : 4 sejajar Daya maksimum : 125 PS/ 2900 rpm Torsi maksimum : 33 kg.m/1600 rpm
4	Bak kendaraan	Panjang : 4200 mm Lebar : 1900 mm Tinggi : 1550 mm
5	Berat kendaraan	Berat kosong : 3780 Kg Berat diberi muatan : 12000 Kg

2.10 Metode Elemen Hingga

Perkembangan metode elemen hingga dimulai pada tahun 1940-an di bidang mekanika struktural hasil kerja dari Hennikoff, McHenry, dan NewMark. Yang menggunakan elemen-elemen rangka (*truss*) dan balok (*beam*) untuk mencari titik berat di benda padat. Pada tahun 1943, Courant menyarankan interpolasi polinomial pada metode untuk memodelkan masalah putaran. Dengan munculnya komputer digital pada tahun 1950-an sehingga memudahkan para insinyur untuk menulis dan memecahkan persamaan kekakuan dalam bentuk matriks. Pada tahun 1956 Turner, Clough, Martin, dan Topp menerbitkan persamaan kekakuan matriks untuk balok, rangka, dan elemen lainnya. Kemajuan utama dalam teknologi komputer mencakup kemampuan perangkat keras komputer yang berkembang pesat, pemecahan matriks yang efisien dan akurat, dan grafis yang memudahkan dalam tahap pembuatan *preprocessing* dari model, termasuk *automatic mesh*, dan pada tahap *postprocessing* untuk tahap mencari hasil. Karena metode elemen hingga adalah metode numerik yang menentukan domain dari struktur kontiniu, maka akan ada kesalahan yang tidak dapat dihindari. Kesalahan ini adalah :

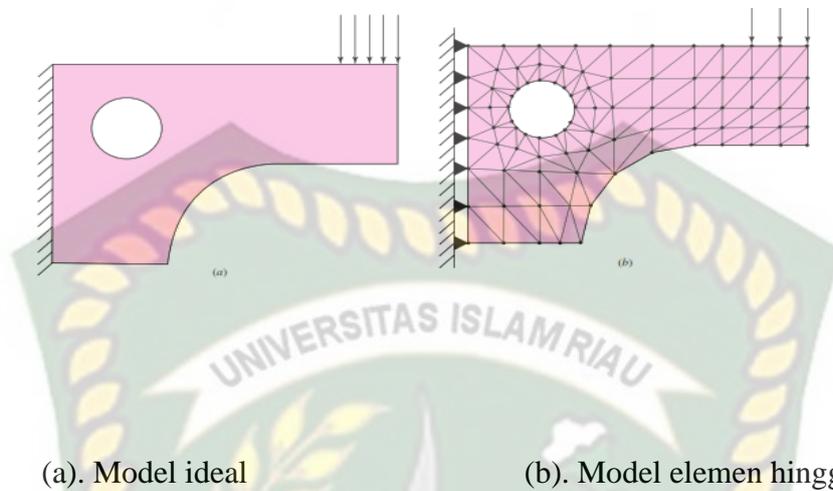
1. Kesalahan komputasional

Ini disebabkan oleh kalkulasi dan formulasi dari kode pemrograman. Sebagian besar kode elemen hingga berkonsentrasi dalam mengurangi kesalahan dan akibatnya analisa hanya berkonsentrasi hanya dalam diskritisasi.

2. Kesalahan dalam diskritisasi.

Geometri dan peletakan struktur sebenarnya terus-menerus bervariasi, dengan menggunakan sejumlah elemen terbatas untuk memodelkan struktur dapat menyebabkan kesalahan dalam pencocokan geometri dan distribusi peletakan karena keterbatasan matematis pada elemen.

Sebagai contoh untuk kesalahan diskritisasi, pertimbangan ketebalan konstan pada struktur pelat tipis dapat dilihat pada Gambar 2.5a dan pada Gambar 2.5b menunjukkan model elemen hingga.



Gambar 2.5 Masalah Struktural

(Shingley's, 2008)

Dari struktur dimana tiga titik, tegangan model, segitiga simplex yang digunakan. Tipe elemen ini memiliki cacat yang menciptakan dua masalah mendasar, elemen memiliki sisi lurus yang tetap lurus setelah deformasi. Masalah pertama adalah model geometris yang melengkung, perlu di perhatikan bahwa model dengan kelengkungan yang tinggi tidak bagus untuk di *meshing* sedangkan model yang berlubang bisa di *meshing*. Masalah kedua yang paling parah adalah tegangan yang terjadi di setiap struktur model selalu berubah, dan tegangan elemen konstan hanya terjadi pada bagian tengah elemen. Jadi hasil yang diprediksikan akan sangat buruk jika tidak meningkatkan jumlah elemen (kerapatan *meshing*).

2.11 Software ANSYS

Pada bidang industry dalam penggunaan *software* analisis elemen hingga sangat beragam sesuai dengan bidang ilmu disiplin masing-masing, diantaranya juga pada bidang *mechanical engineering*. Berbagai macam perangkat lunak yang di pakai dalam permasalahan ini diantaranya CAD (*computer aided design*) yaitu perancang teknik yang cepat dan akurat dan CAE (*computer aided engineering*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk proses analisis, simulasi kekuatan

dan kinerja desain mudah dan efektif. Dalam penggunaan perangkat lunak analisis elemen hingga sangat berguna untuk permasalahan geometri, pembebanan, dan sifat-sifat bahan yang rumit dimana solusi analisis eksak sulit didapatkan. Perangkat lunak elemen hingga banyak digunakan sebagai analisis struktur, termal dan fluida akan tetapi dapat juga digunakan sebagai jenis simulasi dan analisis lainnya.

a. ANSYS

ANSYS merupakan salah satu perangkat lunak memiliki banyak fungsi dan sangat berguna sebagai perangkat analisis yang dapat digunakan sebagai disiplin ilmu engineering. Perangkat lunak ini banyak juga digunakan mensimulasikan berbagai disiplin ilmu fisika baik statis ataupun dinamis, analisis struktur linier dan non linier, perpindahan panas, dinamika fluida dan elektromagnetik para engineer.

b. Cara Kerja ANSYS

Software ANSYS bekerja menggunakan metode elemen hingga, analisis dilakukan di objek dengan dengan dilakukan diskritasi atau membagi objek menjadi bagian yang lebih kecil (elemen) dengan jumlah terbatas elemen hingga. Hasil dari analisis berupa pendekatan dengan menggunakan analisis numerik yang tingkat ketelitiannya bergantung pada cara memecah objek/ model dan penggabungannya. Adapun tahapan menggunakan ANSYS sebagai berikut:

1. Model generation

- Penyederhanaan /idealisasi
- Menentukan material
- Menghasilkan model elemen hingga

2. Solusi

- Menentukan kondisi batas
- Menjalankan analisis untuk mendapatkan solusi

3. Hasil ulasan

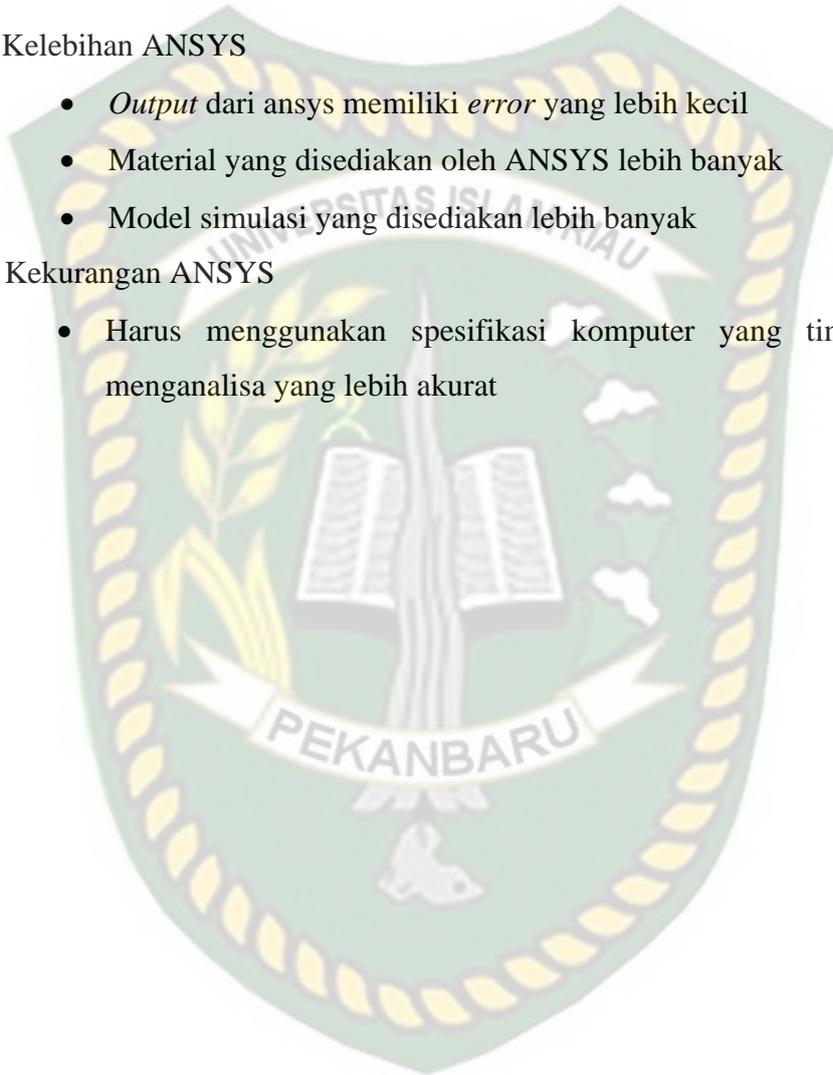
- Daftar hasil
- Pemeriksaan validitas

c. Kelebihan ANSYS

- *Output* dari ansys memiliki *error* yang lebih kecil
- Material yang disediakan oleh ANSYS lebih banyak
- Model simulasi yang disediakan lebih banyak

d. Kekurangan ANSYS

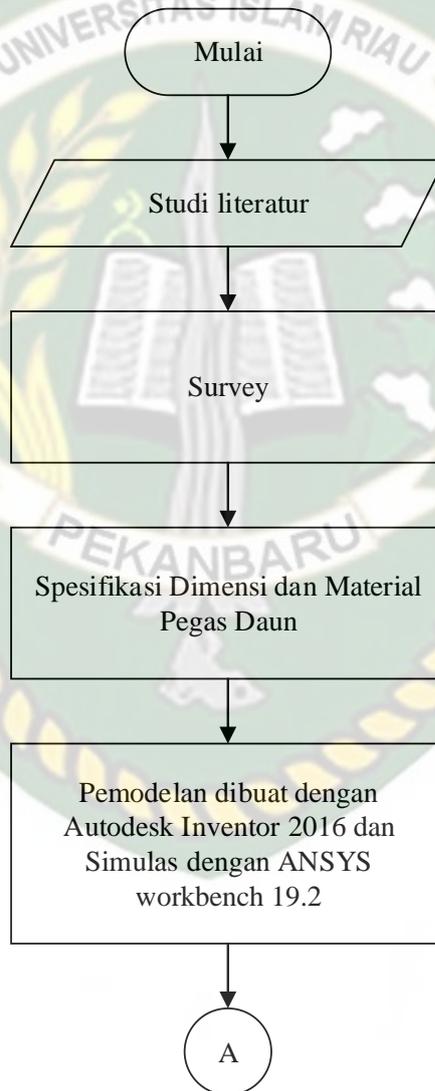
- Harus menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi untuk menganalisa yang lebih akurat



