

Studi Perubahan Kekuatan dan Kekerasan pada Pegas Daun yang Dimodifikasi dengan Penekanan (Pressing)

Irsyadi Yani

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Kampus Unsri Inderalaya Jalan Raya Palembang-Prabumulih Km.32
Inderalaya, Ogan Ilir Telp. (0711-580272)
E-mail : yani_irs@yahoo.com

Abstrak

Modifikasi pada pegas daun berupa penekanan (*pressing*) sehingga permukaannya menjadi rata dapat mengurangi fungsi pegas daun tersebut, baik sebagai komponen sistem suspensi maupun sebagai penopang kendaraan. Akibatnya pegas daun akan mengalami fase plastisitas, sehingga akan dapat mengurangi kenyamanan dan keamanan pengendara. Penelitian ini dikonsentrasikan untuk mengevaluasi perubahan kekuatan dan kekerasan pegas daun kendaraan niaga akibat modifikasi penekanan dengan melakukan kajian eksperimental dan simulasi menggunakan metode elemen hingga dan kemudian membandingkan kekuatan dan kekerasan pegas daun sebelum dan sesudah modifikasi. Poin penting dalam penelitian ini adalah bagaimana mengevaluasi kekuatan dan kekerasan serta menganalisis tegangan-regangan yang terjadi pada pegas daun tersebut. Beberapa batasan diberikan dalam melakukan penelitian ini, yaitu: pegas daun diuji kekuatan dan kekerasannya sebelum mengalami modifikasi, memodifikasi pegas daun dengan jalan memberikan penekanan sehingga bentuk pegas daun tersebut berubah. Selanjutnya dengan parameter-parameter yang didapat dari pengujian dilakukan analisis tegangan-regangan dengan metode elemen hingga. Dari kajian eksperimental diketahui bahwa akibat modifikasi penekanan pada pegas daun terjadi penurunan kekerasan sebesar 5,02 %, sedangkan hasil analisis dengan metode elemen hingga didapat bahwa terjadi penurunan kekuatan sebesar 3 %.

Kata kunci: Pegas daun, kekerasan, penekanan, metode elemen hingga

Pendahuluan

Pegas daun merupakan salah satu komponen otomotif yang bahan dasarnya adalah baja karbon tinggi ($C > 0,5 \%$). Dalam fungsinya pegas daun menerima beban dinamis (yang berulang-ulang) yang cukup besar dan akan mengalami kerusakan akibat lelah yang muncul setelah komponen tersebut menjalani fungsinya. Untuk dapat kembali seperti semula maka pegas daun harus memiliki elastisitas yang tinggi.

Sekarang ini, banyak orang melakukan modifikasi pada pegas daun, salah satunya adalah dengan melakukan penekanan (*pressing*) sehingga penampang pegas daun menjadi rata. Penekanan ini dapat mengurangi fungsi pegas daun, baik sebagai komponen sistem suspensi maupun sebagai penopang kendaraan. Akibatnya terjadi fase plastisitas yaitu terjadinya vibrasi yang tinggi serta elastisitas pegas berkurang sehingga mengurangi kenyamanan dan keamanan pengendara.

Seberapa besar perubahan kekuatan dan kekerasan pada pegas daun yang dimodifikasi dengan penekanan sehingga penampangnya menjadi rata sangat menarik untuk diteliti. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan studi perubahan kekuatan dan kekerasan pada pegas daun tersebut dengan menganalisis pengaruh yang ditimbulkan sebelum dan sesudah dilakukan *pressing* serta gaya-gaya yang terjadi dan dampaknya terhadap elastisitas pegas. Secara eksperimental dilakukan pengujian kekerasan dan komposisi kimia logam serta simulasinya dengan menggunakan program komputer.

Tinjauan Pustaka

Pegas daun dalam kendaraan atau mobil mempunyai dua fungsi sekaligus, yaitu sebagai komponen sistem suspensi dan sebagai penopang kendaraan. Dengan demikian karakteristik pegas daun harus memenuhi dua kriteria tersebut. Karakteristik pegas daun yang berhubungan dengan fungsinya sebagai sistem suspensi dinyatakan dengan sifat kekakuannya. Sedangkan sifat yang

dimiliki pegas daun dalam kapasitasnya sebagai komponen penopang kendaraan adalah bahwa pegas daun harus memiliki tingkat kekuatan yang tinggi.

