



**ANALISIS KOMPUTASIONAL KARAKTERISTIK MEKANIK
PEGAS DAUN PROTOTIPE MOBIL *FISH CAR UNEJ (FCU) MUDKSIP***

SKRIPSI

Oleh:

Khoirur Rohman

161910101022

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**ANALISIS KOMPUTASIONAL KARAKTERISTIK MEKANIK
PEGAS DAUN PROTOTIPE MOBIL *FISH CAR UNEJ (FCU) MUDKSIP***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Strata I Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Khoirur Rohman

161910101022

PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan yang maha esa penguasa kehidupan dunia dan akhirat. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tua saya bapak Subiyanto dan ibu Wiwik, serta adik saya Dini dan Mustofa yang telah mendo'akan dan memberikan semangat tiada henti dalam menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Mesin di Universitas Jember;
2. Ibu Ir. Rika Dwi Hidayatul Qoryah, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan bapak Ir. Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku pembimbing anggota yang telah memberikan saran dan arahan selama riset dan penulisan skripsi hingga selesai;
3. Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Yuni Hermawan, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang banyak sekali yang telah memberikan saran dan arahan dalam proses penyelesaian skripsi;
4. Semua dosen dan teknisi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah mendidik serta memberikan ilmu yang bermanfaat sehingga saya dapat menyelesaikan studi strata satu (S1) sehingga mendapatkan gelar S.T.

MOTTO

Apapun Yang Telah Terjadi Kehidupan Harus Tetap Berjalan



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khoirur Rohman

NIM : 161910101022

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Komputasional Karakteristik Mekanik Pegas Daun Prototipe Mobil *Fish Car Unej (FCU) Mudksip*” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 November 2020
Yang menyatakan,

Khoirur Rohman
NIM 161910101022

SKRIPSI

**ANALISIS KOMPUTASIONAL KARAKTERISTIK MEKANIK
PEGAS DAUN PROTOTIPE MOBIL *FISH CAR UNEJ (FCU) MUDKSIP***

Oleh:

Khoirur Rohman
NIM 161910101022

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Rika Dwi Hidayatul Qoryah, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Komputasional Karakteristik Mekanik Pegas Daun Prototipe Mobil *Fish Car Unej (FCU) Mudksip*” telah disetujui pada:

Hari, tanggal : Kamis, 19 November 2020

Tempat : diselenggarakan secara *online* (daring).

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Ir. Rika Dwi Hidayatul Qoryah, S.T., M.T.
NIP. 760014642

Ir. Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP. 196812071995121002

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.
NIP. 197008072002121001

Yuni Hermawan, S.T., M.T.
NIP. 197506152002121008

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Triwahyu Hardianto, S. T., M. T.
NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

Analisis Komputasional Karakteristik Mekanik Pegas Daun Prototipe Mobil *Fish Car Unej (FCU) Mudskip*; Khoirur Rohman, 161910101022; 55 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

FCU Mudskip merupakan mobil yang didesain dengan sistem medan pedesaan khususnya untuk pengangkutan perikanan. Mobil *FCU Mudskip* menggunakan suspensi pegas daun pada bagian belakang untuk menahan beban kendaraan yang condong ke bagian belakang. Beban kendaraan condong ke bagian belakang disebabkan oleh sistem pengangkutan mobil berupa ikan dan air. Sistem pengangkutan tersebut dapat menyebabkan kegagalan pada bagian pegas daun. Analisis dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan, regangan dan siklus pada pegas daun. *Software ansys 18.1* digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan, dan siklus pegas daun dengan tebal 7 mm, 10 mm, dan 13 mm. Nilai tegangan pada pegas daun tebal 7 = 124,31 Mpa; tebal 10 mm = 63,49 Mpa; tebal 13 mm = 40,64 Mpa; nilai regangan pada pegas daun tebal 7 mm = 0,00075; tebal 10 mm = 0,00036; tebal 13 mm = 0,00024; siklus yang dapat diterima pegas daun tebal 7 mm = 69206 siklus, 10 mm = 75649 siklus, dan tebal 13 mm = 95540 siklus. Pegas daun tebal 13 mm merupakan pegas daun yang paling optimal karena dapat menerima siklus terbanyak yaitu 95540 siklus, sesuai fungsi dari pegas daun sebagai peredam getaran.

SUMMARY

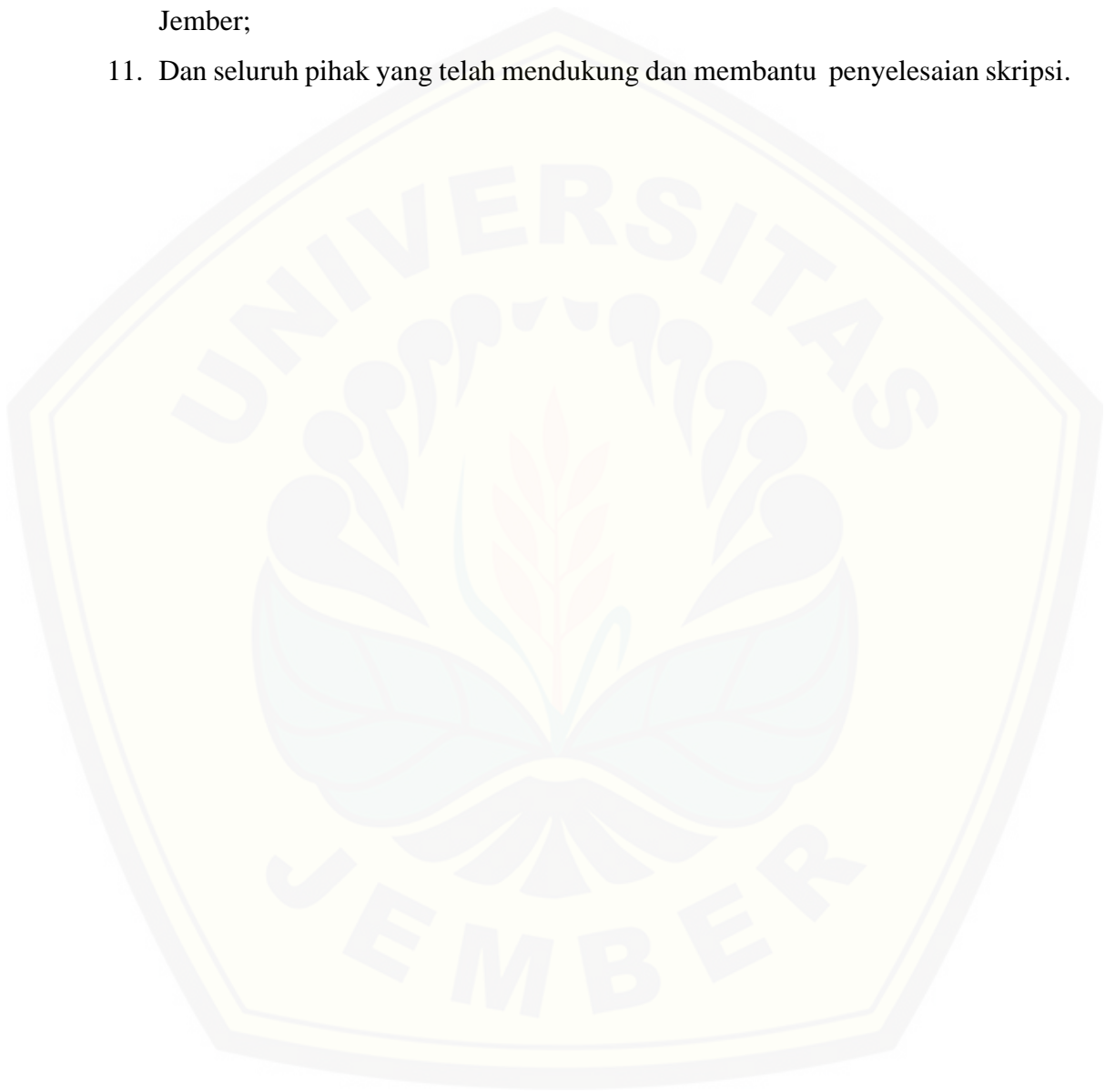
FCU Mudskip is a car designed with a rural terrain system especially for fishing transportation. FCU Mudskip uses leaf spring suspension at the rear to support the weight of the vehicle that is leaning towards the rear. The load of the vehicle is inclined to the rear due to the car carrying system in the form of fish and water. This conveying system can cause leaf spring failure. The analysis was carried out to determine the value of stress, strain and cycle on leaf springs. Ansys 18.1 software was used to obtain stress, strain, and leaf spring cycle values with a thickness of 7 mm, 10 mm, and 13 mm. The value of stress on leaf springs with thickness 7 = 124,31 Mpa; thickness 10 mm = 63,49 Mpa; thickness 13 mm = 40,64 Mpa; the value of strain on leaf springs with a thickness of 7 mm = 0,00075; a thickness of 10 mm = 0,00036; a thickness of 13 mm = 0,00024; Acceptable cycles of leaf springs are 7 mm thick = 69206 cycles, 10 mm = 75649 cycles, and 13 mm thick = 95540 cycles. Leaf springs with a thickness of 13 mm are the most optimal leaf springs because they can receive the most cycles of 95540 cycles, according to the function of leaf springs as vibration dampers.

PRAKATA

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi ini termasuk rekan-rekan sekalian yang telah memberikan banyak dukungan kepada penulis, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua saya bapak Subiyanto dan ibu Wiwik, serta adik saya Dini dan Mustofa yang telah mendo'akan dan memberikan semangat tiada henti dalam menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Mesin di Universitas Jember;
2. Ibu Ir. Rika Dwi Hidayatul Qoryah, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan bapak Ir. Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku pembimbing anggota yang telah memberikan saran dan arahan selama riset dan penulisan skripsi hingga selesai;
3. Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Yuni Hermawan, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang banyak sekali yang telah memberikan saran dan arahan dalam proses penyelesaian skripsi;
4. Semua dosen dan teknisi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah mendidik serta memberikan ilmu yang bermanfaat sehingga saya dapat menyelesaikan studi strata satu (S1) sehingga mendapatkan gelar S.T.
5. Teman – teman pembedangan DESAIN'16, Veli, Fahrul, Abim, Ibad, Guntur, Royan, Agung, Ega, Herninda, Syahrul, Alief, yang telah memberi semangat, dukungan dan menghibur selama perkuliahan hingga menjadi sarjana;
6. Teman – teman kost Al-Ikhlas, Rizal, Hida, Tuhin, Ardian dan Toni yang selalu membantu dalam hal apapun;
7. Teman-teman belajar dan diskusi, Aulia, Candra, Zalfan, Made, Tarjo, Saadul dan Fadh yang telah banyak membantu selama perkuliahan dan proses penyelesaian skripsi;
8. Teman-teman Club Mechanical Engineering Software (MES) yang telah memberi semangat selama proses penyelesaian skripsi;

9. Keluarga besar mahasiswa teknik mesin angkatan tahun 2016 dan seluruh warga mesin yang banyak membantu dan memberikan semangat serta suka duka selama kuliah;
10. Almamater tercinta Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
11. Dan seluruh pihak yang telah mendukung dan membantu penyelesaian skripsi.