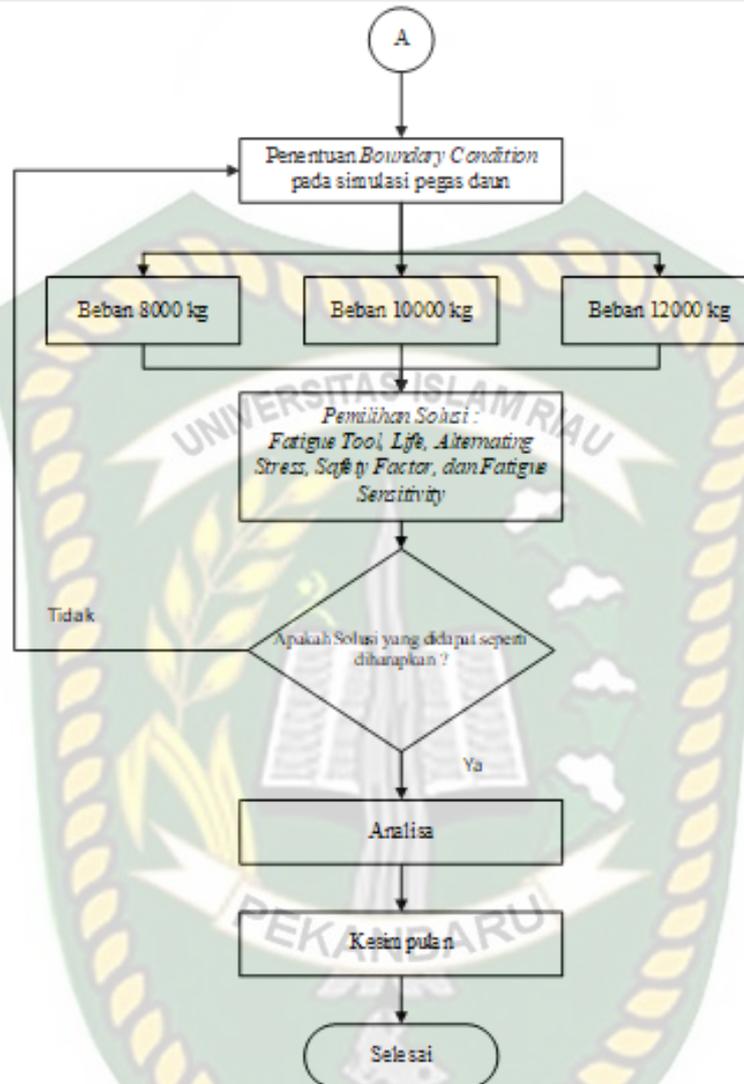
BAB III METODOLOGI

3.1. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Lanjutan

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini dilakukan tahapan pengerjaan sebagai berikut :

1. Tahap *study literatur*

Proses penyiapan bahan materi dari buku-buku pegangan, jurnal yang berkaitan penelitian dan pendalaman pemahaman konsep dari pegas daun.

2. Tahap Survey

Tahap ini melakukan tinjauan langsung kelapangan secara langsung untuk mengetahui pegas daun sebelum dimodifikasi dan pegas daun sesudah dimodifikasi.

3. Tahap Spesifikasi Dimensi dan Material Pegas Daun

Tahap ini melakukan pengukuran dimensi dari setiap lapisan pegas daun dan menentukan material yang digunakan pada pegas daun.

4. Tahap Pemodelan Dan Simulasi

Pada tahap ini melakukan pemodelan pegas daun sesuai dimensi dari hasil pengukuran menggunakan Autodesk Inventor 2016 dan disimulasi dengan *software ANSYS Workbench 19.2*.

5. Penentuan *Boundary Condition*

Pada tahap ini menentukan kondisi batas pada simulasi yaitu menentukan variasi beban yang diberikan, jenis material yang dipakai pada pegas daun dan menentukan mesh pada pegas daun, pada penelitian ini menggunakan 3 beban yaitu : 8000 kg, 10000 kg dan 12000 kg.

6. Pemilihan Solusi

Tahap ini menentukan solusi yang digunakan pada simulasi yaitu *fatigue tool, life, Alternating stress, Safety Factor* dan *fatigue Sensitivity*.

7. Tahap Analisa

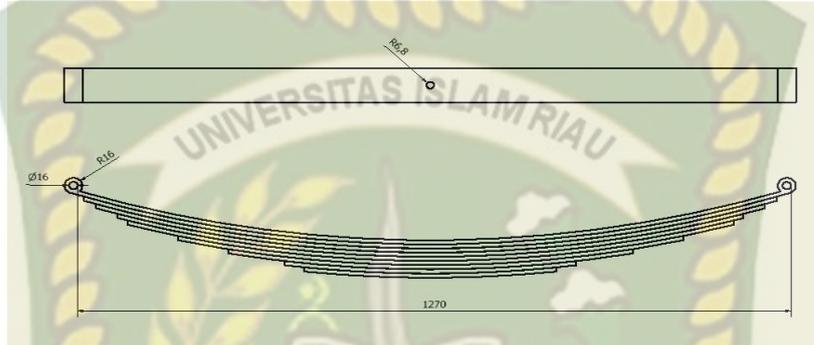
Tahapan ini data yang diperoleh akan dianalisa kemampuan material dengan FEA sehingga hasil analisa akan dapat dibuat kesimpulan dari proses yang dilakukan dan hasil yang didapat.

8. Seminar dan Publikasi

Tahapan ini yaitu melakukan seminar hasil pengujian yang kemudian dipublikasikan.

6.2. Pengambilan Data

Pengambilan data pada metode elemen hingga ini dilakukan dengan tahap penggambaran model dengan *software* Autodesk Inventor 2016, yang mana dapat dilihat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



Gambar 3.2 Model 2D Pegas Daun Sebelum Modifkasi

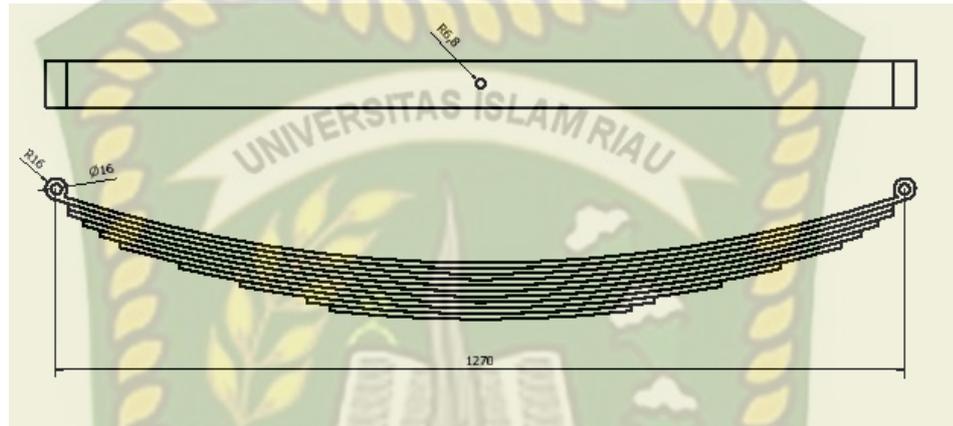


Gambar 3.3 Model 3D Pegas Daun Sebelum Modifikasi

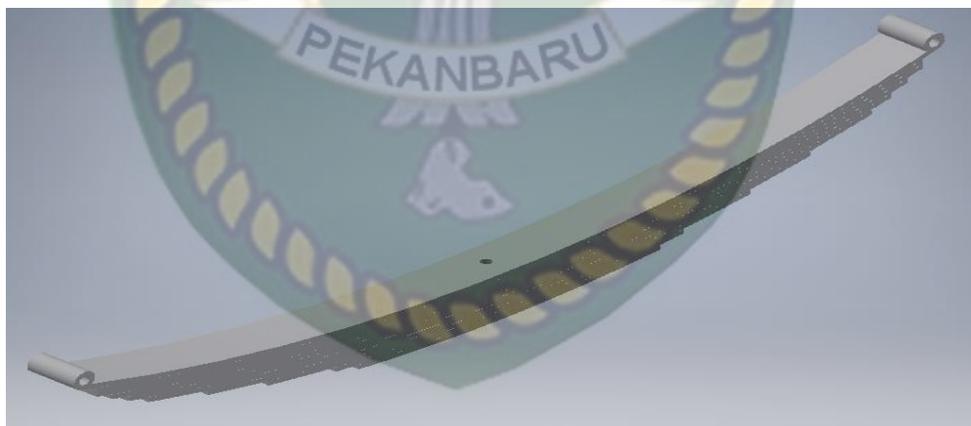
Spesifikasi Pegas Daun Awal :

1. Lapisan 1 memiliki panjang 1270 mm
2. Lapisan 2 memiliki panjang 1235 mm
3. Lapisan 3 memiliki panjang 1190 mm
4. Lapisan 4 memiliki panjang 1114 mm
5. Lapisan 5 memiliki panjang 1080 mm

6. Lapisan 6 memiliki panjang 900 mm
7. Lapisan 7 memiliki panjang 720 mm
8. Lapisan 8 memiliki panjang 520 mm
9. Lapisan 9 memiliki panjang 450 mm



Gambar 3.4 Model 2D Pegas Daun Setelah Modifikasi



Gambar 3.5 Model 3D Pegas Daun Setelah Modifikasi

Spesifikas Pegas Daun modifikasi :