1. Kekakuan Pegas

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

$$K = \frac{P}{f} \dots\dots\dots(1)$$

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

$$\mu = \frac{P_g}{P_{rata-rata}} \dots\dots\dots(2)$$

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

$$k = \frac{32E \sum I_x}{L} S_f \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

- k = konstanta pegas
- L = panjang pegas
- S_f = faktor kekakuan
- E = modulus elastisitas

2. Kekuatan Pegas

Metode untuk mengetahui kekuatan statis maupun dinamis dari pegas daun, adalah dengan melihat besar tegangan yang terjadi pada saat pegas daun dibebani. Semakin kecil tegangan yang terjadi, berarti semakin tinggi kekuatannya. Untuk mengetahui tegangan pada komponen atau konstruksi dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satu cara diantaranya adalah dengan sensor regangan (*strain gauge*) yang ditempel pada komponen tersebut. Keluaran data dari *strain gauge* berupa regangan, selanjutnya dikonversi kebesaran tegangan dengan menggunakan hukum Hooke.

Selain cara eksperimental seperti diatas untuk mengetahui tegangan pada pegas daun juga dapat dilakukan secara analisa teoritis. Tegangan yang terjadi pada pegas daun merupakan fungsi dari beban kerja (P) dan faktor kekakuan pegas, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$S_x = \frac{xtP}{4 \sum I_x} \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- x = jarak regangan yang diukur dari tumpuan
- t = tebal pegas daun

Tegangan maksimum terjadi pada bagian tengah bentangan atau $x = L/2$, sehingga persamaan diatas dapat dituliskan :

$$S_{maks} = \frac{Lt}{8 \sum I_x} P_{maks} \dots\dots\dots(5)$$

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut berikut:

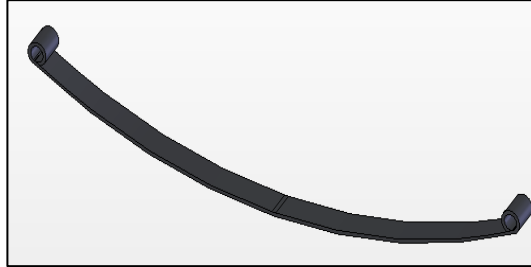
1. Persiapan Spesimen

Sesuai dengan fungsinya sebagai penopang kendaraan, pegas daun harus mempunyai kekuatan dan kekerasan yang tinggi. Hal tersebut diperoleh dengan memilih baja karbon tinggi sebagai konstruksi pegas. Baja yang digunakan adalah jenis SUP 9, standar JIS 4801. Pada

penelitian ini analisis hanya dilakukan pada lembaran pertama dari pegas daun (yang paling atas yang langsung menerima beban). Dalam hal ini, pegas daun yang dianalisis merupakan pegas daun pada mobil Toyota Kijang Super.

a. Pegas daun tanpa di-press

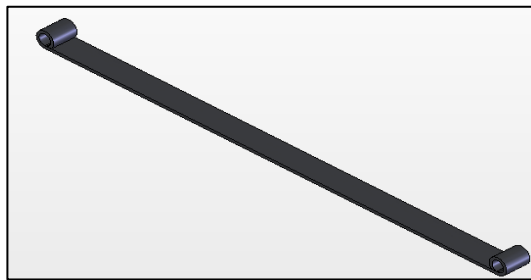
Pegas daun tanpa di-press merupakan pegas dalam keadaan normal tanpa diberi penekanan.



Gambar 1. Pegas daun sebelum dilakukan pressing

b. Proses daun yang di-press

Penekanan pada pegas daun dilakukan dengan hidrolis yang digerakkan manual dengan tangan. Penekanan dilakukan secara bertahap, dimulai dari pinggir ketengah sehingga didapatkan permukaan yang rata.