DAFTAR ISI

SKRIPSI	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Pegas Daun	6
2.1.1 Analisa Peristiwa Kegagalan Pada Leaf Spring Truk Colt Diesel Pengangkut Pasir (2018)	6
2.1.2 Ananlisis Kekuatan Suspensi Pegas Daun Truk Dengan Metode Finite Element (2015).....	7
2.1.3 <i>Design, Analysis and Optimization of Leaf Spring</i> (2014)	7
2.1.4 Desain dan Optimasi Sistem Suspensi Pegas Daun Pada Kendaraan Roda 3 Dengan Menggunakan Catia V5 (2018)	7
2.1.5 <i>Numerical and Experimental Analysis Of Stress Of A Semi- Elliptical Spring</i> (2018).....	8

2.1.6 <i>The Importance Of Imperfections In Leaf Spring Fluxures For The Support Stifnes</i> (2015)	9
2.2 Mobil Fish Car UNEJ (FCU Mudskip)	9
2.2.1 Suspensi	11
2.3 Pegas Daun	12
2.3.1 Pembebanan Pada Pegas Daun	13
2.3.2 Fatik Pada Pegas Daun	14
2.4 Metode Elemen Hingga	16
2.5 Tegangan	17
2.6 Regangan (Strain)	17
2.7 Diagram Tegangan-Regangan	18
2.7.1 <i>Elastic Behavior</i> (Sifat Elastis)	18
2.7.2 <i>Yielding</i> (Luluh)	19
2.7.3 <i>Strain Hardening</i>	19
2.7.4 <i>Necking</i>	19
2.8 Deformasi	19
2.9 Teori Von Mises	20
2.10 Perangkat Lunak Analisis Elemen Hingga (Ansys 18.1)	21
2.11 Hipotesa	22
BAB 3 METODOLOGI	
3.1 Metode Penelitian	23
3.1.1 Studi Literatur	23
3.1.2 Pengumpulan Data	23
3.1.3 Diskusi	23
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.3 Alat dan Bahan	23
3.3.1 Alat	23
3.3.2 Bahan	23
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.5 Palaksanaan Penelitian	24
3.5.1 Penetapan Variabel Bebas dan Variabel Terikat	24

3.5.2 Pengumpulan Data	25
3.5.3 Proses Pemodelan (CAD).....	25
3.5.4 Proses Perhitungan	26
3.5.5 Proses Simulasi.....	26
3.5.6 Hasil dan Analisa.....	27
3.6 Objek Penelitian	27
3.6.1 Desain Suspensi Pegas Daun.....	27
3.6.2 Material Suspensi Pegas Daun	28
3.6 Diagram Alir Penelitian	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Simulasi Pegas Daun	32
4.1.1 Geometri Pegas Daun.....	32
4.1.2 <i>Mesh</i> Pegas Daun	33
4.1.3 Beban Pegas Daun.....	35
4.1.4 Hasil Simulasi Pegas Daun.....	36
4.2 Hasil Tegangan Pegas Daun	36
4.3 Hasil Regangan Pegas Daun	40
4.4 Hasil Defleksi Pegas Daun	42
4.4 Hasil Beban Siklus Pegas Daun	44
4.5 Analisis Hasil Tegangan, Regangan, Beban Siklus	46
4.5.1 Analisis Tegangan dan Reganga	46
4.5.2 Analisis Siklus	51
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kegagalan Pada <i>Leaf Spring Truk Colt Diesel</i>	6
Gambar 2.2 Suspensi Pegas Daun Truk.....	7
Gambar 2.3 Suspensi Pegas Daun Pada Kendaraan Roda 3	8
Gambar 2.4 <i>Semi-Elliptical Spring Test</i>	9
Gambar 2.5 Desain Mobil <i>FCU Mudskip</i>	11
Gambar 2.6 Spesifikasi Mobil <i>FCU Mudskip</i>	11
Gambar 2.7 Suspensi Pegas Daun Mobil <i>FCU Mudskip</i>	12
Gambar 2.8 Pegas Daun.....	13
Gambar 2.9 Pembebanan Pegas Daun	14
Gambar 2.10 Grafik Fatik Pada Pegas Daun	15
Gambar 2.11 Elemen Segi Empat Sederhana	16
Gambar 2.13 Grafik Tegangan-Regangan	18
Gambar 3.1 Pemodelan Pegas Daun	24
Gambar 4.1 Pegas Daun Tebal 7 mm, 10 mm, 13 mm.....	33
Gambar 4.2 <i>Mesh</i> Pegas Daun 7 mm, 10 mm, 13 mm	34
Gambar 4.3 Letak Gaya dan Tumpuan Pada Pegas Daun	36
Gambar 4.4 Tegangan Pegas Daun 7 mm, 10 mm, 13 mm	38
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tegangan Pegas Daun	39
Gambar 4.6 Regangan Pegas Daun 7 mm, 10 mm, 13 mm	40
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Regangan Pegas Daun	41
Gambar 4.8 Defleksi Pegas Daun 7 mm, 10 mm, 13 mm	43
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Defleksi Pegas Daun.....	43
Gambar 4.10 Nilai Siklus Pegas Daun 7 mm, 10 mm, 13 mm	44
Gambar 4.11 Perbandingan Nilai Siklus Pegas Daun.....	45
Gambar 4.12 Grafik Tegangan-Regangan	47
Gambar 4.13 Grafik Tegangan-Regangan Pegas Daun	49
Gambar 4.14 Grafik Fatik Pegas Daun	51
Gambar 4.15 Grafik Tegangan-Siklus Pegas Daun	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Desain Suspensi Pegas Daun	27
Tabel 3.2 Komposisi Kimia Material SAE 51600	28
Tabel 3.3 Komposisi Fisika Material SAE 51600	28
Tabel 3.4 Sifat Mekanik Material SAE 51600.....	29
Tabel 3.5 Sifat Termal Material SAE 51600	30
Tabel 4.1 Volume dan Berat Setiap Pegas Daun	33
Tabel 4.2 <i>Mesh</i> Pada Setiap Variasi Pegas Daun.....	34
Tabel 4.3 Perbandingan Tegangan Pada Setiap Pegas Daun	38
Tabel 4.4 Perbandingan Regangan Pada Setiap Pegas Daun.....	41
Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Beban Siklus Pada Setiap Pegas Daun	45
Tabel 4.5 Perbandingan Tegangan dan Tegangan Luluh Material	50

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia secara geografis terletak pada garis khatulistiwa, tepatnya berada di antara garis lintang dan garis bujur 6° LU – 11° LS dan 95° BT – 141° BT (Geografi Regional Indonesia, 2018). Indonesia memiliki luas wilayah $1.913.578,68$ km² terdiri dari 17.504 pulau dengan jumlah penduduk 261.891.686 (Badan Pusat Statistik, 2018). Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan yang terdiri dari wilayah darat dan laut, sebagai negara kepulauan terbesar dengan luas perairan sekitar tiga per empat seluruh wilayah Indonesia. Indonesia menjadi negara yang mempunyai produksi perikanan tangkap tertinggi kedua di dunia pada perairan laut dan menjadi negara yang mempunyai produksi perikanan tangkap tertinggi ke-tujuh di dunia pada perairan umum (FAO, 2016).

Penyebaran daerah penangkapan ikan di Indonesia mencapai luas sekitar $5.800.000$ km² yang terbagi menjadi 11 Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI), 15,34 % wilayah penyebaran daerah penangkapan ikan merupakan daerah tepi laut atau disebut dengan daerah pesisir. Masyarakat pesisir umumnya bekerja sebagai nelayan, tercatat bahwa 21,82 % penduduk yang tinggal di daerah pesisir mempunyai sumber penghasilan utama pada sektor perikanan. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, No. 47/KEPMEN-KP/2016 bahwa potensi sumber daya ikan di Indonesia mencapai 9,9 juta ton yang tersebar di 11 WPPNRI (Badan Pusat Statistik, 2018).

Kabupaten Jember merupakan salah satu daerah dengan garis pantai sepanjang ± 170 Km sehingga memiliki potensi perikanan yang cukup tinggi. Hasil perikanan Kabupaten Jember menurut data Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur, 2010 sebanyak 8.718,1 ton/tahun. Potensi yang dimiliki Kabupaten Jember tidak didukung dengan distribusi hasil perikanan yang merata. Permasalahan masyarakat pesisir di daerah Jember yaitu wilayah pesisir yang sulit dijangkau yang berdampak pada peringkat Kabupaten Jember berada di peringkat

13 dari 22 kabupaten se-Jawa Timur dalam produksi ikan (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur, 2010).

FCU Mudskip adalah mobil yang didesain dengan sistem medan pedesaan khususnya untuk pengangkutan perikanan. *FCU Mudskip* menggunakan sistem transmisi manual dan beroperasi menggunakan mesin bagian depan dengan berpengerak roda belakang. Suspensi kendaraan ini menggunakan *helical spring* untuk bagian depan dan *leaf spring* untuk bagian belakang. *FCU Mudskip* menggunakan sasis tipe *ladder* (tangga) yang banyak digunakan pada kendaraan pengangkut (Ridho dkk, 2018). Mobil *FCU Mudskip* merupakan kendaraan tipe pengangkut.

Suspensi mobil menggunakan pegas daun berfungsi menahan beban kendaraan. Pegas daun terdiri dari beberapa plat datar yang disatukan menggunakan *clamp*. Pegas daun berfungsi sebagai peredam getaran dan sebagai penopang rangka kendaran, akibat dari fungsi pegas daun sebagai penopang bobot kendaraan dan menerima beban secara berulang mengakibatkan pegas daun mengalami kerusakan (Islam Thamrin, 2009).

Sepitra dan Yose (2018) meneliti tentang kegagalan pegas daun pada truk *colt diesel*, dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa kegagalan pegas daun salah satunya disebabkan oleh pemilihan material dan desain komponen. Firmansyah dkk (2015) meneliti tentang analisa suspensi pegas daun menggunakan metode elemen hingga, dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa perbedaan dimensi pegas daun akan menghasilkan nilai tegangan yang berbeda. Lukman (2018) melakukan analisa desain dan optimasi pegas daun pada kendaraan roda 3 menggunakan perangkat lunak *catia v5*. Modifikasi dilakukan pada pegas daun dengan dimensi sama, modifikasi berupa penambahan slot pada penampang pegas yaitu 1 slot, 2 slot dan 3 slot, dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa pegas daun original (tanpa modifikasi) merupakan pegas daun yang paling optimal karena tegangan yang dihasilkan memiliki nilai terkecil. Mairusz dkk (2018) meneliti tentang *stress analisis* pada *leaf spring* menggunakan metode eksperimental dan perhitungan numerik. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya retak pada pegas daun. Kegagalan pada pegas

daun disebabkan karena pegas daun mengalami kelebihan beban, dalam kondisi tersebut diperlukan proses desain ulang pada pegas daun agar pegas dapat menahan beban muatan kendaraan.

Meijaard (2015) meneliti pengaruh ketidak sempurnaan bentuk pegas daun terhadap kinerjanya, dari penelitian tersebut diketahui bahwa ketidak sempurnaan bentuk pegas daun dapat mempengaruhi kekakuan dari pegas daun tersebut, urutan pemasangan pegas daun merupakan faktor utama yang mempengaruhi kekakuan pegas daun, pegas daun utama harus memiliki dimensi lebih panjang dan seterusnya mengecil ke bawah untuk menambah nilai kekakuan dari pegas daun. Dhiraj dan Sanjay (2014) mengembangkan metodologi dalam merancang suspensi pegas daun, terdapat beberapa metodologi dalam merancang pegas daun. Metode elemen hingga dipilih karena dapat menyelesaikan analisa pada pegas daun berupa ketahanan, penanganan, kenyamanan berkendara, uji optimalisasi final dengan waktu singkat.