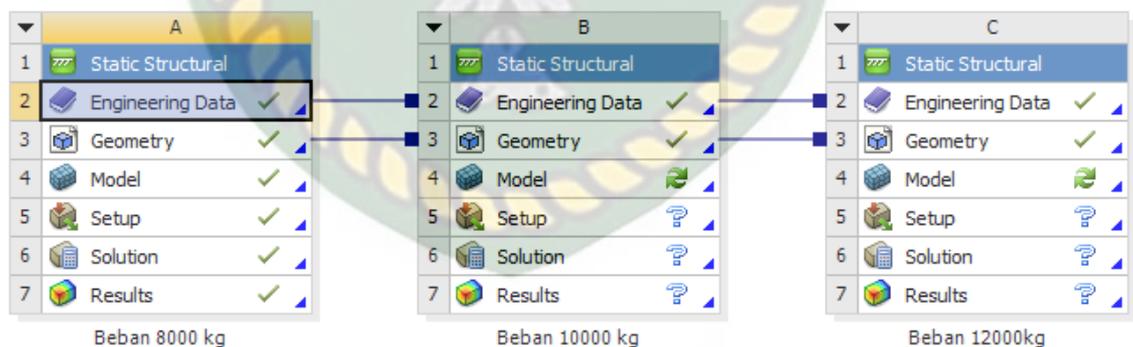
1. Lapisan 1 memiliki panjang 1270 mm
2. Lapisan 2 memiliki panjang 1235 mm
3. Lapisan 3 memiliki panjang 1235 mm

4. Lapisan 4 memiliki panjang 1190 mm
5. Lapisan 5 memiliki panjang 1114 mm
6. Lapisan 6 memiliki panjang 1080 mm
7. Lapisan 7 memiliki panjang 900 mm
8. Lapisan 8 memiliki panjang 720 mm
9. Lapisan 9 memiliki panjang 520 mm
10. Lapisan 10 memiliki panjang 450 mm

Model dibuat dengan baja SUP9A atau JIS, penggambaran model menggunakan *Autodesk Inventor* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2, penggambaran menggunakan aplikasi ini bertujuan agar model solid dan tidak cacat saat dimeshing. Kemudian tahap analisis dilakukan dengan menggunakan *software ANSYS Workbench 19.2*. sebelum melakukan simulasi ada beberapa tahap yang perlu diperhatikan seperti :

1. *Project ANSYS*

Parameter pertama untuk simulasi adalah menentukan *project*, pada penelitian ini akan menggunakan *static structural* yang dapat dilihat pada Gambar 3.6.

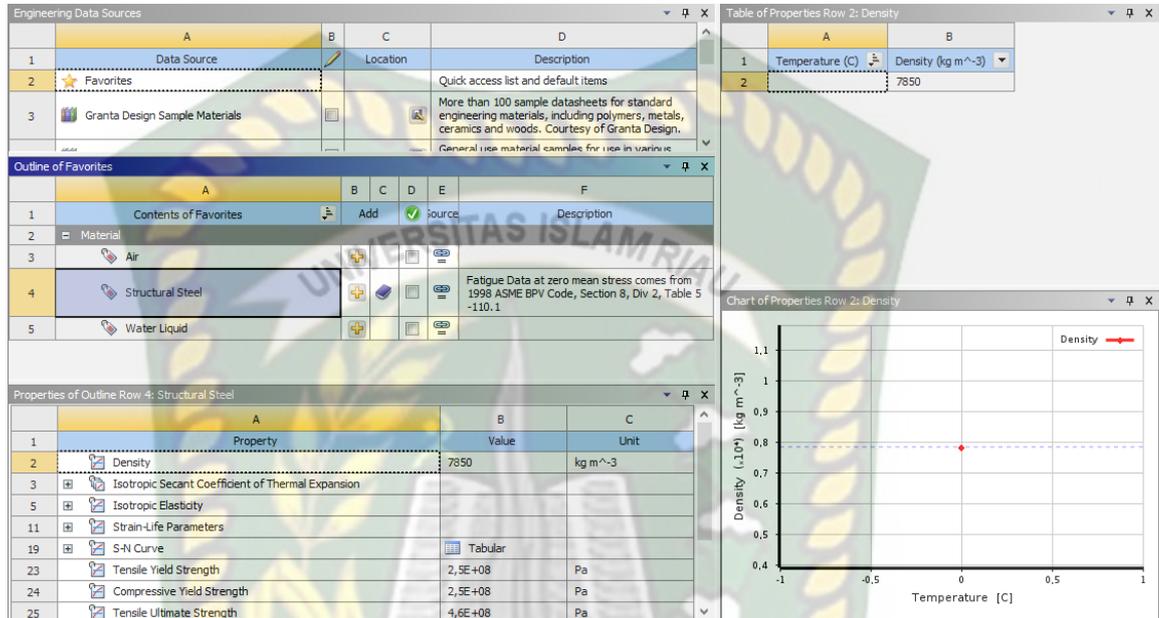


Gambar 3.6 *Project ANSYS*

2. *Engineering Data*

Engineering data adalah sebuah tahap untuk memilih material yang akan diuji dengan menggunakan ANSYS, dalam penelitian ini parameter ini perlu diperhatikan adalah apakah material yang dipakai pada *Engineering data* memiliki *S-N Curve* karena saat di *solve* untuk *fatigue tool* tidak ada di *tabular*

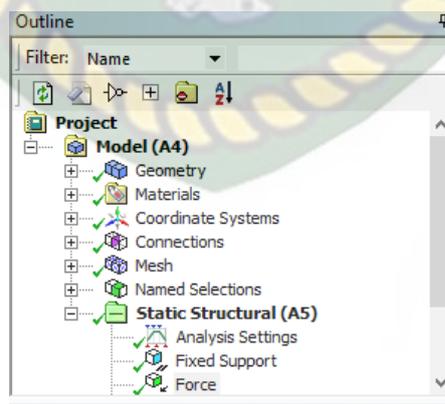
data tersebut maka akan *error* pada *report preview*, *Engineering data* dapat dilihat seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Pemilihan Material Pada *Engineering Data*

3. Penentuan Material pada *Model Geometry*

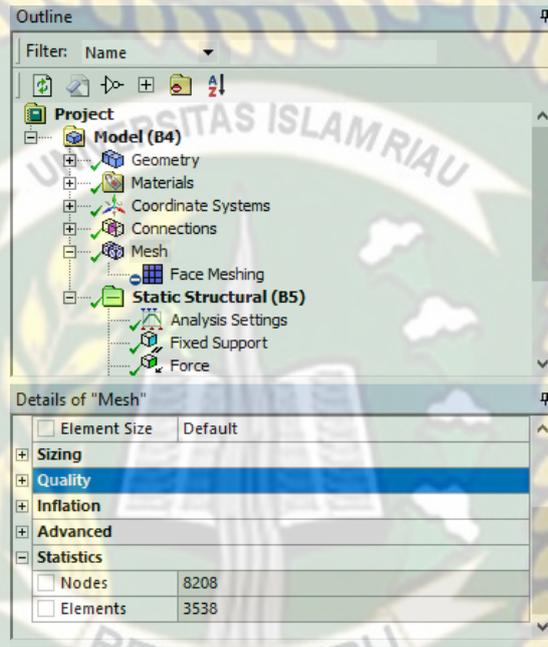
Setelah memilih material pada *engineering data* maka akan menentukan material pada *model geometry*. *Model geometry* dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 *Model Geometry*

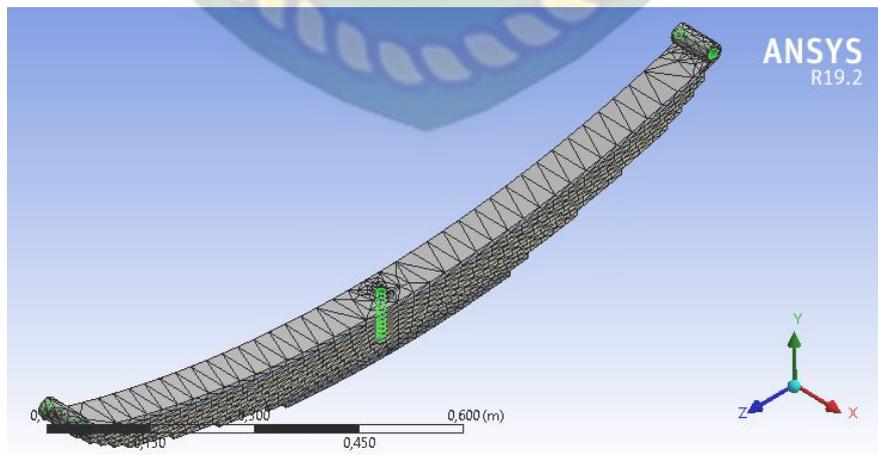
4. Pemilihan *Mesh*

Setelah memilih *model geometry* maka akan memilih *mesh*, pada penelitian ini *mesh* yang dipilih adalah *refinement mesh* yang posisi *face* berada pada lubang di tengah pegas daun dan lubang penahan yang berjumlah 12. Pemilihan *mesh* dapat dilihat Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Pemilihan *Mesh*

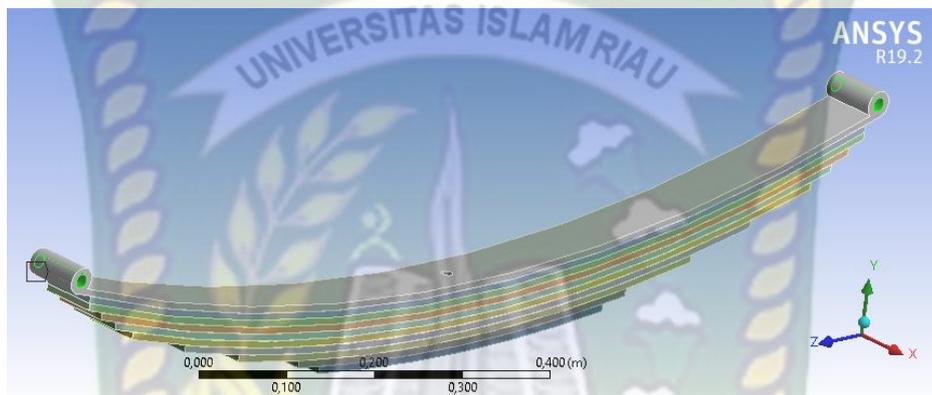
Maka akan menghasilkan *nodes* berjumlah 8208 dan *elements* 3538 yang dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Hasil dari *Generate Mesh*

5. Menentukan beban dan *support*

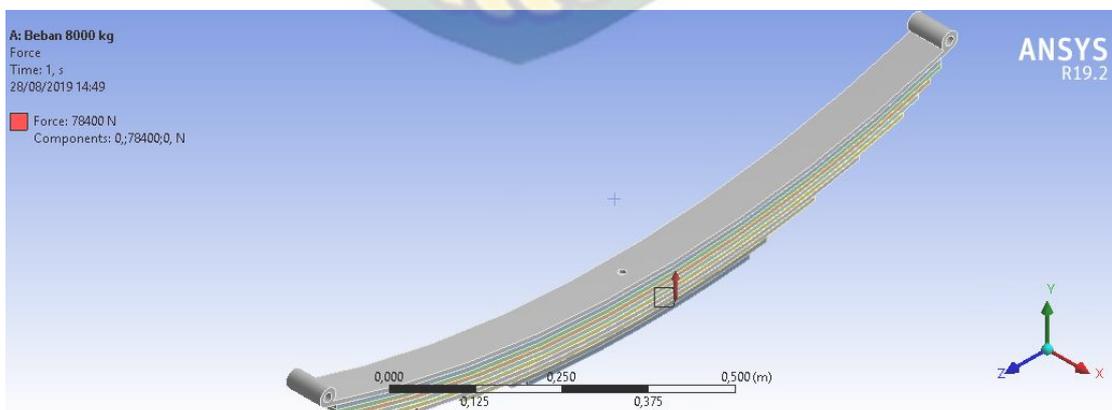
Setelah menentukan *mesh* dan tidak menunjukkan *error* maka akan memilih *support* yang akan dipakai. Pada penelitian ini memakai tipe *fixed support* yang ditahan di bagian dua lubang pegas daun. *Fixed support* dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Fixed Support*

Selanjutnya memilih beban, beban pada model dilakukan sebanyak 3 kali yaitu :

8000 kg, 10000 kg, dan 12000 kg dan akan di rubah menjadi satuan Newton yang dapat dilihat pada Gambar 3.12, posisi pembebanan berada ditengah pegas daun.