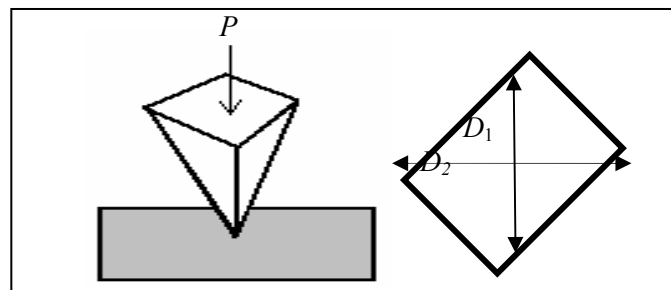


Gambar 2. Pegas Daun Sesudah Dilakukan Pressing

2. Pengujian Kekerasan

Sebelum melakukan pengujian kekerasan, spesimen terlebih dahulu diampelas. Setelah itu dibersihkan dan dikeringkan dengan drier. Tujuan pengampelasan adalah untuk mendapatkan permukaan yang halus dan rata sehingga memudahkan dalam pengamatan karena metode yang digunakan dalam pengujian kekerasan ini adalah metode Vickers dengan menggunakan kapasitas beban 30 kgf. Klasifikasi mesin Vickers yang dipakai dalam pengujian ini adalah sebagai berikut : Vickers Hardness Tester, Type VKH-2E.

Pengujian kekerasan Vickers menggunakan indenter piramida intan yang berbentuk bujur sangkar dengan sudut antara dua bidang miring yang berhadapan adalah 136° . Pada pengujian ini benda uji ditekan dengan gaya yang telah ditetapkan pada alat uji Vickers yaitu 0,2 kg - 100 kg. Setelah piramida diangkat diagonal bekas penekanan dapat diukur. Seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Diagonal Bekas Penekanan pada Pengujian Vickers

Dari gambar diatas didapat skala pengujian Vickers sebagai berikut :

$$VHN = \frac{\text{Beban}}{\text{LuasPenekanan}} \qquad VHN = 1,854 \left[\frac{P}{\frac{D_1 + D_2}{2}} \right] \qquad VHN = \frac{1,8544F}{D^2} \dots\dots\dots(6)$$

- dimana :
- VHN = Harga kekerasan Vickers
 - F = Beban yang digunakan (kgf)
 - D₁ = Diagonal bekas penekanan arah horizontal (mm)
 - D₂ = Diagonal bekas penekanan arah vertikal (mm)
 - D = Diagonal rata-rata bekas penekanan (mm)

Pada pengujian kekerasan ini, masing masing spesimen diuji sebanyak 10 kali pengujian pada 10 titik yang berbeda pada masing-masing spesimen. Tujuannya agar dapat membandingkan tingkat kekerasan antara spesimen yang diuji.

3. Analisis Tegangan Regangan dengan FEM

Analisis tegangan-regangan yang terjadi pada roda gigi imitasi tersebut dilakukan dengan bantuan *software Fast 2004*.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan terhadap hasil dari kedua bentuk pegas, dapat dilihat perbandingan kekerasan yang dihasilkan dari masing-masing pegas sebelum dan sesudah dilakukan penekanan. Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu pegas daun sudah dipotong sesuai dengan besar spesimen uji Vickers. Dua buah spesimen didapat sebelum pegas daun di-press (spesimen 1 dan 2), dan satu buah spesimen dari pegas daun yang sudah di-press (spesimen 3). Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali, pada sepuluh titik yang berbeda. Dari data yang diperoleh, dapat dihitung harga kekerasan dari ketiga bentuk spesimen tersebut.

Tabel 1. Data Pengujian Vickers Spesimen satu

titik	F kgf	d1	d2	d rata-rata	VHN
2	50	0.472	0.474	0.473	414.3406
3		0.471	0.491	0.481	400.6725
4		0.478	0.473	0.4755	409.9951
5		0.473	0.471	0.472	416.0981
6		0.473	0.475	0.474	412.5941
7		0.472	0.475	0.4735	413.466
8		0.475	0.481	0.478	405.7177
9		0.483	0.476	0.4795	403.1833
10		0.496	0.475	0.4855	393.2795
Σ					4088.994

VHN rata – rata spesimen pertama adalah :

$$VHN_{rata - rata} = \frac{4088,994}{10} \qquad VHN_{rata - rata} = 408,8994$$

Tabel 2. Data Pengujian Vickers Spesimen Dua

titik	F kgf	d1	d2	d rata-rata	VHN
1	50	0.49	0.489	0.4895	386.9617
2	50	0.493	0.49	0.4915	383.8189
3	50	0.481	0.474	0.4775	406.6555
4	50	0.479	0.478	0.4785	404.9576
5	50	0.497	0.489	0.493	381.4869
6	50	0.48	0.476	0.478	405.8052