Mustafa (2019) menganalisa defleksi pada balok persegi menggunakan pengujian eksperimental dan perhitungan numerik. Objek penelitian merupakan balok berbentuk persegi dengan dimensi tinggi $T = 0,01$ meter dan lebar $L = 0,8$ meter, dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai defleksi terbesar terletak di $L/2$ atau terletak ditengah dari balok persegi tersebut dan dapat disimpulkan juga bahwa nilai defleksi experimental memiliki nilai lebih besar dibandingkan perhitungan numerik. Gabriela dkk (2019) meneliti tentang kekuatan lentur dari baja bentuk profil C dengan menggunakan *finite element method*. Analisis baja profil C dilakukan untuk mengetahui pengaruh kekuatan lentur pada baja profil C tersebut. Hasil penelitian menyebutkan bahwa baja profil C yang memiliki nilai regangan terbesar merupakan baja dengan kekuatan lentur terbaik.

Gede dkk (2019) meneliti tentang kekuatan tarik dan kekuatan lentur pada material komposit dengan penguat serat jelatang. Pengujian tarik dan kekuatan lentur dilakukan tiga kali pada setiap spesimen. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui modulus elastisitas dari setiap komponen dan pengujian kekuatan lentur dilakukan untuk mengetahui regangan maksimum yang terjadi pada spesimen, dari proses pengujian menghasilkan nilai yang selanjutnya nanti nilai tersebut dimasukkan pada proses perhitungan untuk memperoleh nilai kekuatan

tarik dan kekuatan lentur dari setiap spesimen. Hasil pengujian menyimpulkan bahwa material dengan fraksi serat jelatang lebih banyak menghasilkan nilai kekuatan tarik dan kekuatan lentur tertinggi.

Wahyu dkk (2019) meneliti tentang tegangan geser, momen dan tegangan lentur maksimum pada pisau mesin pemecah kakao. Penelitian tersebut fokus pada pemotong kakao yang mengalami beban terbesar, dengan menggunakan rumus perhitungan dapat diperoleh bahwa nilai tegangan geser $\tau_{\max} = 5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, tegangan lentur maksimum $\sigma_L = 14,3 \times 10^6 \text{ Kg/mm}^2$, dari penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh tebal terhadap karakteristik sifat mekanik dari pegas daun prototipe mobil *FCU Mudskip*.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai tegangan, regangan, siklus yang dapat diterima oleh pegas daun mobil *FCU Mudskip* ?
2. Bagaimana perbandingan nilai tegangan maksimal pada setiap variasi tebal pegas daun ?
3. Bagaimana perbandingan nilai regangan pada setiap variasi tebal pegas daun ?
4. Bagaimana perbandingan nilai beban siklus maksimal pada setiap variasi tebal pegas daun ?
5. Pegas dengan variasi tebal berapakah yang paling optimal ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai tegangan, regangan, siklus yang dapat diterima oleh pegas daun mobil *FCU Mudskip*.
2. Mengetahui perbandingan nilai tegangan maksimal pada setiap variasi tebal pegas daun.
3. Mengetahui perbandingan nilai regangan pada setiap variasi tebal pegas daun.
4. Mengetahui perbandingan nilai beban siklus maksimal pada setiap variasi tebal pegas daun.

5. Mengetahui variasi tebal pegas yang paling optimal.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Gesekan pada pegas daun diabaikan.
2. Gaya horizontal pada pegas diabaikan.
3. Fatik pada pegas dianggap linier.
4. Beban pada pegas dianggap konstan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai referensi tambahan dalam perancangan pegas daun mobil tipe *pick up*.
2. Sebagai tambahan referensi dalam pemilihan tebal pegas daun.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Pegas Daun

2.1.1 Analisa Peristiwa Kegagalan Pada *Leaf Spring* Truk *Colt Diesel* Pengangkut Pasir (2018)

Sepitra dan Yose Rizal meneliti tentang kegagalan pegas daun pada truk *colt diesel*. Pegas daun truk *colt diesel* mengalami perpatahan pada susunan pertama. Posisi patahan pegas daun terjadi pada bagian tengah merupakan bagian penerima beban terbesar dan terdapat lubang kecil pada bagian tersebut sebagai tempat baut pengikat pegas. Penyebab utama kegagalan pegas adalah terjadinya korosi setempat/*pitting* pada pegas daun. Korosi tersebut mengasilkan takikan yang mengakibatkan adanya konsentrasi tegangan. Beban berulang serta kondisi korosi yang terus berlangsung menyebabkan kelelahan pada pegas hingga terjadinya patah.

AISI 5160 merupakan material pegas daun mobil *cold diesel*, berikut merupakan karakteristik material AISI 5160 tegangan ultimate = Mpa (107 kg/mm²), tegangan luluh = 924 Mpa (94,22 kg/mm²), kekerasan = 32 – 33 HRC.



Gambar 2.1 Kegagalan Pada *Leaf Spring* Truk *Colt Diesel* (Sepitra, 2018)

2.1.2 Analisis Kekuatan Suspensi Pegas Daun Truk Dengan Metode *Finite Element* (2015)

Fimansyah meneliti tentang analisa suspensi pegas daun menggunakan metode elemen hingga. Analisa dilakukan pada seluruh lempengan pegas menggunakan simulasi perangkat lunak *solidwork*, dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa perbedaan dimensi pegas daun akan menghasilkan nilai tegangan yang berbeda, tegangan maksimum terjadi pada *master leaf* dengan Panjang 1300 mm, tebal 12 mm dan lebar 70 mm.



Gambar 2.2 Suspensi Pegas Daun Truk
(Firmansyah, 2015)

2.1.3 *Design, Analysis and Optimization of Leaf Spring* (2014)

Dhiraj dan Sanjay mengembangkan metodologi dalam perancangan suspensi pegas daun, terdapat dua metodologi dalam merancang pegas daun yaitu metode perhitungan analitik dan metode *finite element method (FEA)*. Metode elemen hingga dipilih karena dapat menyelesaikan analisa pada pegas daun berupa ketahanan, penanganan, kenyamanan berkendara, optimalisasi dan uji finalisasi dengan waktu singkat.

2.1.4 Desain dan Optimasi Sistem Suspensi Pegas Daun Pada Kendaraan Roda 3 Dengan Menggunakan *Catia V5* (2018)

Lukman melakukan analisa desain dan optimasi pegas daun pada kendaraan roda 3 menggunakan perangkat lunak *catia v5* dengan modifikasi slot.

Modifikasi dilakukan pada pegas daun dengan dimensi sama, modifikasi berupa penambahan slot pada penampang pegas yaitu 1 slot, 2 slot dan 3 slot.

Hasil analisa menggunakan perangkat lunak *catia v5* menghasilkan pegas daun original yang memiliki 2 slot menghasilkan tegangan von mises sebesar 12200000 N/m^2 . Setelah dilakukan modifikasi, modifikasi 1 (tanpa slot) mengalami peningkatan tegangan sebesar $\sigma = 34,43 \%$, modifikasi 2 (3 slot) mengalami peningkatan tegangan sebesar $\sigma = 8,20 \%$ dan pada modifikasi 3 (2 slot) mengalami peningkatan tegangan sebesar $\sigma = 24,9 \%$. Dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa pegas daun original (tanpa modifikasi) merupakan pegas daun yang paling optimal karena tegangan yang dihasilkan memiliki nilai terkecil.



Gambar 2.3 Suspensi Pegas Daun Pada Kendaraan Roda 3
(Lukman, 2018)

2.1.5 *Numerical and Experimental Analysis Of Stress Of A Semi-Elliptical Spring* (2018)

Mairusz dkk meneliti tentang *stress analisys* pada leaf spring menggunakan metode eksperimental dan perhitungan numerik. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya retak pada pegas daun. Penyebab kegagalan disebabkan pegas mengalami beban berulang dan menyebabkan fatik.

Beban yang diterima oleh pegas daun berupa beban siklik dengan besar defleksi konstan 100 mm dengan jumlah 200.000 siklus. Pegas daun mulai mengalami patah pada siklus ke 76.000. Patah awal terjadi pada kedua sisi pegas yang memiliki jarak terdekat dengan letak pembebanan. Perambatan retak terjadi setelah patah awal menyebabkan pegas mengalami kegagalan.

Pengujian numerik digunakan untuk mengetahui tegangan dan displasmen yang terjadi pada pegas daun. Pengujian numerik dilakukan pada satu

pegas dikarenakan pegas memiliki bentuk yang sama, dari pengujian numerik diperoleh hasil berupa distribusi tegangan pada pegas daun dan diperoleh hasil yang sama bahwa patah awal terjadi bagian pegas yang memiliki letak terdekat dengan pembebanan.

Kegagalan pada pegas daun disebabkan karena pegas daun mengalami kelebihan beban, dalam kondisi tersebut diperlukan proses desain ulang pada pegas daun agar pegas dapat menahan beban muatan kendaraan.



Gambar 2.4 *Semi-Elliptical Spring Test*
(Mairusz, 2018)

2.1.6 *The Importance Of Imperfections In Leaf Spring Fluxures For The Support Stifnes* (2015)

Meirjaard meneliti pengaruh ketidak sempurnaan bentuk pegas daun terhadap kinerjanya, dari penelitian tersebut diketahui bahwa ketidak sempurnaan bentuk pegas daun dapat mempengaruhi kekakuan dari pegas daun tersebut, urutan pemasangan pegas daun merupakan faktor utama yang mempengaruhi kekakuan pegas daun, pegas daun utama harus memiliki dimensi lebih panjang dan seterusnya mengecil ke bawah untuk menambah nilai kekakuan dari pegas daun.

2.2 *Mobil Fish Car UNEJ (FCU Mudskip)*

Mobil Fish Car UNEJ (FCU Mudskip) didesain agar dapat menahan beban kendaraan dan muatan berupa ikan dan air. Kendaraan ini mempunyai dimensi panjang 3580 mm, lebar 1360 mm, dan tinggi 2200 mm. Kendaraan ini bermuatan

maksimal 2 orang dewasa. Kecepatan maksimal dari kendaraan ini adalah 50 km/jam.

Mobil dengan sumber tenaga penggerak kendaraan menggunakan diesel berbahan bakar biodiesel. Mobil *Fish Car UNEJ (FCU Mudskip)* menggunakan sistem penggerak roda belakang dan menggunakan transmisi manual. Mobil *Fish Car UNEJ (FCU Mudskip)* beroperasi menggunakan mesin bagian depan berpenggerak Roda Belakang, untuk bagian kemudi (*Steering*) kendaraan ini menggunakan *Rack and Pinion Steering*. Suspensi Mobil *Fish Car UNEJ (FCU Mudskip)* menggunakan *Helical Spring* untuk bagian depan dan *Leaf Spring* untuk bagian belakang. *Brake* depan menggunakan cakram (*Disc*), sedangkan *brake* belakang menggunakan *drum brake* (Ridho dkk, 2018).

Beban maksimal mobil adalah 750 kg, menurut surat edaran nomor: SE.2/AJ.307/DRJD/2018 tentang ketentuan mengenai bak muatan mobil barang, beban maksimum yang diperoleh untuk mobil barang bak terbuka maupun tertutup yaitu 3.500 kg dengan ketentuan dimensi bak muatan tidak lebih dari tinggi 4.200 mm.