Gambar 3.12 Beban pada Pegas Daun

6. Penentuan *Solution*

Selanjutnya akan memilih solusi yang akan dipakai, pada penelitian ini solusi yang dipilih yaitu: *equivalent alternating stress, life* dan faktor keamanan yang ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Solusi pada ANSYS

Output penelitian ini berupa *report* yang di hasilkan oleh *software* ANSYS dan akan di lakukan analisa antara beban terendah dan tertinggi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Beban pada Pegas Daun

Untuk mengetahui beban dinamis pada pegas daun dengan melakukan simulasi dengan memberi beban yang bervariasi. Model dibuat dengan menggunakan *software Autodesk Inventor*, tujuan penggunaan *software* tersebut agar menghindari kecacatan pada model saat di *mesh*. Pegas daun yang diteliti memiliki 9 lapisan sebelum dimodifikasi dan 10 lapisan sesudah dimodifikasi. Dalam pengambilan data menggunakan elemen hingga ini dibantu menggunakan *software ANSYS workbench* untuk simulasi agar mengetahui semua parameter yang diperlukan seperti *life*, *safety factor* dan *fatigue sensitivity*. Material Pegas daun kendaraan truk canter yang diteliti menggunakan material SUP9A yang sama dengan SAE1541_362_QT pada *engineering data ANSYS*. Dengan spesifikasi material yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4.1 Spesifikasi Material SUP9A

Ultimate Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Modulus of Elasticity (GPa)	Possion Ratio	Density (kg.m ⁻³)
1226	1080	200-215	0.29	7800

Tabel 4.2 Spesifikasi Material SAE1541_362_QT

Ultimate Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Modulus of Elasticity (GPa)	Possion Ratio	Density (kg.m ⁻³)
1200	1096	207	0.3	7850

Pada penelitian ini menggunakan beban 8000 kg, 10000 kg dan 12000 kg yang akan dikonversikan ke satuan Newton, karena beban yang dapat simulasikan adalah dalam satuan Newton.

Maka :

$$F = 8000 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 78,400 \text{ N}$$

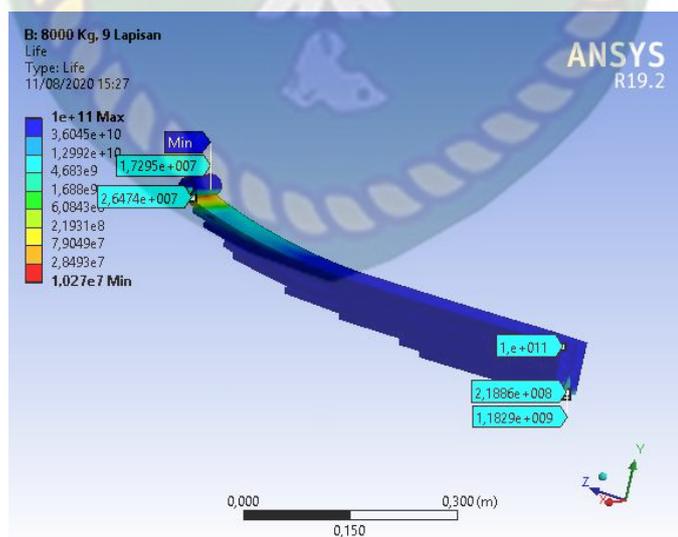
Dari perhitungan tersebut didapat *force analysis* untuk simulasi sebesar 78,400 N, 98,000 N, dan 117,600 N.

4.2 Simulasi Variasi Beban untuk Pegas Daun

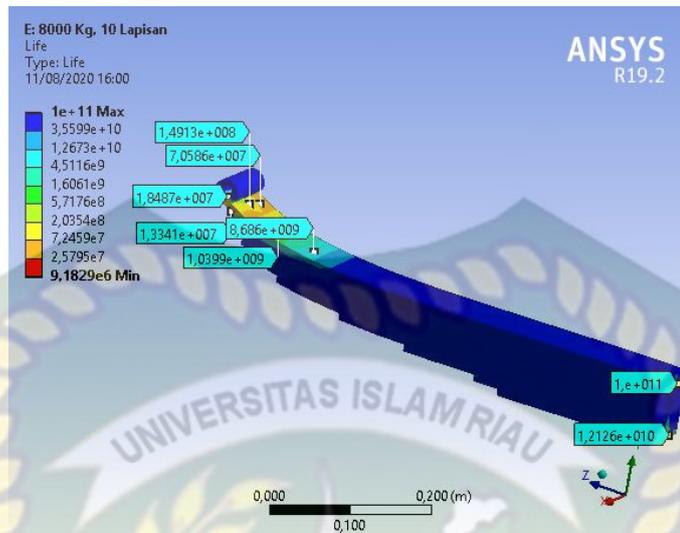
Design life baja karbon tinggi yang digunakan adalah 1×10^4 (Callister, 2014)

- a. Beban 8000 kg pada pegas daun 9 lapisan dan 10 lapisan

Pada hasil simulasi menunjukkan pada 9 lapisan menghasilkan umur pegas maksimum 1×10^{11} cycle dan minimum 1.027×10^7 cycle. Sedangkan pegas daun dengan 10 lapisan menghasilkan umur pada pegas daun maksimum 1×10^{11} cycle dan minimum 9.1829×10^6 cycle.



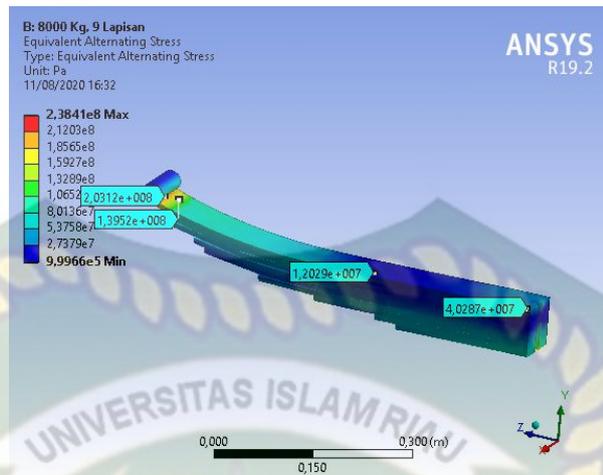
Gambar 4.1 *life* Pegas Daun 9 Lapisan 8000 kg



Gambar 4.2 *life* Pegas Daun 10 Lapisan 8000 kg

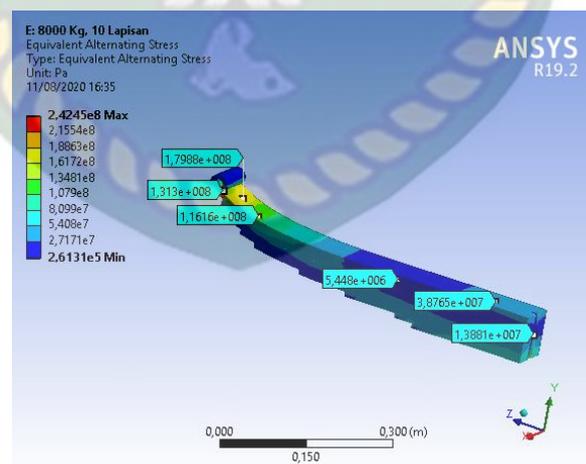
Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa pegas daun memiliki *cycle* minimum (1×10^7) yang terjadi pada bagian penahan sedangkan pada Gambar 4.2 minimum juga terjadi pada penahan pegas daun. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua variasi yaitu 9 lapisan pegas daun dan 10 lapisan pegas daun, *cycle* minimum terjadi pada bagian penahan pegas daun. Dari kedua simulasi tersebut pada beban 8000 kg kedua pegas daun masih aman karena umur minimum masih 1×10^7 *cycle*.

Simulasi selanjutnya dilakukan untuk mencari *alternating stress* (σ_a). Simulasi ini diperlukan untuk mengetahui tegangan yang digunakan untuk mengetahui *life* pada pegas daun. σ_a pada 9 lapisan Dapat dilihat pada Gambar 4.3 menunjukkan nilai σ_a maksimum 238,4 MPa dan minimum 0,99 MPa, di dapat maksimum σ_a berada pada sambungan penahan pegas daun, dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa pada lapisan ini dikatakan masih aman dari segi statis dikarenakan masih jauh dibawah *yield strength* dari material SUP9A yaitu 1018 MPa.



Gambar 4.3 σ_a 9 Lapisan 8000 kg

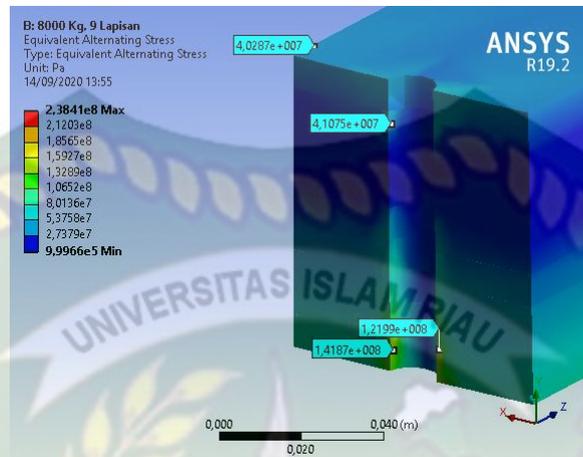
Sedangkan pada pegas daun 10 lapisan didapat σ_a maksimum 242.45 MPa dan minimum 0.261 MPa. Dapat dikatakan bahwa σ_a maksimum ditemui pada pegas 10 lapisan lebih tinggi (242 MPa) dibanding pada 9 lapisan (238,4 MPa). Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan maksimum σ_a yang didapat pegas daun 9 lapisan dan pegas daun 10 lapisan berada pada area yang sama yaitu pada penahan.