7	50	0.5	0.485	0.4925	382.2618
8	50	0.489	0.485	0.487	390.9449
9	50	0.483	0.479	0.481	400.759
10	50	0.479	0.476	0.4775	406.6555
Σ					3950.307

VHN rata – rata spesimen dua adalah :

$$VHN_{rata-rata} = \frac{3950,307}{10} \quad VHN_{rata-rata} = 395,0307$$

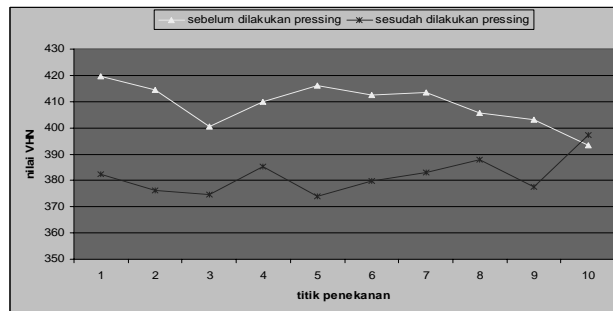
$$VHN_{rata-rata \text{ sebelum dilakukan pressing}} = \frac{(408,8994 + 395,0307)}{2} = 401.9651$$

Tabel 3. Data hasil Pengujian Vicers Spesimen Tiga

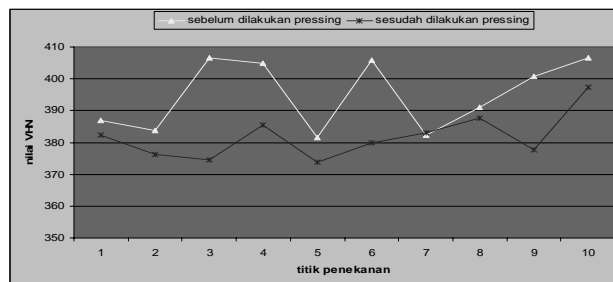
titik	F kgf	d1	d2	d rata-rata	VHN
1	50	0.496	0.489	0.4925	382.2618
2	50	0.497	0.496	0.4965	376.1274
3	50	0.5	0.495	0.4975	374.6168
4	50	0.489	0.492	0.4905	385.3855
5	50	0.488	0.508	0.498	373.8649
6	50	0.5	0.488	0.494	379.9439
7	50	0.49	0.494	0.492	383.0392
8	50	0.484	0.494	0.489	387.7535
9	50	0.485	0.506	0.4955	377.6471
10	50	0.486	0.48	0.483	397.4469
Σ					3818.087

VHN rata-rata sesudah dilakukan pressing adalah :

$$VHN_{rata-rata} = \frac{3818,087}{10} \quad VHN_{rata-rata} = 381,8087$$



Gambar 4. Perbandingan Nilai Kekerasan Spesimen 1 & 3



Gambar 5. Perbandingan Nilai Kekerasan Spesimen 2 & 3

Hasil dari analisis program merupakan visualisasi yang berupa kontur warna yang menunjukkan kondisi dari material. Analisis dilakukan dalam keadaan statis dengan memberikan beban yang sama sebesar 100N. Dalam analisis ini kita bisa membandingkan kondisi pegas sebelum dan sesudah dilakukan pressing. Hasil analisis berupa deformasi yang terjadi, displacement, dan distribusi tegangan-regangan

Dari bahan yang telah dipilih, didapat beberapa data sebagai berikut :

1. Kekuatan Ultimate (S_u)

Dari beberapa taksiran yang telah dilakukan ternyata kekuatan mengalah dapat diperoleh melalui pengujian kekerasan yang telah dilakukan [10].

$$S_u = 3,45 H_B (MPa) \dots \dots \dots (7)$$

Untuk mendapatkan nilai kekerasan Brinell dari pengujian Vickers yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan konversi satuan dari satuan kekerasan Vickers kesatuan kekerasan Brinell. Konversi ini dapat diperoleh dari tabel ekivalen kekerasan baja