Gambar 2.5 Desain Mobil *FCU Mudskip*
(Sumber: Yoga, 2018)

Dimensi		
Panjang Keseluruhan	Mm	3580
Lebar Keseluruhan	Mm	1360
Tinggi Keseluruhan	Mm	2000
Jarak antar Pores	Mm	2700
Jarak terendah	Mm	2000
Radius Putaran Maksimum	M	200
Berat Kendaraan	Kg	700
Berat maksimum yang diijinkan	Kg	750
Penumpang	Kg	150
Engine		
Kategori		Mesin Diesel
Nama		D 905
Tipe		Vertical, pendingin air, 4 langkah
Jumlah Silinder		4
Silinder Capacity	Cc	898
Tenaga Maksimum	HP/rpm	48.6/2800
Compression Ratio		17
Bore x Stroke	Mm	83 x 92.4
Torsi Maksimum	Nm/s	36241.01618
Transmission		
Tipe		Manual Transmission
Gear Ratio ke-1		1.085184
Ke-2		1.855638538
Ke-3		3.173097265
Ke-4		5.42592
Mundur		1.085184
Chassis		
Steering		Rack and Pinion Steering
Rem Depan		Disk Brake
Rem Belakang		Drum Brake
Suspensi Depan		Helical Spring
Suspensi Belakang		Leaf Spring
Ukuran Ban		14
Wheel type		GT SUPER 88N-GGF6018
Capacity		
Fuel Tank	10 Liter	
Tempat duduk	2 Orang	

Gambar 2.6 Spesifikasi Mobil *FCU Mudskip*
(Sumber: Yoga, 2018)

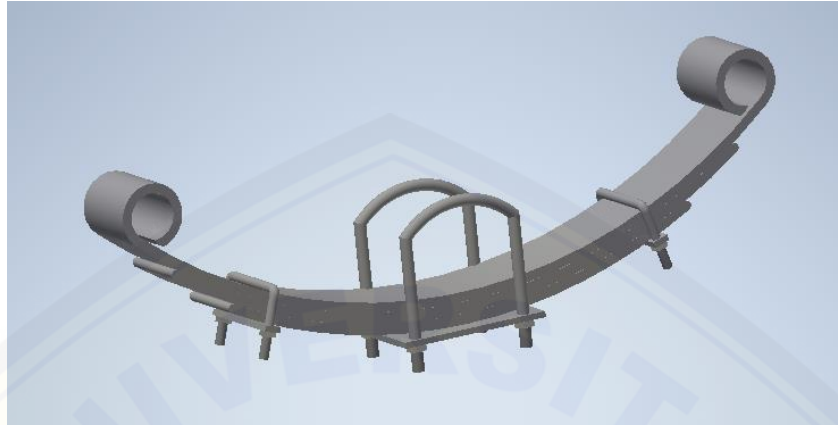
2.2.1 Suspensi

Suspensi Mobil *Fish Car UNEJ (FCU Mudskip)* menggunakan *Leaf Spring* untuk bagian belakang, dengan pertimbangan bahwa diperlukan kenyamanan pada bagian depan memiliki tahanan atau redaman kejutan yang lebih baik dan tidak terjadi gesekan antara pegas yang menyebabkan getaran pada bodi dan bagian belakang memiliki kekuatan yang sangat kokoh untuk menopang beban berat.

Beban yang paling besar terletak pada bagian belakang kendaraan yang merupakan wadah dari ikan dengan sistem pengangkutan dengan menyertakan air dalam transportasi ikan membuat beban pada wadah ikan semakin berat beban yang harus ditumpu tersebut cenderung kearah belakang dari total panjang mobil, sehingga suspensi bagian belakang mengalami defleksi yang lebih besar dibandingkan pada bagian depan.

Sistem suspensi pegas daun pada bagian suspensi belakang yang digunakan akan mengalami kondisi terberat dalam beban tekan secara

berulang-ulang dan berpotensi mengalami kegagalan jika melebihi batas lelah materialnya (Ridho dkk, 2018).



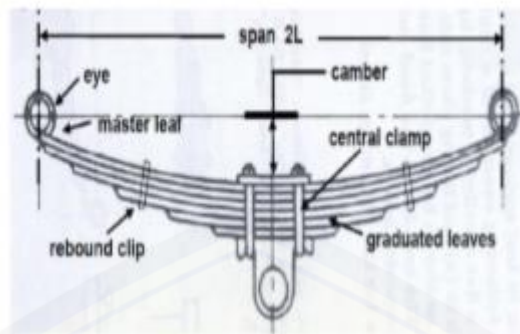
Gambar 2.7 Suspensi Pegas Daun Mobil *FCU Mudskip*
(Sumber: Yoga, 2018)

2.3 Pegas Daun

Pegas adalah suatu elemen mesin fleksibel, memiliki fungsi menyimpan energi dari beban atau gaya yang diberikan dan mengembalikan energi yang besarnya sama dengan beban yang dihilangkan. Gaya yang dihasilkan berupa beban radial. Pegas merupakan elemen penumpu utama dari suspensi, berfungsi menahan berat kendaraan, menjaga ketinggian berkendara, dan menyerap beban kejut yang terjadi.

Pegas daun merupakan sistem suspensi terdiri dari beberapa plat datar yang disatukan dengan menggunakan klem pegas (*clamp*). Menurut Indra, (2018) pegas daun berfungsi memberikan gaya, meredam tumbukan dengan memanfaatkan sifat elastisitas bahan, menyerap dan menyimpan energi dalam waktu yang singkat dan mengembalikan energi tersebut, serta mengurangi getaran.

Menurut Ismail (2019) pegas daun merupakan sistem suspensi pada kendaraan yang memiliki fungsi sebagai peredam getaran dan sebagai penopang rangka kendaraan. Pegas daun menerima beban dinamis (beban siklus) besar, beban dinamis tersebut dapat menyebabkan pegas daun mengalami kegagalan (fraktur) jika melebihi batas lelah yang mampu diterimanya.



Gambar 2.8 Pegas Daun
(Sumber: Pakele, 2016)

2.3.1 Pembebanan Pada Pegas Daun

Pembebanan pada suspensi pegas daun merupakan pembebanan pada pegas daun yang memiliki dua tumpuan yang terletak pada samping kanan dan kiri dengan jarak yang sama. Jenis pembebanan pada penumpu pegas merupakan beban radial (Sepfitrah, 2013).



Gambar 2.9 Pembebanan Pegas Daun
(Sumber: Sepfitrah, 2013)

Dengan menggunakan pendekatan matematis akan diperoleh rumus sebagai berikut:

- Momen bending maksimum ditengah pegas adalah:

$$M = \frac{P}{2} \times l \quad (2.1)$$

- Tegangan maksimum adalah:

$$\sigma = \frac{P \times l}{2bt^2/6} \quad (2.2)$$

- Tegangan maksimum pegas dengan susunan lebih dari satu

$$\sigma = \frac{3P \times l}{2nbt^2} \quad (2.3)$$

- Defleksi maksimum pada pegas daun

$$\delta = y_0 - y = \frac{3Pl}{8nbt^3E} \quad (2.4)$$

dengan:

σ = Tegangan Maksimum

P = Beban

l = Panjang

n = Jumlah Pegas

b = Lebar

t = tebal pegas

E = Modulus Elastisitas Bahan

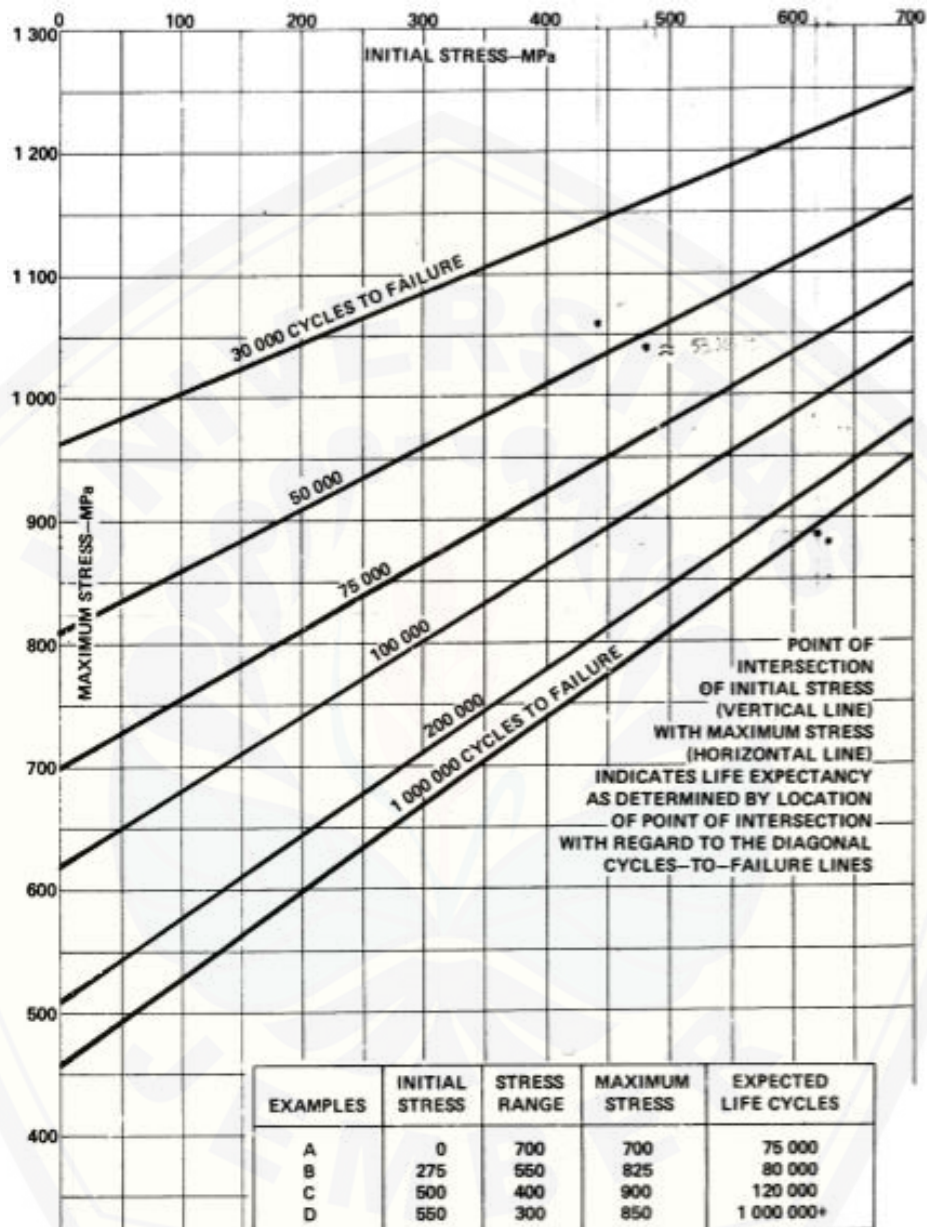
Tegangan yang terjadi pada pegas daun merupakan tegangan lentur. Tegangan lentur merupakan tegangan yang menyebabkan pegas daun tersebut mengalami deformasi searah sumbu y atau defleksi. Defleksi merupakan perubahan bentuk lengkungan yang terjadi akibat adanya tegangan lentur. Besar tegangan yang terjadi pada suspensi pegas daun kendaraan otomotif bervariasi sesuai dengan jenis kendaraan. Tegangan yang terjadi pada suspensi pegas daun kendaraan ringan meliputi *pick up*, mobil penumpang dll, yaitu 600 – 750 Mpa. Tegangan yang terjadi pada suspensi pegas daun kendaraan truk, yaitu 350 – 550 Mpa. Tegangan maksimal yang terjadi pada pegas tidak boleh melebihi batas elastis tegangan luluh material dari pegas daun tersebut. Tegangan luluh dari material yang dipernolehkan pada umumnya adalah 1200 Mpa (judd, 2000).