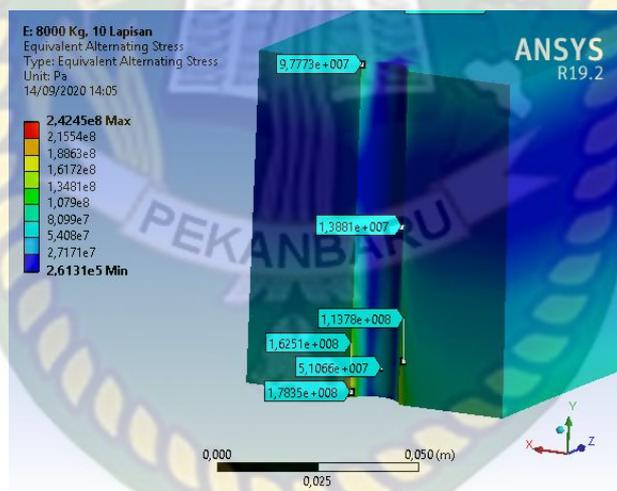
Gambar 4.4 σ_a 10 Lapisan 8000 kg

Pada diagram kontur pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 untuk *center bolt* maksimum terjadi pada pegas daun 9 lapisan dan pegas daun 10 lapisan dengan

perambatan dimulai dari bawah, tetapi pegas daun 9 lapisan perambatannya masih sedikit.

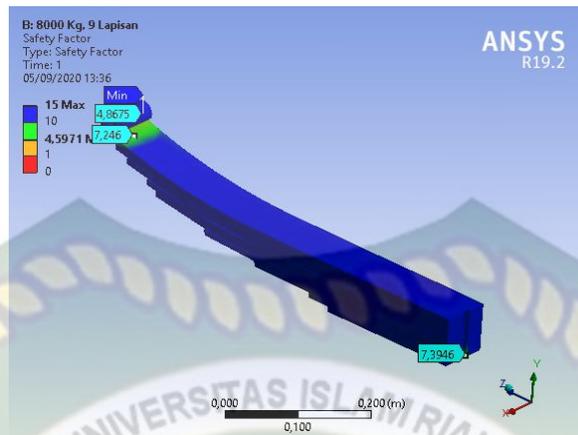


Gambar 4.5 Diagram Kontur *Center Bolt* 9 Lapisan 8000 kg



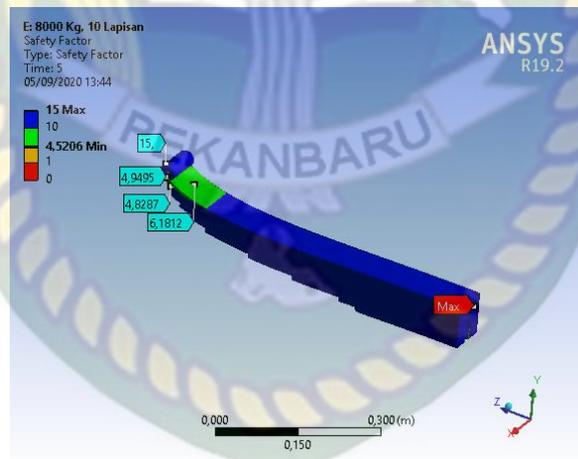
Gambar 4.6 Diagram Kontur *Center Bolt* 10 Lapisan 8000 kg

Selanjutnya dalam simulasi *safety factor* pada pegas daun 9 lapisan dan pegas daun 10 lapisan. Nilai *safety factor* yang digunakan pada simulasi ini adalah 3.0 – 4.5 (Joseph P Vidosic, 1957) dikarenakan pada pegas daun kondisi beban dan lingkungan tidak pasti. Pada Gambar 4.7 dapat dilihat *safety factor* yang terjadi pada pegas daun 9 lapisan didapat *safety factor* nilai 4.5.



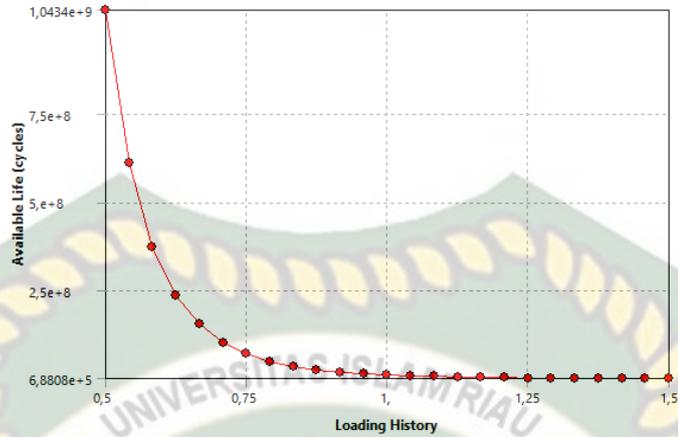
Gambar 4.7 *Safety Factor* 9 Lapisan Pegas Daun

Pada Gambar 4.8 *Safety Factor* yang dihasilkan pada pegas daun 10 lapisan minimum 4.5. pada pegas daun yang dimodifikasi nilai *safety factor* sama dengan yang tidak dimodifikasi. Dapat dikatakan beban 8000 kg masih aman karena *safety factor* masih 4.5 .



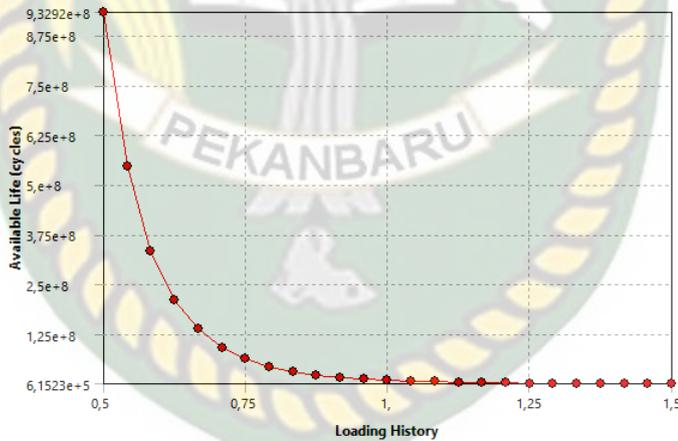
Gambar 4.8 *Safety Factor* 10 Lapisan Pegas Daun

Untuk nilai *fatigue sensitivity* yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 adalah *chart* yang menunjukkan fungsi dari beban pada lokasi kritis pada model dimana jika beban dirubah 50% naik ke 150% dari beban sebenarnya. Pada gambar 4.9 menunjukan bahwa pada beban 8000 kg yang berada pada 100% (1) 1.027×10^7 *cycle* mengalami penurunan hingga 150% (1.5) pada 6.88×10^5 *cycle* dibeban 12000 kg.



Gambar 4.9 *Fatigue Sensitivity Chart* pegas daun 9 lapisan 8000 kg

Sedangkan pada Gambar 4.10 dapat dilihat pegas daun yang dimodifikasi dengan 10 lapisan dengan *fatigue sensitivity* yang mengalami penurunan hingga 150 % dengan 6.152×10^5 cycle.



Gambar 4.10 *Fatigue Sensitivity Chart* pegas daun 10 lapisan 8000 kg

Pada *fatigue sensitivity* kedua model dilihat pada pegas daun yang dapat ditahan pada 100%. *Loading History*.

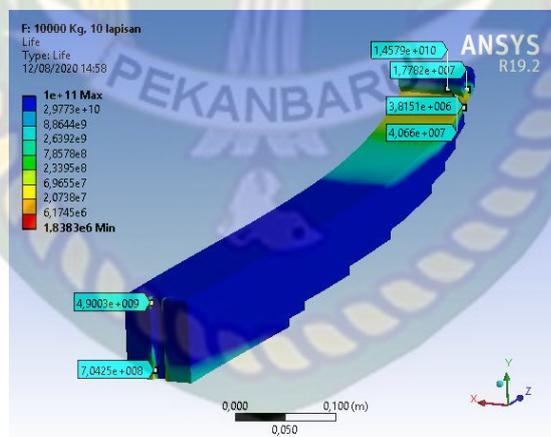
- b. Beban 10000 kg pada pegas daun 9 lapisan dan 10 lapisan

Pada beban 10000 kg umur pada pegas daun mengalami sedikit penurunan dengan *life* 2.32×10^6 cycle yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan minimum

life yang terjadi lebih pada penahan pegas daun dibandingkan *center bolt*. Pada Gambar 4.12 dapat dilihat umur pegas daun yang telah dimodifikasi lebih rendah dibandingkan yang tidak dimodifikasi dengan *life* minimum 1.838×10^6 cycle. Pada diagram kontur pegas daun modifikasi dapat dilihat minimum lebih terjadi pada penahan pegas daun dan pada *center bolt*.



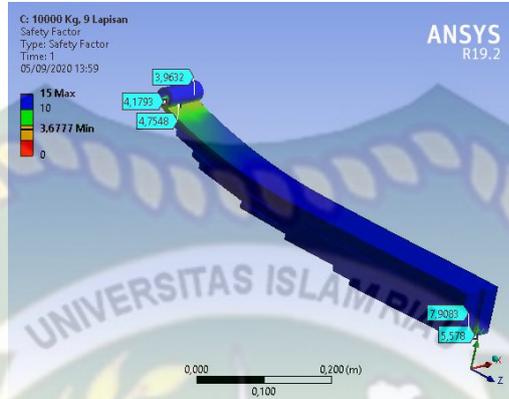
Gambar 4.11 *life* Pegas Daun 9 Lapisan 10000 kg



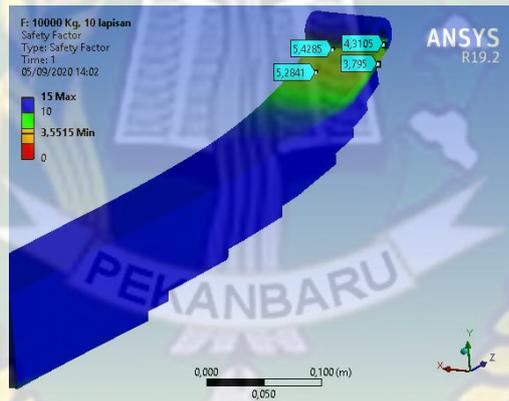
Gambar 4.12 *life* Pegas Daun 10 Lapisan 10000 kg

Simulasi selanjutnya untuk mengetahui faktor keamanan yang terjadi pada pegas daun. Pada Gambar 4.13 dapat dilihat pegas daun yang belum dimodifikasi didapat nilai minimum *safety factor* 3.6 dan Gambar 4.14 pada pegas daun sesudah dimodifikasi dihasilkan minimum *safety factor* 3.5. Pada beban 10000 kg pegas daun sebelum dimodifikasi dan pegas daun sesudah dimodifikasi nilai

faktor keamanan didapat sudah berkurang tetapi masih aman karena berada pada batas nilai *safety factor* yang ditentukan.