- Sebelum di-press :
 Kekerasan bahan : 401,9651 VHN = 380,9561 HB \approx 380 HB
 Kekuatan Ultimate-nya adalah :
 $S_u = 3,45 H_B$
 $S_u = 1311 MPa$
- Sesudah di-press :
 Kekerasan bahan : 381,8087 VHN = 360,8087 HB \approx 360 HB
 kekuatan mengalahnya adalah :
 $S_u = 3,45 H_B$
 $S_u = 1242 MPa$

2. Kekuatan luluh (S_y)

- Sebelum di-press
 $S_y = 0,75 S_u$ $S_y = 0,75 \times 1311$ $S_y = 983,25 MPa$
- Sesudah dipress
 $S_y = 0,75 S_u$ $S_y = 0,75 \times 1242$ $S_y = 931,5 MPa$

3. Modulus Elastisitas (E) dan Modulus Geser (G)

Modulus elastisitas dari baja diambil dari modulus elastisitas baja karbon tinggi pada umumnya.yaitu sekitar $2,06 \times 10^{11} \text{ Kg/m}^2$.

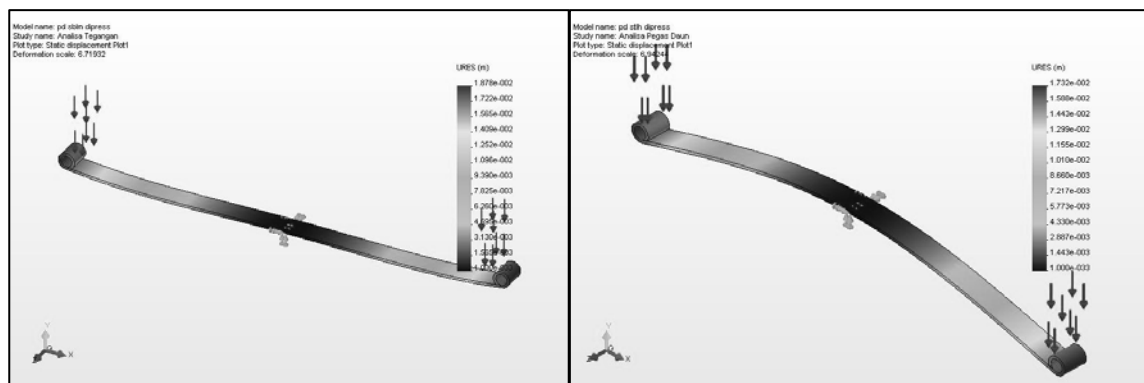
$$E = 2,06 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$E = 2G(1 + \mu) \dots \dots \dots (8)$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad G = \frac{2,06 \times 10^{11}}{2(1 + 0,32)} \quad G = 7,8 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

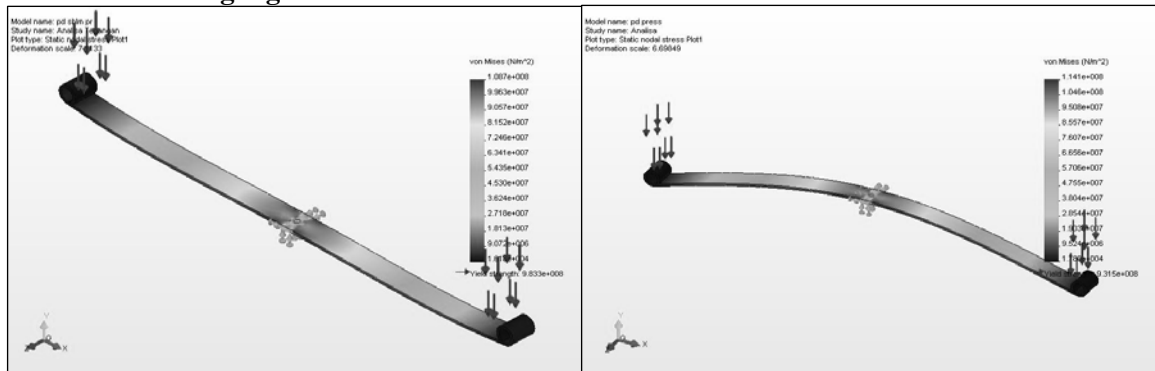
Dari data sifat mekanis bahan, maka didapat hasil analisis program sebagai berikut :