2.3.2 Fatik Pada Pegas Daun

Menurut Sepfitrah (2013) Fatik adalah suatu jenis kegagalan pada komponen akibat beban dinamis (siklus) yang sering terjadi pada pegas daun. Kegagalan pegas daun akibat beban dinamis tersebut diperkirakan mencapai 50%-90%. Mekanisme kegagalan akibat beban dinamis adalah terjadinya awal retak, perambatan retak, patah (*final fractur*). Letak terjadinya awal retak merupakan daerah dengan kekuatan minimum dan tegangan maksimum.

Fatik pada pegas daun digunakan untuk mengetahui jumlah defleksi siklus yang dapat diterima pegas tanpa terjadi kegagalan. Jumlah defleksi siklus maksimum yang dapat diterima oleh pegas daun adalah siklus 1.000.000 siklus,

untuk memperkirakan jumlah siklus tersebut digunakan grafik 2.10. Data pada grafik tersebut digunakan untuk mengolah hasil pengujian fatik yang dilakukan.



Gambar 2.10 Grafik Fatik Pada Pegas Daun
(Judd, 200)

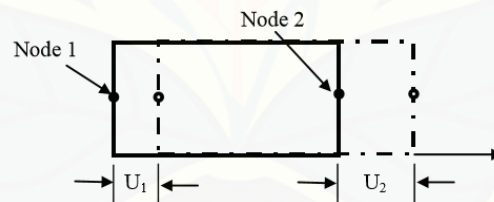
Grafik fatik pegas daun memiliki 3 bagian yaitu, sumbu y, sumbu x dan garis melintang yang memiliki arah kenaikan ke kanan. Sumbu y pada grafik tersebut merupakan nilai tegangan maksimal. Sumbu x pada grafik tersebut

merupakan nilai tegangan awal. Garis melintang yang memiliki arah peningkatan ke kanan merupakan nilai siklus.

Grafik fatik pegas daun digunakan untuk mengolah data hasil pengujian pegas. Pengujian pegas terhadap siklus menghasilkan tegangan dan jumlah siklus. Tegangan yang dihasilkan digunakan untuk mencari tegangan awal, yang nantinya hasil akhir dari pengolahan data tersebut akan diperoleh jumlah siklus, tegangan awal, dan tegangan maksimum yang dapat diterima oleh pegas.

2.4 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan cara yang sangat baik dalam menentukan tegangan dan displasment dalam konstruksi yang sulit diselesaikan dengan secara analitik. Pada metode ini konstruksi dibagi menjadi bagian yang terdiri dari elemen kecil yang dihubungkan satu sama lain pada titik (*node*). Analisa elemen hingga dikembangkan dari metode matriks untuk analisa struktur dan ditunjang oleh komputer digital yang memungkinkan diselesaikannya sistem dengan ratusan persamaan simultan. Konsep yang disederhanakan dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.11 Elemen Segi Empat Sederhana

Setiap node memiliki satu derajat kebebasan bila bergeser sejauh U_1 dan U_2 . Koefisien kekakuan K dihitung dengan program komputer berdasarkan sifat elastik bahan geometri elemen hingga dengan bentuk matriksnya sebagai berikut:

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{Bmatrix} \quad (2.4)$$

dengan:

P = Gaya (N)

K = Konstanta Pegas

U = *Displacement* (m)

2.5 Tegangan

Tegangan atau sering disebut dengan stress dilambangkan dengan σ yang memiliki satuan N/m^2 . Konsep tegangan dapat diilustrasikan dalam bentuk yang paling mendasar seperti pada sebuah batang prismatic yang diberikan/mengalami gaya aksial.

Batang prismatis adalah sebuah elemen struktur lurus yang mempunyai penampang konstan di seluruh panjangnya, sedangkan gaya aksial adalah beban yang mempunyai arah yang sama dengan sumbu elemen, sehingga pada batang tersebut akan mengalami tarikan ataupun tekanan (Nyoman, 2017).

Tegangan yang terjadi pada suatu benda dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

dengan :

σ = Tegangan atau gaya persatuan luas (N/m)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m^2)

2.6 Regangan (*Strain*)

Regangan atau strain dilambangkan dengan ε . Regangan pada suatu benda terjadi jika benda tersebut mengalami perubahan panjang akibat diberikan beban secara aksial. Regangan terjadi disebabkan adanya gaya tarikan dan gaya tekan. Gaya tarik menyebabkan terjadinya perubahan panjang benda berupa perpanjangan. Gaya tekan menyebabkan benda tersebut mengalami pemendekan (Nyoman, 2017). Regangan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.6)$$

dengan :

ϵ = Regangan

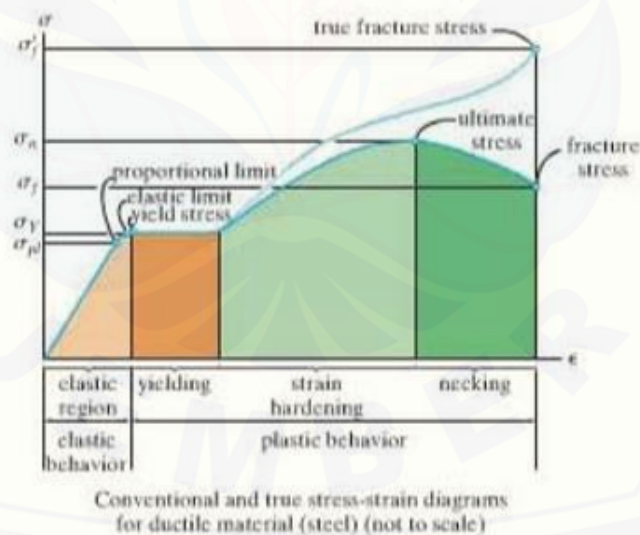
ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L = Panjang mula-mula (mm)

2.7 Diagram Tegangan-Regangan

Kekuatan material merupakan kemampuan sebuah material untuk menahan beban tanpa terjadi kegagalan pada material. Kekuatan material tersebut diperoleh dari pengujian experimental. Pengujian experimental dilakukan untuk mengetahui tegangan dan regangan yang terjadi pada material.

Tegangan-regangan digunakan untuk mengetahui tegangan dan regangan yang terjadi pada suatu material. Bentuk hasil dari pengujian tegangan-regangan di plot menjadi sebuah grafik, yaitu grafik tegangan regangan. Berikut merupakan grafik tegangan-regangan konvensional.



Gambar 2.12 Grafik Tegangan-Regangan
(Hibbeler, 2011)

2.7.1 Elastic Behavior (Sifat Elastis)

Sifat elastis merupakan sifat dimana bentuk benda kerja akan berubah ketika dikenai gaya dari luar dan akan kembali ke bentuk semula ketika gaya pada benda kerja tersebut dihilangkan. Sifat elastis pada material terjadi di dalam daerah warna

orange pada diagram tegangan-regangan pada gambar 2.12. Kurva yang terdapat pada daerah tersebut merupakan sebuah garis lurus, menghasilkan nilai proposional antara tegangan dan regangan yang terjadi. Tegangan yang terjadi pada bagian batas atas proposional disebut dengan daerah batas proporsional. Daerah batas proporsional merupakan daerah yang terdapat sedikit melewati batas proporsional yang berbentuk kurva lengkung dan diteruskan ke daerah batas elastis. Daerah batas elastis merupakan daerah batas tegangan dan regangan bersifat proporsional.

2.7.2 *Yielding* (Luluh)

Daerah luluh merupakan daerah yang terhdapat diatas batas elastis. Daerah tersebut mendefinisikan bahwa material mengalami kerusakan dan deformasi secara permanen, atau biasa disebut dengan *yielding* (luluh). Tegangan yang terjadi pada daerah luluh disebut sebagai *yield stress* dan deformasi yang terjadi pada daerah luluh merupakan deformasi permanen. Deformasi permanen merupakan perubahan bentuk pada benda kerja secara permanen, jika suatu benda kerja dikenai gaya yang berada pada *yield stress*, maka ketika gaya tersebut dihilangkan maka perubahan bentuk dari material tersebut tidak kembali ke bentuk semula.

2.7.3 *Strain Hardening*

Strain hardening merupakan daerah yang dimulai dari berahirnya luluh sampai tegangan maksimum. Peningkatan gaya yang terjadi pada daerah ini masih dapat diterima oleh material. Kurva pada daerah ini merupakan garis lengkung yang meningkat terus hingga nantinya berupa garis lurus setelah mencapai tegangan maksimum. Tegangan maksimum biasa disebut sebagai *ultimate stress*.

2.7.4 *Necking*

Necking merupakan terjadinya regangan pada material dan penurunan dimensi pada bagian daerah *necking*. Penurunan dimensi tersebut berbentuk pengecilan penampang pada daerah *necking* yang disebabkan oleh tegangan dan regangan tidak proporsial. Grafik pada daerah *necking* merupakan penurunan tegan dan peningkatan regangan yang akan terjadi terus menerus hingga material patah.

2.8 Deformasi

Benda yang diberikan beban akan mengalami suatu perubahan dari bentuk awalnya, baik yang berupa perubahan bentuk maupun ukuran atau berdeformasi. Bertambahnya ukuran benda akibat mengalami pembebanan disebut dengan perpanjangan atau elongasi. Sebaliknya, jika ukuran benda setelah mendapatkan beban menjadi pendek disebut dengan pemendekan atau kontraksi. Selama mengalami proses deformasi, benda akan menyerap energi sebagai akibat dari adanya gaya yang bekerja sehingga benda tersebut akan mengalami perubahan bentuk dan dimensi.

Perubahan bentuk secara fisik pada benda dibagi menjadi dua, yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis (Nyoman, 2017). Elastisitas bahan sangat ditentukan oleh modulus elastisitas atau yang sering disebut dengan modulus young yang dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.7)$$

dengan :

E = Modulus elastisitas

σ = Tegangan (N/m^2)

ε = Regangan

Deformasi terjadi pada pegas daun merupakan deformasi yang diakibatkan adanya gaya lentur. Gaya lentur menyebabkan pegas daun mengalami deformasi searah sumbu vertikal berupa perubahan lengkungan atau disebut dengan defleksi. Menurut Sudarsono, 2012 dalam penelitiannya disimpulkan bahwa defleksi maksimum yang dapat dialami oleh pegas sesuai dengan aturan dinas perhubungan adalah defleksi = 66,5 mm.