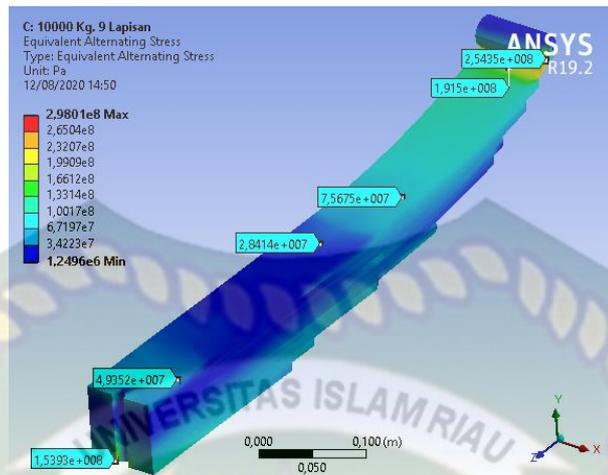


Gambar 4.13 *Safety factor* Pegas Daun 9 Lapisan 10000 kg

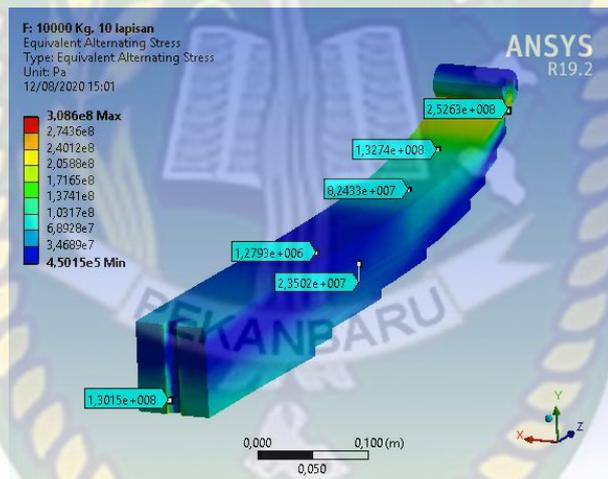


Gambar 4.14 *Safety factor* Pegas Daun 10 Lapisan 10000 kg

Simulasi selanjutnya untuk mendapatkan σ_a pada pegas daun yang belum dimodifikasi dan yang sudah dimodifikasi. Pada Gambar 4.15 didapat σ_a maksimum 298 MPa dan minimum 1.246 Mpa. Pada diagram kontur dapat dilihat *stress* lebih terjadi pada bagian penahan pegas daun. Selanjutnya pada Gambar 4.16 dapat dilihat σ_a yang terjadi pada pegas daun yang sudah dimodifikasi dengan nilai maksimum 308.6 MPa dan minimum 0.45 Mpa.

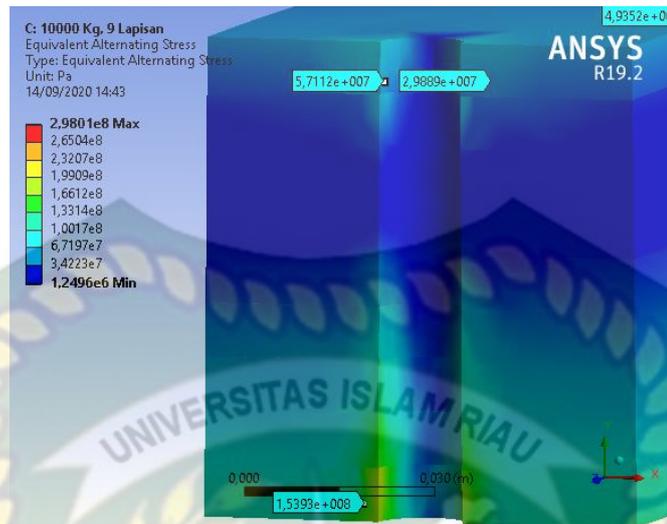


Gambar 4.15 σ_a Pegas Daun 9 Lapisan 10000 kg

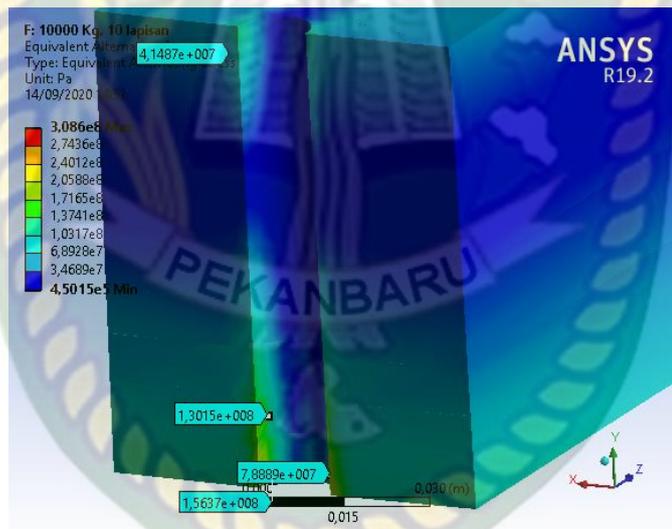


Gambar 4.16 σ_a Pegas Daun 10 Lapisan 10000 kg

Pada diagram kontur pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 untuk *center bolt* maksimum terjadi pada lapisan pegas daun 9 lapisan dengan perambatan dimulai dari bawah sedangkan untuk pegas daun 10 lapisan perambatan masih sama terjadi tetapi perambatan yang terjadi sudah dimulai dari atas juga.

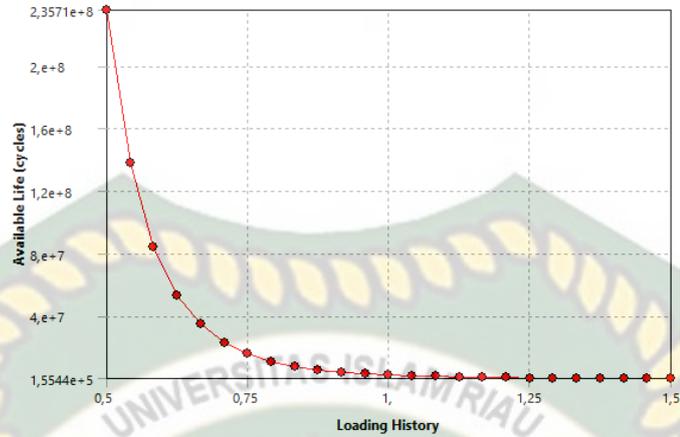


Gambar 4.17 Diagram Kontur *Center Bolt* 9 Lapisan 10000 kg

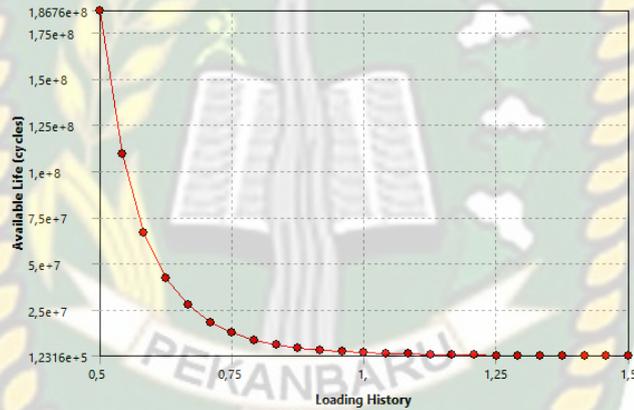


Gambar 4.18 Diagram Kontur *Center Bolt* 10 Lapisan 10000 kg

Pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 dapat dilihat *Fatigue Sensitivity* pada pegas daun yang belum dimodifikasi mengalami penurunan dimulai pada 2.357×10^8 dengan penurunan 150% dengan *cycle* 1.55×10^5 . pada pegas daun yang sudah dimodifikasi mengalami penurunan yang cukup tinggi yang dimulai pada *cycle* 1.8676×10^8 dengan penurunan 150% dan *cycle* 1.2×10^5 .



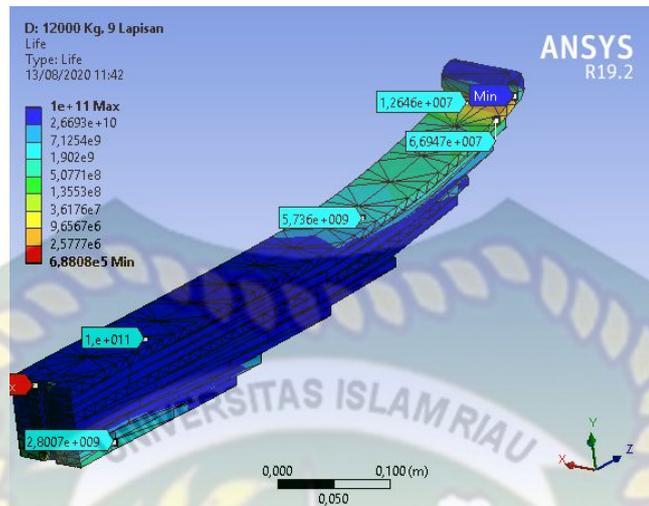
Gambar 4.19 *Fatigue Sensitivity Chart* pegas daun 9 lapisan 10000 kg



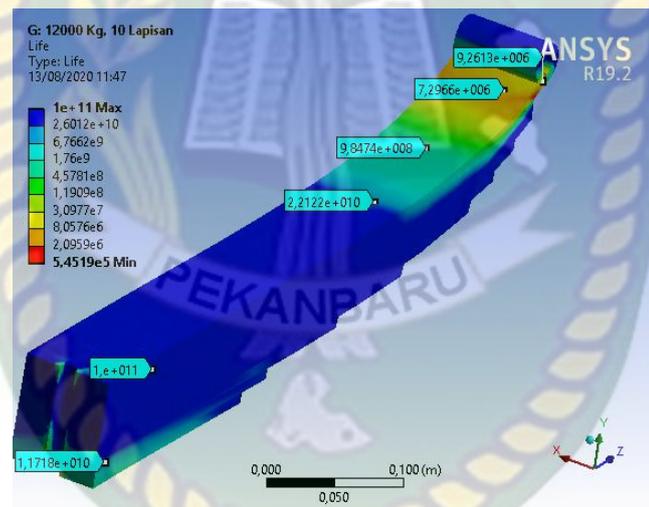
Gambar 4.20 *Fatigue Sensitivity Chart* pegas daun 10 lapisan 10000 kg

- c. Beban 12000 kg pada pegas daun 9 lapisan dan 10 lapisan

Pada beban ini adalah beban maksimum yang dipakai pada truk *canter* pengangkut sawit, pada Gambar 4.21 dapat dilihat beban 12000 kg dengan 9 lapisan didapat umur minimum 6.88×10^5 cycle yang terjadi pada bagian penahan pegas, sedangkan pada Gambar 4.22 dapat dilihat beban 12000 dengan 10 lapisan didapat umur 5.45×10^5 cycle. Pada beban ini mengalami penurunan umur yang cukup drastis hingga 10^5 cycle, pada beban ini masih dikatakan umur masih aman dari batas umur dari baja carbon tinggi 10^4 cycle.