1. Displacement



(a) (b)
 Gambar 6. Displacement ; (a) Sebelum dipress, (b) Sesudah dipress

2. Distribusi Tegangan

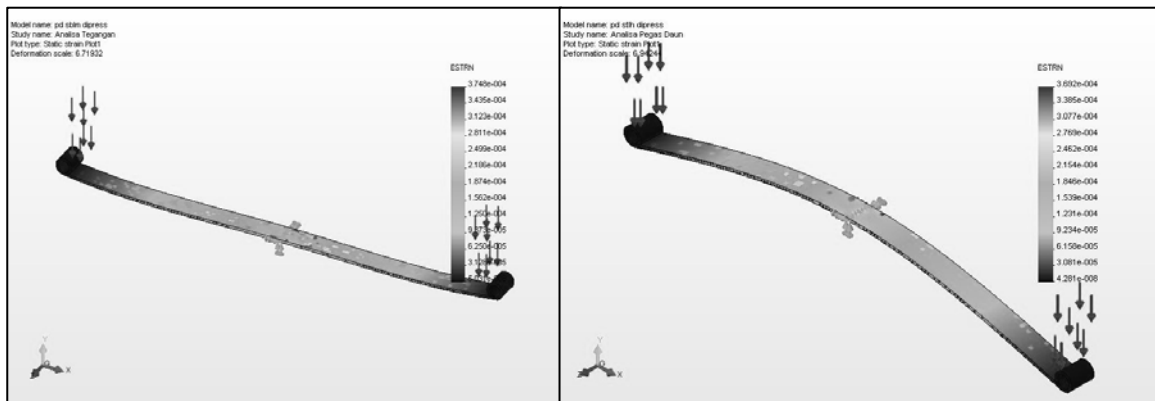


(a)

(b)

Gambar 7. Distribusi Tegangan; (a) Sebelum dipress, (b) Sesudah dipress

3. Distribusi Regangan



(a)

(b)

Gambar 8. Distribusi Regangan; (a) Sebelum dipress, (b) Sesudah dipress

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari pengujian kekerasan yang telah dilakukan, terjadi penurunan nilai kekerasan pegas daun yang sudah di-press dari 401.9651 menjadi 381,8087 atau sebesar 5,02 %.
2. Penurunan nilai kekerasan tersebut dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan tarik dan luluh dari material.
3. Dari hasil analisis program, terlihat perubahan bentuk lengkungan yang terjadi pada saat kedua pegas diberi gaya. Pegas daun sebelum dipress mampu meredam getaran lebih baik dibandingkan dengan pegas daun yang sudah dipress.
4. Dari hasil analisis program, dapat disimpulkan ternyata pegas daun yang sudah di-press mempunyai tingkat konsentrasi tegangan yang tinggi, terjadinya peningkatan regangan dan berkurangnya faktor keamanan.
5. Pegas daun yang sudah di-press dapat menyebabkan berkurangnya keamanan dan kenyamanan dalam berkendara
6. Dari hasil analisis tegangan, ternyata pegas daun yang sudah di-press mengalami peningkatan tegangan maksimum yang terjadi, yaitu dari $1.09361 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ menjadi $1.12632 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, atau terjadi penurunan kekuatan sebesar 3 %. Hal ini dapat menyebabkan kemungkinan untuk terjadinya patah pada pegas daun sesudah di-press lebih besar dibandingkan dengan sebelum di-press.

Daftar Pustaka

- 1) Courtney, H. Thomas, *Mechanical Behavior of Materials, McGra-Hill International Edition, Materials Science Series, 1990*
- 2) Gere, James M. *Mekanika Bahan*, Erlangga, Jakarta, 1996
- 3) Hary S dan Anwar, *Prediksi Verifikasi Kekuatan Statis dan Dinamis Pegas Daun Untuk Kendaraan Truk Niaga, Proceedings The 2000 FTUI Seminar-Quality in Research*
- 4) Logan, Daryl L., *A First Course in the Finite Element Method. PWS-KENT Publishing Company, Boston, 1992.*
- 5) Shigley, Joseph E., *Perencanaan Teknik Mesin, Jilid I, Erlangga, Jakarta, 1999.*
- 6) Shigley, Joseph E., *Perencanaan Teknik Mesin, Jilid II, Erlangga, Jakarta, 1999.*
- 7) Suga, Kiyikatsu, Sularso, *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin, Pradya Paramita, Jakarta, 1991.*