2.9 Teori Von Misses

Teori kegagalan material ini dikemukakan oleh Von Misses tahun 1913 yang menyatakan bahwa akan terjadi luluh pada benda jika tegangan yang diterima benda tersebut melampaui kekuatan luluh material tersebut. Teori Von Misses ini sering

digunakan untuk memprediksi faktor keamanan dari suatu material pada benda (Nyoman, 2017). Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui faktor keamanan adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_e} \quad (2.8)$$

dengan :

η = Faktor Keamanan

S_y = Tegangan luluh material (N/m²)

σ_e = Tegangan von mises maksimum (N/m²)

2.10 Perangkat Lunak Analisis Elemen Hingga (*Ansys 18.1*)

Ansys 18.1 adalah suatu perangkat lunak komputer yang mampu menyelesaikan persoalan-persoalan elemen hingga dari pemodelan hingga analisis. *Ansys* ini digunakan untuk mensimulasikan semua disiplin ilmu fisika baik statis maupun dinamis, analisis structural (kedua-duanya linier dan nonlinier), perpindahan panas, dinamika fluida dan elektromagnetik untuk para engineer (Fadila, 2013).

Ansys bekerja dengan sistem metode elemen hingga, dimana penyelesaian pada suatu objek dilakukan dengan pendeskripsian, dimana membagi atau memecah objek analitis suatu rangkaian kesatuan ke jumlah elemen hingga (Fadila, 2013). Terdapat 3 langkah utama dalam analisis *ansys*, yaitu:

2.10.1 Model Generation

- a. Penyederhanaan, idealisasi
- b. Memnentukan bahan/sifat material
- c. Menghasilkan model elemen hingga

2.10.2 Solusi

- a. Tentukan kondisi batas
- b. Menjalankan analisa untuk mendapatkan solusi

2.10.3 Hasil ulasan

- a. Plot/daftar hasil

- b. Periksa validitas

2.11 Hipotesa

Tegangan yang terjadi pada pegas mengalami penurunan dengan bertambahnya tebal pegas. Semakin kecil tegangan yang terjadi maka siklus yang mampu ditanggung akan semakin besar.



BAB 3. METODOLOGI

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan diantaranya adalah :

3.1.1 Studi Literatur

Pada proses pelaksanaan penelitian ini, metode pengerjaan yang pertama adalah studi literatur, hal ini dilakukan untuk mengetahui proses simulasi yang telah dilakukan, batasan-batasan yang akan dilakukan selama penelitian.

3.1.2 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan untuk memenuhi data-data yang kurang pada bagian pegas daun, seperti data material dan dimensi pegas daun yang akan digunakan dalam proses simulasi.

3.1.3 Diskusi

Metode diskusi ini dilakukan dengan pihak terkait dengan bahasan skripsi ini. Diantaranya dengan dosen pembimbing tugas akhir.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

Waktu : Bulan Februari - Maret

Tempat : Lab. Rekayasa Mekanik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

- a. Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

Processor: Intel® Core™ i3-4030U CPU @ 1.90Hz (4CPUs), - 1.9GHz

RAM: 4GB

VGA: 2GB

3.3.2 Bahan

- a. Data Material
 - SAE 5160

- b. Gambar CAD Pegas Daun
- c. Data mobil *FCU Mudskip* UNEJ

3.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kekuatan material pegas
2. Pemodelan pegas daun sesuai gambar CAD menggunakan *ansys modeler*
3. Perhitungan beban pada pegas daun
4. Proses simulasi
5. Analisa dan kesimpulan

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Penetapan Variabel Bebas dan Variabel Terkait

Penelitian ini ditentukan dua variabel guna memperoleh data-data yang diperlukan dalam proses penelitian.

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi adanya variabel terkait. Variabel ini ditentukan oleh penenliti sebelum melakukan penelitian. Berikut variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Variasi tebal pegas daun:
 - Variasi tebal 1
 - Variasi tebal 2
 - Variasi tebal 3

b. Variabel Terkait

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Berikut variabel terkait yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Nilai tegangan maksimal

Teori kegagalan material ini dikemukakan oleh *Von Misses* tahun 1913 yang menyatakan bahwa akan terjadi luluh pada benda jika tegangan yang diterima benda tersebut melampaui kekuatan luluh material tersebut.

2. Nilai Regangan

Regangan atau strain dilambangkan dengan ϵ . Regangan pada suatu benda terjadi jika benda tersebut mengalami perubahan panjang akibat diberikan beban secara aksial. Regangan terjadi disebabkan adanya gaya tarikan dan gaya tekan. Gaya tarik menyebabkan terjadinya perubahan panjang benda berupa perpanjangan. Gaya tekan menyebabkan benda tersebut mengalami pemendekan.

3. Nilai Siklus Fatik

Beban siklus merupakan beban dinamis yang terjadi terhadap fungsi waktu. Suatu struktur yang mengalami beban dinamik cenderung gagal pada tegangan yang lebih rendah dibandingkan dengan beban yang sama pada kondisi statis. Beban siklus pada suatu material menyebabkan fatik.

Fatik dapat didefinisikan sebagai rusaknya bahan akibat siklus tegangan dan regangan yang berulang kali, menyebabkan terjadinya retak dan akhirnya menghasilkan fraktur.

3.5.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan 2 jenis data, yaitu:

a. Data Primer

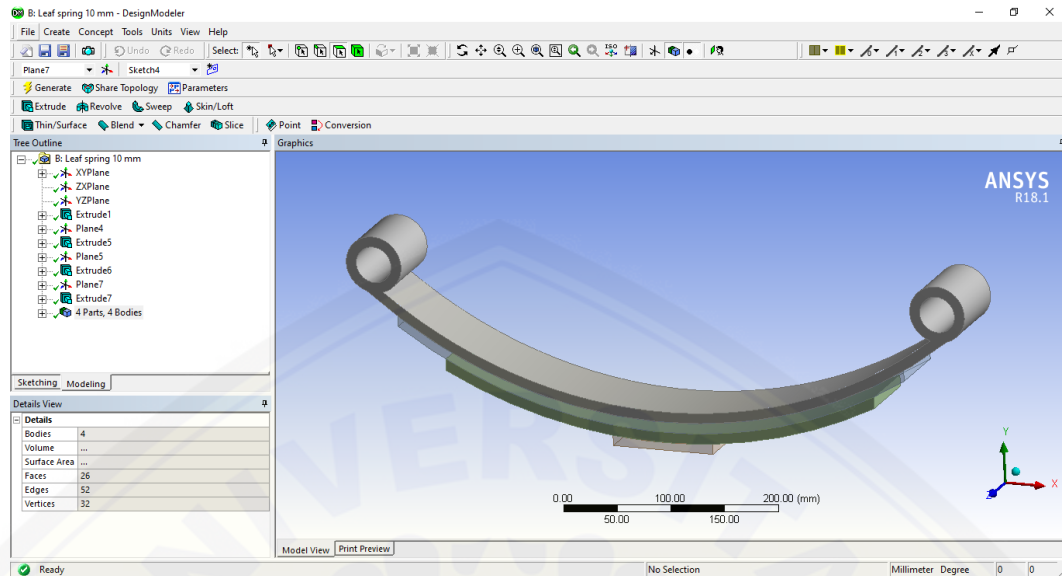
Data primer diperoleh dari proposal lomba rancang bangun mobil pedesaan *FCU Mudskip* UNEJ yang mencakup desain pegas daun dan data berat maksimal kendaraan *FCU Mudskip* UNEJ.

b. Data Skunder

Data skunder berupa data yang diperoleh dari studi literatur mengenai informasi yang menunjang penelitian.

3.5.3 Proses Pemodelan (CAD)

Proses pemodelan pegas daun menggunakan perangkat lunak *ansys design modeler 18.1*.



Gambar 3.1 Pemodelan Pegas Daun

3.5.4 Proses Perhitungan

Proses perhitungan gaya pada setiap pegas daun menggunakan metode keseimbangan gaya. Beban yang diterima oleh pegas daun merupakan beban kendaraan dengan muatan yaitu 7500 N, gaya yang diperoleh selanjutnya akan digunakan sebagai masukan daya dalam proses simulasi.

3.5.5 Proses Simulasi

Proses simulasi menggunakan perangkat lunak *ansys* 18.1, berikut merupakan tahapan dalam proses simulasi.

- Memasukan data material
- Memasukan geometri pegas daun
- Memasukan material pada pegas
- Menentukan *meshing*
- Menentukan posisi *support* (tumpuan)
- Menentukan posisi gaya
- Menentukan keluaran dari simulasi

3.5.6 Hasil dan Analisa

Hasil yang diperoleh merupakan tegangan, regangan dan siklus yang terjadi pada setiap desain pegas daun, dari data yang dihasilkan pegas daun yang memiliki nilai tegangan dan nilai deformasi kecil serta siklus yang besar, dapat disimpulkan bahwa desain tersebut adalah desain yang paling baik digunakan.

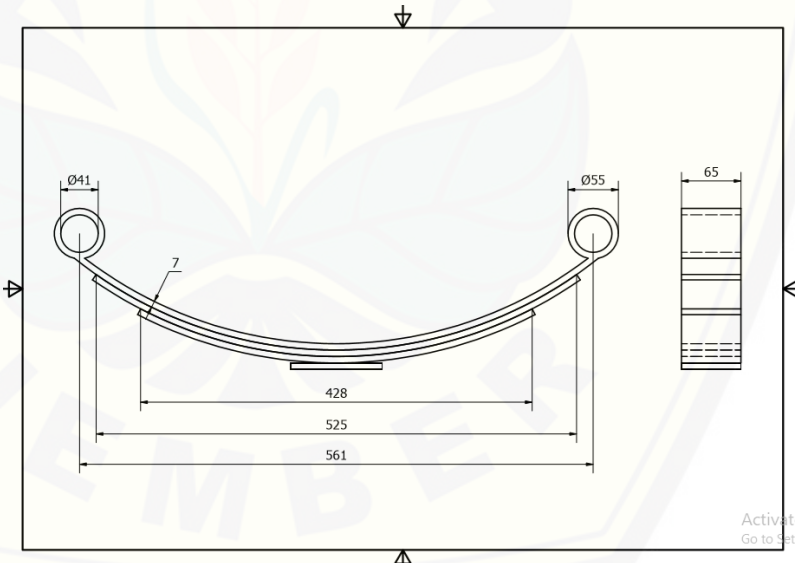
3.6 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah 3 desain berbeda digunakan pada suspensi pegas mobil *FCU Mudskip*.

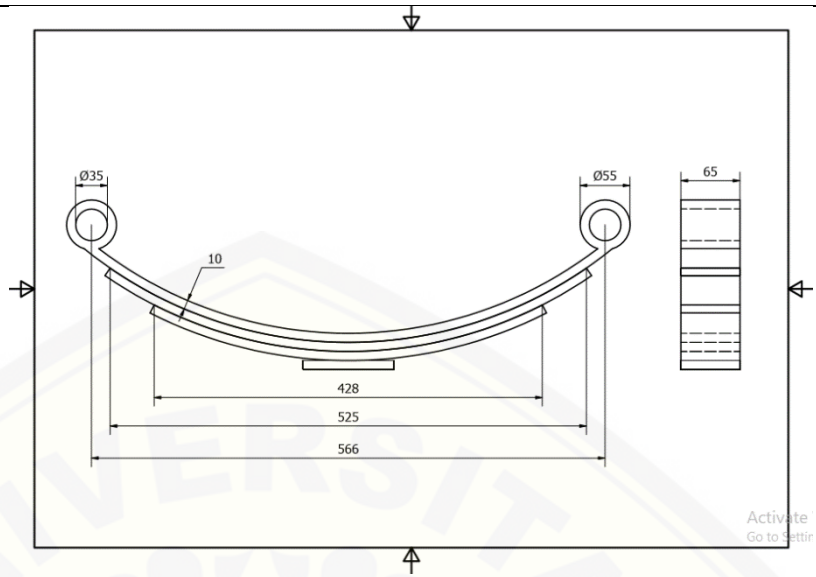
3.6.1 Desain Suspensi Pegas Daun

Berikut 3 desain suspensi pegas daun yang digunakan pada penelitian ini.

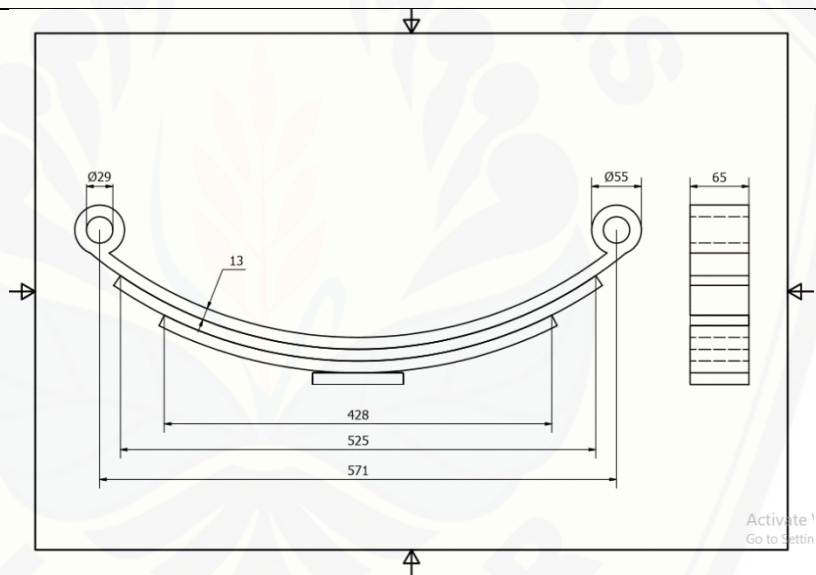
Tabel 3.1 Desain Suspensi Pegas Daun

No.	Model	Gambar Desain
1.	Variasi Tebal 1	 <p>The technical drawing shows a leaf spring with two eye-bolts. The left eye-bolt has a diameter of $\text{Ø}41$ and the right one has a diameter of $\text{Ø}55$. The thickness of the spring is indicated as 7. The drawing includes three horizontal dimension lines: 428 (inner length), 525 (middle length), and 561 (total length). A vertical dimension line on the right indicates a height of 65. The drawing is enclosed in a rectangular frame with arrows pointing outwards on all four sides. A watermark of Universitas Jember is visible in the background.</p>

2. Variasi
Tebal 2



3. Variasi
Tebal 3



3.6.2 Material Suspensi Pegas Daun

Berikut adalah data material suspensi pegas daun mobil:

a. Komposisi kimia

Tabel 3.2 Komposisi Kimia Material SAE 51600

Unsur	Kandungan (%)
Iron (Fe)	97,085 – 97,84

Mangan (Mn)	0,750 – 1
Krom (Cr)	0,7 – 0,9
Karbon (C)	0,560 – 0,640
Posfor (P)	$\leq 0,0350$
Silikon (Si)	0,150 – 0,3
Sulfur (S)	$\leq 0,04$

b. Komposisi fisika

Tabel 3.3 Komposisi Fisika Material SAE 51600

Komposisi Fisika	Jumlah
Densitas	7,85 g/cm ³

c. Sifat Mekanik

Tabel 3.4 Sifat Mekanik Material SAE 5160

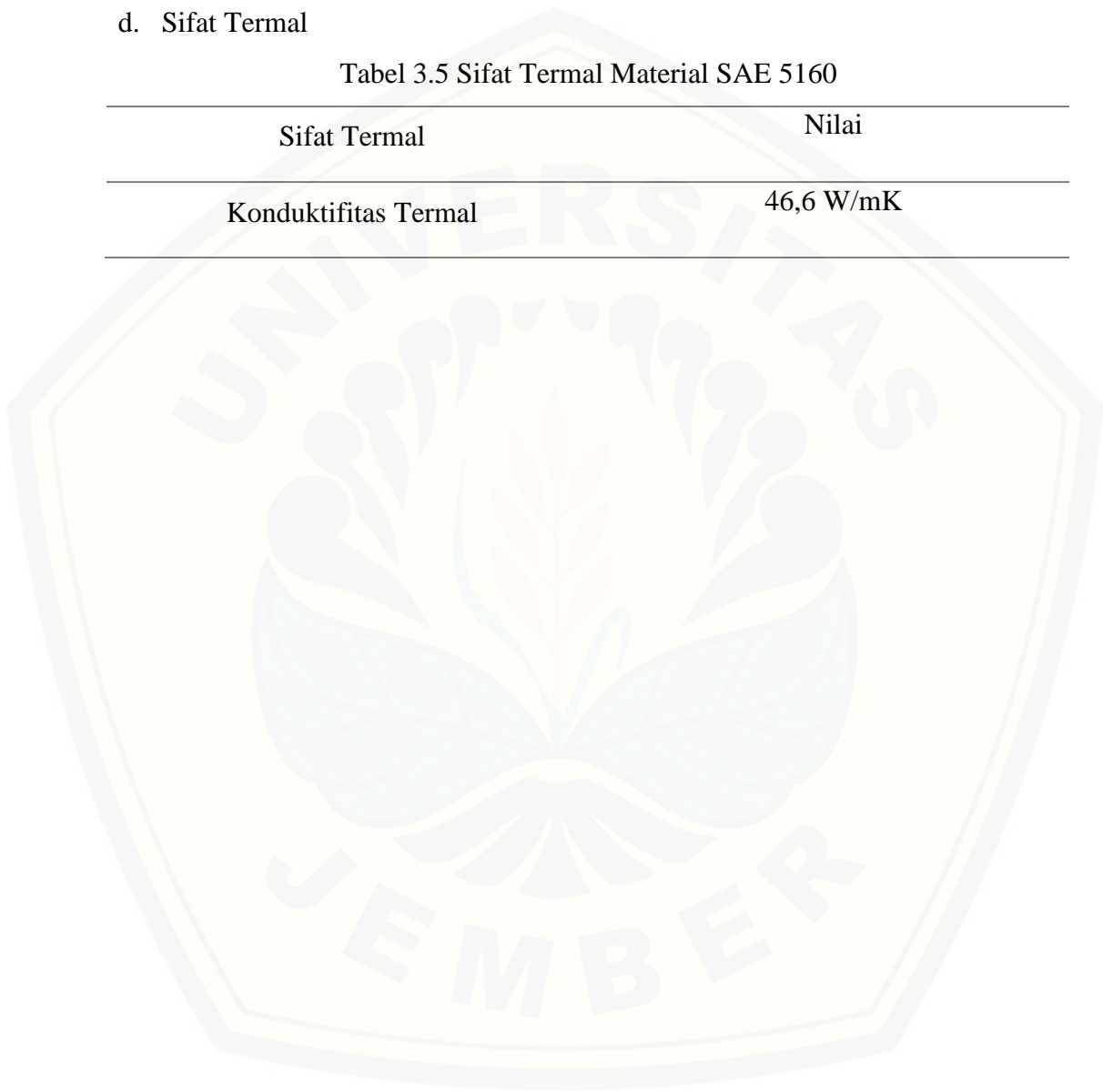
Sifat Mekanik	Nilai
<i>Ultimate Tensile Strenght</i>	724 Mpa
<i>Yield Tensile Strenght</i>	275 Mpa
<i>Modulus Of Elasticity</i>	190 – 210 Gpa
<i>Bulk Modulus</i>	140 Gpa
<i>Shear Modulus</i>	80 Gpa
<i>Poissons Ratio</i>	0,27 – 0,30
<i>Elongation At Break</i>	17,20 %
<i>Brinell Hardness</i>	197

<i>Vickers Hardness</i>	207
<i>Machinability</i>	55

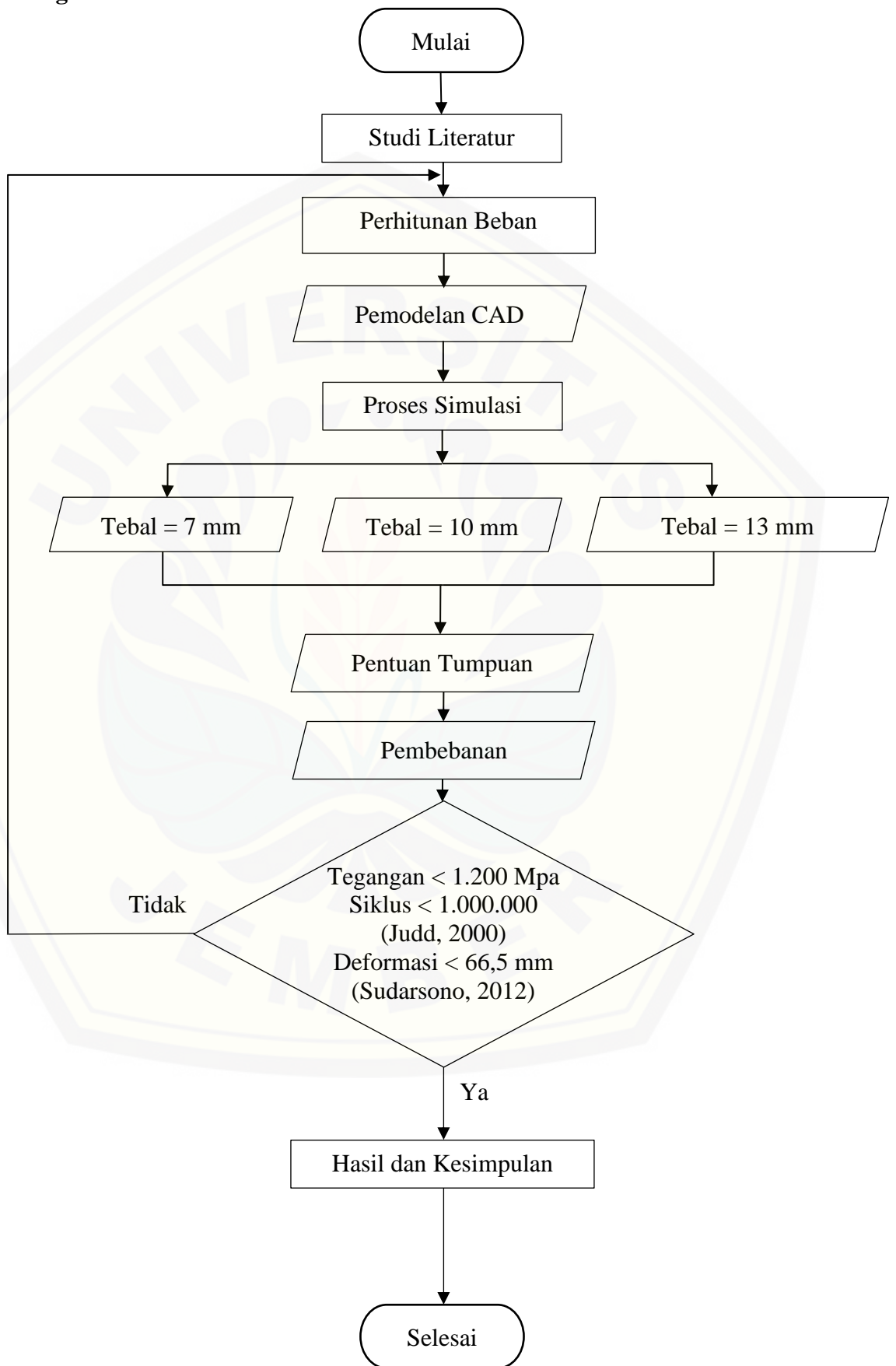
d. Sifat Termal

Tabel 3.5 Sifat Termal Material SAE 5160

Sifat Termal	Nilai
Konduktifitas Termal	46,6 W/mK



3.7 Diagram Alir Penelitian



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini, yaitu:

1. Hasil tegangan, regangan, dan siklus yang dapat diterima pada setiap variasi pegas daun memiliki perbedaan. Tegangan yang dihasilkan pada setiap variasi pegas daun, dari nilai tegangan terkecil hingga terbesar berturut-turut adalah pegas daun 13 mm = 40,64 Mpa; 10 mm = 63,49 Mpa; 7 mm = 124,31 Mpa. Regangan pada setiap variasi pegas daun, dari nilai terkecil hingga terbesar berturut-turut adalah pegas daun 13 mm regangan = 0,00024; 10 mm regangan = 0,00036; 7 mm regangan = 0,00024. siklus yang dapat diterima pada setiap variasi pegas daun, dari nilai terkecil hingga terbesar berturut-turut adalah pegas daun 7 mm = 69206 siklus, 10 mm = 75649 siklus, 13 mm = 95540 siklus.
2. Perbandingan nilai tegangan yang diterima pada setiap variasi pegas daun dengan tebal pegas daun adalah tegangan terbesar terjadi pada pegas daun dengan tebal 7 mm dan tegangan terkecil terjadi pada pegas daun dengan tebal 13 mm. Nilai tegangan yang diterima pada setiap variasi tebal pegas daun, yaitu: pegas daun 7 mm = 124,31 Mpa; pegas daun 10 mm = 63,49 Mpa; dan pegas daun 13 mm = 40,64 Mpa.
3. Perbandingan nilai regangan yang dihasilkan pada setiap variasi pegas daun memiliki peningkatan nilai regangan seiring dengan menurunnya dimensi tebal pegas daun. Dimensi tebal pegas daun semakin mengecil maka regangan yang dihasilkan semakin besar. Nilai regangan yang dihasilkan pada setiap variasi tebal pegas daun, yaitu: pegas daun 13 mm regangan = 0,00019; 10 mm regangan = 0,0029; 7 mm regangan = 0,00019.
4. Hasil tegangan dan regangan pada pegas daun memengaruhi hasil siklus yang dapat diterima pegas daun, semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan maka siklus yang dihasilkan semakin kecil, semakin besar nilai regangan yang dihasilkan maka nilai siklus semakin mengecil. Nilai siklus

yang dapat diterima pada setiap variasi tebal pegas daun, yaitu: pegas daun 7 mm = 69206 siklus, pegas daun 10 mm = 75649 siklus dan pegas daun 13 mm = 95540 siklus.

5. Tegangan yang terjadi pada setiap variasi tebal pegas daun merupakan tegangan bending, tegangan bending pegas daun memiliki nilai lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan luluh material atau dapat dikatakan setiap variasi tebal pegas daun aman digunakan. Dalam pemilihan tebal pegas faktor utama yaitu kekuatan fatik, dimana pegas daun yang optimal sesuai dengan fungsi pegas daun sebagai peredam getaran merupakan pegas daun dengan tebal 13 mm yang dapat menerima siklus 95540 siklus.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini, yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang getaran yang dihasilkan oleh pegas daun.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh beban terhadap kekuatan pegas daun.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir. Indonesia: Penerbit Badan Pusat Statistik.
- Dhiraj, Bandarkar dan Sanjay, Shekhawat. 2014. *Design, Analysis and Optimization of leaf spring. International Journal Of Innovative Research In Science, Engineering And Technology ISSN: 2319 – 8753 Tahun : 2014.*
- Fadila, Ary dan Syam, Bustami. 2013. Analisa Simulasi Struktur *Chasis* Mobil Mesin Usu Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik Dengan Menggunakan Perangkat Lunak *Ansys 14.5. Jurnal e-Dinamis, Volume. 6, No. 2 September 2013.*
- Hibbeler, R. C. 2011. *Mechanics of Materials Eighth Edition. Manufactured in the United States of America.*
- Hidayat, Wahyu dkk. 2019. Analisa Tegangan Geser, Momen Dan Tegangan Lentur Maksimum Untuk Pembuatan Pisau Pada Rancang Bangun Mesin Pemecah Buah Kakao Kapasitas 2 Ton/Jam. *Jurnal Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PIPT) Universitas Tanjungpura.*
- Judd, E. H. 2000. *Desain and Application of Leaf Spring SAE HS 788. Published by: Society of Automotive Engineers, Inc. 400 Commonwealth Drive Warrendale, PA 15096-0001.*
- Lukman. 2018. Desain Optimasisistem Suspensi pegas Daun Pada Kendaraan Roda 3 Dengan Menggunakan *Catia V5. Jurnal Megister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.*
- Miejaard. 2015. *The Importance Of Imperfections In Leaf Spring Fluxures For The Support Stifnes. Olton Engineering Consultancy, Deuringerstaat 7-101, NL-7514 BC Enschede, The Netherlands.*
- Mustafa. 2019. Kaji Eksperimental dan Numerik Defleksi Material Kuningan dengan Variasi Posisi Pembebanan. *Jurnal SINERGI No. 1 Tahun 8, April 2010 Universitas Tadulako Palu.*
- Nyoman, I dkk. 2017. Analisis Tegangan Statik Pada Rancangan Frame Mobil Listrik Ganesha Sakti (Gaski) Menggunakan Software Solidworks 2014. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin (JJPTM) Vol : 8 No : 2 Tahun : 2017.*
- Pakele, N. Prashant dan Patil, D. M. *Design, Analysis and Experimental Investigation of Composite Leaf Spring. Dep. Of Mechanical Engineering*

*PSGVPM'S D. N. Patel Collage of Engineering Shahada Maharastra India
Vol. 2, Issue 6 Print ISSN: 2395-1990 Online ISSN: 2394-4099.*

Sepfitrah dan Rizal, Yose. 2013. Analisis Peristiwa Kegagalan Pada "Leaf Spring" Truk Colt Diesel Pengangkut Pasir. *JURNAL APTEK Vol. 5 No. 2 Juli 2013.*

Stanco, Mariusz. 2018. *Numerical and Experimental Analisis of Stress of a Semi Elliptical Spring. Wroclaw University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Departement of Machine Design and Research.*

Sudarsono dan Gunawan, Yuspian. 2012. Analisa Kekuatan Pegas Daun 9 (Leaf Spring) Pada Suzuki Carry Futura 1.5 Mega Cargo. Vol. 3, No.2, 2 Mei 2012 ISSN: 2085-8817.

Sumampow, Gabriela S dkk. 2019. Analisa Kuat Lentur Baja Ringan Dengan Variasi Bentuk Sayap Dan Badan Penampang. *Jurnal Sipil Statik Vol. 7 No. 10 Oktober 2019 (1245-1250) ISSN: 2337-6732.*

Thamrin, Ismail. 2009. Analisa Tegangan-Regangan Struktur Pegas Daun Akibat Modifikasi Penekanan. *Jurnal Rekayas Mesin Vol. 9 No. 1 Maret 2009.*

Wahyu, Firmansyah dkk. 2015. Analisa Kekuatan Suspensi Pegas Daun Truk Dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Politeknologi Vol. 14 No. 3 September 2015.*

Yoga, Ridho., Rohman, Khoirur., Dwi, Abim. 2018. *FCU Mudskip Sebagai Mobil Desa untuk Transportasi Hasil Perikanan. Proposal Lomba. Jember: Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.*

LAMPIRAN

1. Data Material *Input Ansys*

Outline of Schematic B2, C2: Engineering Data

	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data			Source
3	SAE 5160			General_Materials.xml

Properties of Outline Row 3: SAE 5160

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
3	Density	7850	kg m ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C ⁻¹		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Bulk M...			
8	Young's Modulus	1.68E+11	Pa		
9	Poisson's Ratio	0.3			
10	Bulk Modulus	1.4E+11	Pa		
11	Shear Modulus	6.4615E+10	Pa		
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	275	MPa		
25	Compressive Yield Strength	250	MPa		
26	Tensile Ultimate Strength	724	MPa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		
28	Isotropic Thermal Conductivity	60.5	W m ⁻¹ ...		
29	Specific Heat	434	J kg ⁻¹ ...		
30	Isotropic Relative Permeability	10000			
31	Isotropic Resistivity	1.7E-07	ohm m		

2. Pemilihan Tebal Pegas Daun

Data Pegas					berat total (kg)	1600
Tebal pegas (m)	berat (kg)	volume (m ³)	tebal total (m)	tebal pegas sesuai pasaran	tebal pegas total yang ada dipasaran (m)	0.044
0.007	6.92	0.00088	0.021	sesuai		
0.01	9.87	0.0013	0.03	sesuai		
0.013	13.31	0.0016	0.039	sesuai		
0.016	16.32	0.0021	0.048	tidak sesuai		
0.019	19.6	0.0025	0.057	tidak sesuai		
0.022	22.94	0.0029	0.066	tidak sesuai		

3. Data Mobil *FCU Mudskip*

Dimensi		
Panjang Keseluruhan	mm	3580
Lebar Keseluruhan	mm	1360
Tinggi Keseluruhan	mm	2200
Jarak antar Pores	mm	2700
Jarak terendah	mm	200
Radius Putaran Maksimum	mm	2000
Berat Kendaraan	Kg	700
Beban maksimum yang diijinkan	Kg	750
Penumpang	Kg	150

4. Perhitungan Tegangan Pada Setiap Pegas Daun

Tebal Pegas	Beban (P)	Setengah panjang pegas (l)	Jumlah pegas (n)	Lebar pegas (b)	tebal pegas (t ²)	tegangan (Pa)	Tegangan (Mpa)
0.007	4243.9	0.275	3	0.065	0.000049	183213998.5	183.21
0.01	4243.9	0.275	3	0.065	0.0001	89774859.29	89.77
0.013	4243.9	0.275	3	0.065	0.000169	53121218.51	53.12
0.016	4243.9	0.275	3	0.065	0.000256	35068304.41	35.07
0.019	4243.9	0.275	3	0.065	0.000361	24868382.07	24.87
0.022	4243.9	0.275	3	0.065	0.000484	18548524.65	18.55

5. Pegas Daun Mobil Tipe *Pickup*



6. Meshing

Mesh Size (m)	Von-Mises ($n \times 10^8$)		
	1	2	3
0,011	8,186	8,0704	8,1414
0,01	8,883	8,803	8,811
0,009	11,372	11,294	11,392
0,008	14,603	14,542	14,609
0,007	19,677	19,68	19,68
0,006	25,518	25,388	25,586
0,005	33,591	33,468	33,667

7. Letak Center Of Gravity

center of gravity (COG)		
Mass	7.297E+07 grams	
Volume	9.357E+09 cubic millimeters	
surface area	1.536E+07 mm ² square millimeters	
center of mass	X	1.70468
	Y	1005.18
	Z	1740.86