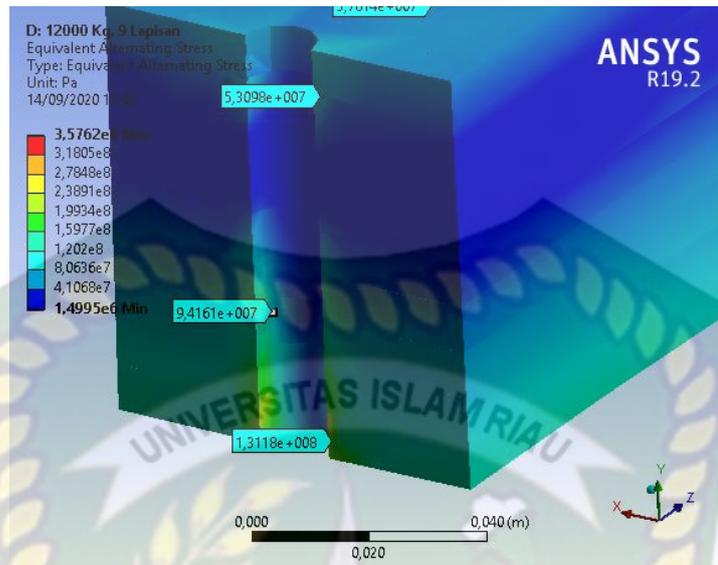


Gambar 4.21 *life* Pegas Daun 9 Lapisan 12000 kg

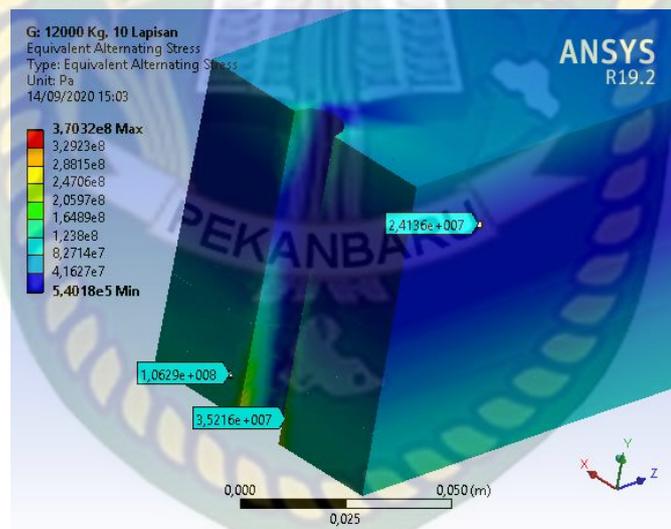


Gambar 4.22 *life* Pegas Daun 10 Lapisan 12000 kg

Pada diagram kontur pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24 untuk *center bolt* konsentrasi lebih terjadi pada lapisan pegas daun 10 lapisan dengan perambatan dimulai dari bawah dan diatas sedangkan untuk pegas daun 9 lapisan perambatan masih terjadi tetapi tidak lebih banyak dibanding pegas daun 10 lapisan.

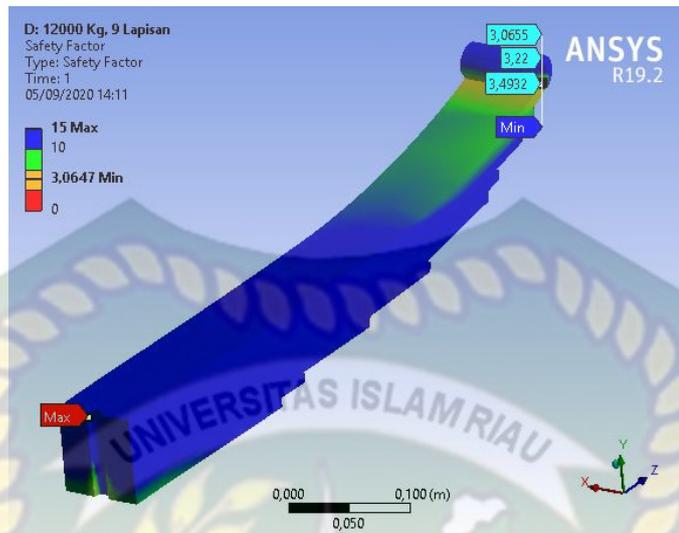


Gambar 4.23 Diagram Kontur *Center Bolt* 9 Lapisan 12000 kg

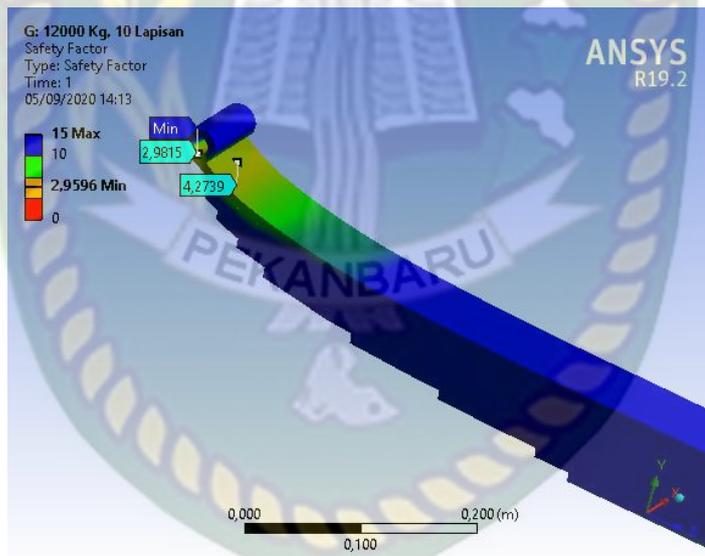


Gambar 4.24 Diagram Kontur *Center Bolt* 10 Lapisan 12000 kg

Untuk nilai *safety factor* pada pegas daun 9 lapisan dan pegas daun 10 lapisan yang dapat dilihat pada Gambar 4.25 penurunan nilai faktor keamanan sudah menurun drastis dengan nilai 3.06 dan Gambar 4.26 nilai faktor keamanan susah dikatakan tidak aman karena sudah dibawah nilai *safety factor* yang ditentukan. Pada pegas daun yang dimodifikasi didapat dengan nilai 2.9.

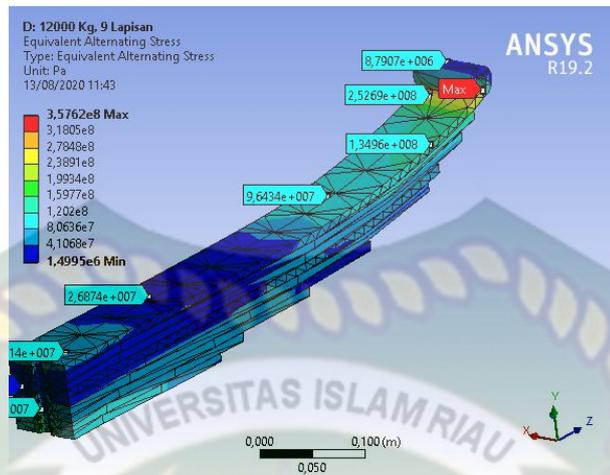


Gambar 4.25 *Safety Factor* Pegas Daun 9 Lapisan 12000 kg

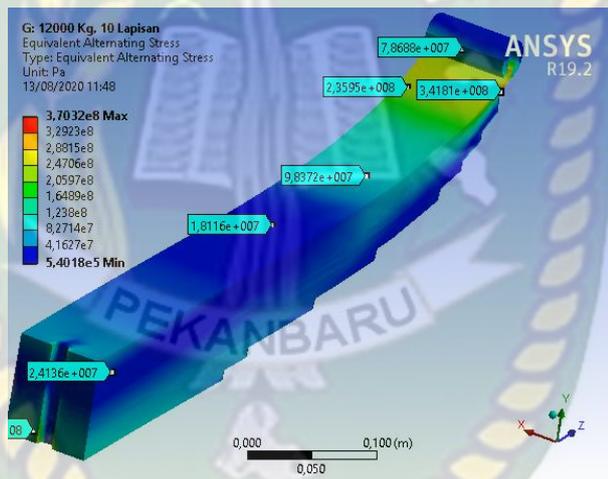


Gambar 4.26 *Safety Factor* Pegas Daun 10 Lapisan 12000 kg

Sedangkan untuk σ_a pada pegas daun 9 lapisan didapat maksimum 357.6 MPa dan minimum 1.4 MPa. Dan pada pegas daun 10 lapisan didapat maksimum 370 Mpa dan minimum 0.54 MPa. Simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.27 dan Gambar 4.28 nilai maksimum σ_a berada pada penahan pegas daun.

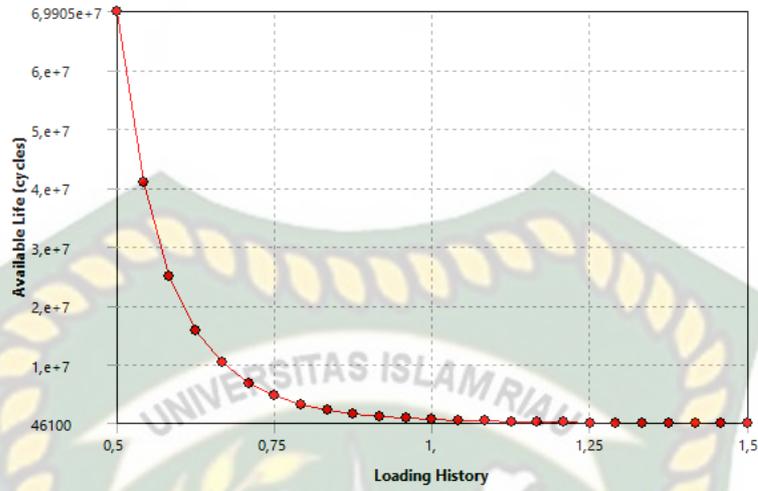


Gambar 4.27 σ_a Pegas Daun 9 Lapisan 12000 kg

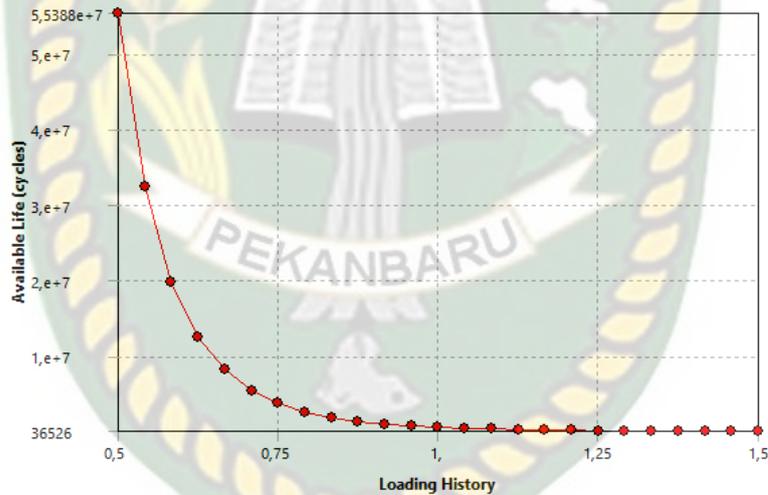


Gambar 4.28 σ_a Pegas Daun 10 Lapisan 12000 kg

Untuk *fatigue sensitivity* naiknya beban hingga 150 % yang dapat dilihat pada Gambar 4.29 umur berkurang 46100 *cycle*. Sedangkan pada Gambar 4.30 untuk 150 % umur berkurang 36526 *cycle*.



Gambar 4.29 *Fatigue Sensitivity* Pegas Daun 9 Lapisan 12000 Kg



Gambar 4.30 *Fatigue Sensitivity* Pegas Daun 10 Lapisan 12000 Kg

4.3 Analisa Hasil Simulasi

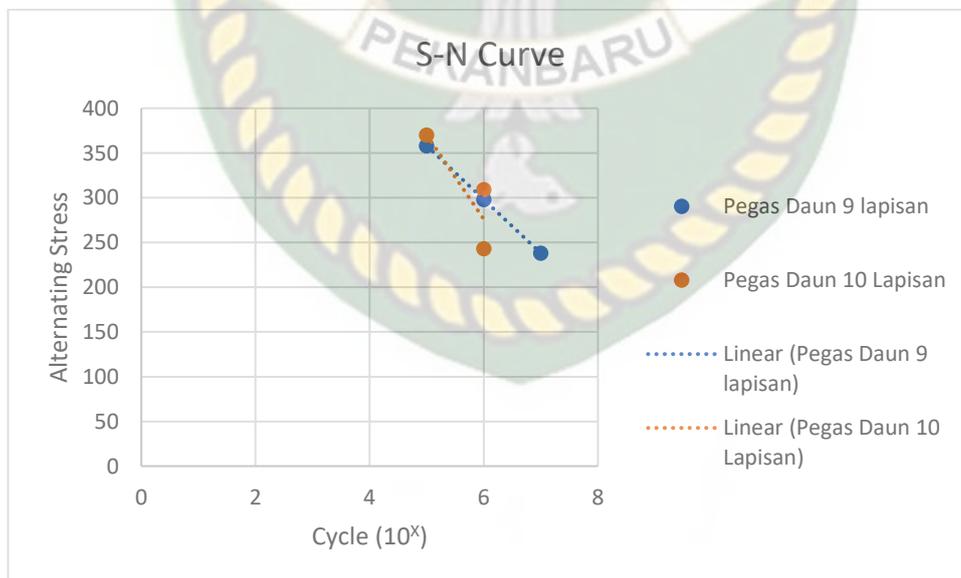
Tabel 4.3 Alternating Stress Simulasi

No	Alternating Stress	Pegas 9 lapisan			Pegas 10 Lapisan		
		8000 Kg	10000 Kg	12000 Kg	8000 Kg	10000 Kg	12000 Kg
1	Maksimum	238 MPa	298 MPa	358 MPa	242 MPa	309 MPa	370 Mpa
2	Minimum	0,99 MPa	1,24 MPa	1,5 MPa	0,26 MPa	0,45 MPa	0,54 Mpa

Tabel 4.4 Life Simulasi

No	Life	Pegas 9 lapisan			Pegas 10 Lapisan		
		8000 Kg	10000 Kg	12000 Kg	8000 Kg	10000 Kg	12000 Kg
1	Maksimum	10^{11}	10^{11}	10^{11}	10^{11}	10^{11}	10^{11}
2	Minimum	$1,027 \times 10^7$	$2,32 \times 10^6$	$6,88 \times 10^5$	$9,18 \times 10^6$	$1,84 \times 10^6$	$5,45 \times 10^5$

Pada beban 8000 kg, 10000 kg, 12000 kg didapat hasil simulasi untuk σ_a yang digunakan untuk mendapatkan kurva S-N. pada Gambar 4.31 dapat dilihat bahwa umur fatik berkurang dengan kenaikan pembebanan dan semakin tinggi σ_a yang dihasilkan, juga mempengaruhi dari umur dari pegas daun. Untuk umur dari pegas daun didapat maksimum *life* 10^7 pada pegas daun yang 9 lapisan sedangkan *life* untuk pegas daun 10 lapisan didapat 10^6 cycle. Sehingga pegas daun yang *life* aman terdapat pada pegas daun 9 lapisan dengan σ_a 238 MPa.



Gambar 4.31 Kurva S-N

Dari grafik diatas dapat dilihat semakin tegangan meningkat maka umur untuk pegas daun semakin menurun.

Tabel 4.5 *Safety Factor* Simulasi

No	Safety Factor	Pegas 9 lapisan			Pegas 10 Lapisan		
		8000 Kg	10000 Kg	12000 Kg	8000 Kg	10000 Kg	12000 Kg
1	Maksimum	15	15	15	15	15	15
2	Minimum	4.59	3.67	3.06	4.52	3.55	2.96

Pada tabel diatas dapat dilihat nilai *safety factor* dapat dikatakan semakin naik beban maka akan berkurang nilai *safety factornya*. Dengan perhitungan manual dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_a}$$

Dimana :

Sf = *safety factor*

σ_y = *yield strength* (MPa)

σ_a = *tegangan alternating stress* (Mpa)

Maka ;

1. Pegas daun 9 lapisan

a. Beban 8000 kg

$$Sf = \frac{1096 \text{ MPa}}{238 \text{ MPa}}$$

$$Sf = 4.61$$

b. Beban 10000 kg

$$Sf = \frac{1096 \text{ MPa}}{298 \text{ MPa}}$$

$$Sf = 3.68$$

c. Beban 12000 kg

$$Sf = \frac{1096 \text{ MPa}}{358 \text{ MPa}}$$

$$Sf = 3.06$$

2. Pegas daun 10 lapisan

a. Beban 8000 kg

$$Sf = \frac{1096 \text{ MPa}}{243 \text{ MPa}}$$

$$Sf = 4.51$$

b. Beban 10000 kg

$$Sf = \frac{1096 \text{ MPa}}{309 \text{ MPa}}$$

$$Sf = 3.54$$

c. Beban 12000 kg

$$Sf = \frac{1096 \text{ MPa}}{370 \text{ MPa}}$$

$$Sf = 2.96$$

Tabel 4.6 Safety Factor Perhitungan

No	Safety Factor	Pegas 9 lapisan			Pegas 10 Lapisan		
		8000 Kg	10000 Kg	12000 Kg	8000 Kg	10000 Kg	12000 Kg
1		4.61	3.68	3.06	4.51	3.54	2.96

Dari tabel di atas dapat dilihat perbandingan antara nilai simulasi dan nilai teoritis tidak terlalu berbeda jauh. Sehingga dapat dikatakan batas nilai faktor keamanan untuk pegas daun yang tidak dimodifikasi di beban 10000 kg dengan nilai SF 4.5. dan untuk pegas daun yang dimodifikasi di beban 10000 kg juga dengan nilai SF 3.54 dari batas SF 3.0

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 kesimpulan

Dari hasil analisa dengan metode elemen hingga didapat hasil :

1. Perhitungan *life cycle* untuk semua beban (8000 kg, 10.000kg dan 12.000 kg) menunjukkan bahwa nilai umur pemakaian pegas masih berada di atas 10^4 yang merupakan persyaratan *life cycle* minimum untuk baja.
2. Nilai *alternathing stress* untuk semua variasi pembebanan, baik pada pegas standar 9 lapisan maupun setelah dimodifikasi (10 lapisan) masih berada di bawah nilai tegangan luluh matrial SUP9A, yaitu 1080 MPa.
3. Hasil simulasi pada faktor keamanan menunjukkan bahwa pegas 10 lapisan dengan beban 12.000 kg memiliki faktor keamanan 2,96. Angka ini sudah tidak memenuhi persyaratan karena lebih kecil dari 3. Namun pada pembebanan yang lainnya masih memenuhi.
4. Pada keseluruhan simulasi terlihat bahwa area pada pegas daun yang perlu menjadi perhatian karena memiliki nilai terendah umur pakai dan faktor keamanan adalah daerah penahan.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian ini adalah :

1. Untuk pegas daun disarankan penambahan berada pada bagian bawah dikarenakan beban yang lebih besar terjadi pada bagian bawah.
2. Simulasi untuk *fatigue* selanjutnya diharapkan menggunakan *N- Code Design Life* untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhandarkar, D. K., 2014, "Design , Analysis and Optimiztion of a Leaf Spring," *Int. J. Innov. Res. Sci. Technol.*, **3**(6), p. 9.
- Bathe, K. jurgen, 2006, *Finite Element Procedures*.
- Budynas, R., and Nisbett, J. K., 2015, *Shigley's Mechanical Engineering Design*.
- Crolla, D. A., 2009, *Automotive Engineering: Powertrain, Chasis System and Vehicle Body*.
- Dwivedi, D. D., 2016, "Design and Analys of Automobile Leaf Spring Using ANSYS," (1), p. 6.
- Fallis, A. ., 2013, "Sistem Suspensi," *J. Chem. Inf. Model.*, **53**(9), pp. 1689–1699.
<https://www.autoexpose.org/2018/sistem-suspensi-mobil.html> (diakses tanggal 18 mei 2019)
- Jazar, R. N., 2008, *Vehicle Dynamics: Theory and Applications*.
- Mersila, A., 2016, "Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam Dan Oli Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135," *J. Chem. Inf. Model.*, **53**(9), pp. 1–70.
- Rizvana, S., 2017, "Modeling And Analysis of A Truck Multi Leaf Tandem Leaf Spring Using FEA," **7**, pp. 1–6.
- Rao, G. P. V. P. R., 2014, "Analysy of Mono Leaf Spring," **2**(7), p. 6.
- Saputra, R , Tyastomo, E., 2016, "Perbandingan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pegas Daun Yang Mengalami ProsesHeat Treatment," *Tek. Mesin Inst. Sains dan Teknol. Nas.*, **12**, p. 9.
- Setiawan, I., 2008, "Meningkatkan Mutu Baja Sup 9 Pada Pegas Daun Dengan Proses Perlakuan Panas," **9**, pp. 1–9.

Wahyu, F., 2015, “Analisis Kekuatan Suspensi Pegas Daun Truk Dengan Metode Finite Element,” **14**(3), p. 8.

William D. Callister, J., 2001, *Fundamentals of Materials Science and Engineering*.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau