

ANALISA KEGAGALAN PEGAS DAUN (*LEAF SPRING*) PADA TOYOTA KIJANG KAPSUL 7K-EI TAHUN 2000

Taufiq Hidayat¹

Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

Gondangmanis, Bae, PO. BOX 53, Kudus, Telp: 0291-438229, Fax: 0291-437198

E-mail: urgia@umk.ac.id, Website: <http://www.umk.ac.id>

ABSTRAK

Pegas daun merupakan salah satu pegas yang paling banyak digunakan pada kendaraan minibus termasuk Toyota Kijang Kapsul 7K-EI tahun 2000. Dalam suspensi kendaraan, saat roda bertemu dengan halangan, pegas membuat roda mampu melewati halangan dengan adanya pergerakan naik-turun pada roda dan kemudian menyebabkan roda kembali seperti posisi semula. Pada Toyota Kijang Kapsul 7K-EI tahun 2000, pegas daun bagian belakang kanan nomor 3 mengalami patah (*crack*). Paper ini berupa kajian analisa gaya yang terjadi pada pegas daun pada mobil Kijang seri K, yang diawali dari beban yang terjadi, sampai pada patahnya pegas daun. Metode yang dilakukan adalah pengambilan sampel untuk diuji kekerasannya, pengamatan bentuk patahannya, perhitungan tegangan dan defleksi yang terjadi, yang kemudian di analisa penyebab patahnya pegas daun tersebut. Dari hasil analisa kegagalan, dapat disimpulkan bahwa pegas daun dapat patah pada pembebanan lebih dari 2500 kg. Kenyataannya beban total yang bisa diangkut mobil Toyota Kijang 7K hanya sebesar 2000 kg. Maka bisa disimpulkan bahwa pegas patah bukan karena beban berlebih, tetapi kemungkinan karena kendaraan terperosok lubang dalam kecepatan tinggi, sehingga menimbulkan beban kejut yang tinggi pula, atau umur lelah pegas yang sudah terlampaui.

Kata kunci: pegas daun, *crack*, tegangan, defleksi.

ABSTRACT

Leaf spring is one of the most widely used on vehicles including on Toyota Kijang kapsul minibus 7K-EI 2000. In the vehicle suspension, while the wheels meet with an obstacle, springs make the wheel is able to bypass an obstacle by the movement up and down on the wheel and then cause the wheel back as the starting position. Toyota Kijang Capsule at 7K-EI in 2000, right rear leaf spring broke number 3 (crack). This paper analyzes a study of style that occurred on leaf springs at Kijang K series, which begins from the expenses incurred, up to the broken spring leaf. The method is carried out sampling for testing hardness, fracture observation form, the calculation of stresses and deflections that occur, which then analyzes the causes of fracture of the leaf spring. From the analysis of failure, it can be concluded that the leaf spring can fracture on loading more than 2500 kg. The fact that the total load can be transported by Toyota Kijang 7K only 2000 kg. Then it can be concluded that spring break is not due to overload, but probably due to sink holes in the vehicle at high speed, giving rise to high shock loads as well, or spring fatigue life that has been exceeded.

Keywords: leaf spring, crack, stress, deflection.

¹Dosen Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus, e-mail: ophiqhd@yahoo.co.id.

PENDAHULUAN

Pegas merupakan komponen yang didesain memiliki kekakuan yang relatif rendah dibanding dengan *rigid* normal, sehingga memungkinkan untuk menerima gaya yang dibebankan padanya sesuai dengan tingkatan tertentu. Pegas tidak seperti komponen struktur lain dalam hal kekuatan waktu terbebani serta kemampuan menyimpan energi mekanis setiap saat. Dalam suspensi kendaraan, saat roda bertemu dengan halangan pegas membuat roda mampu melewati halangan dengan adanya pergerakan naik turun pada roda dan kemudian menyebabkan roda kembali keposisi semula. Pegas daun yang digunakan sebagai suspensi kendaraan darat baik untuk kendaraan roda empat maupun mobil adalah salah satu komponen utama untuk meredam adanya getaran yang ditimbulkan oleh eksitasi-eksitasi gaya luar saat kendaraan bergerak[1].

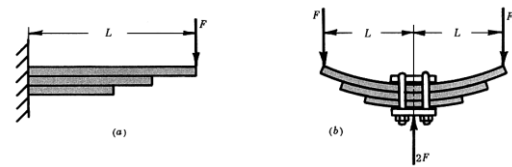
Bentuk *beam* adalah dasar dari banyak pegas daun. *Beam* sendiri adalah rangkaian baja panjang berbentuk persegi yang kedua ujungnya dikaitkan. Defleksi dari beban pada ujung *cantilever* dapat diperhitungkan, tergantung dari geometris dari *cantilever* dan modulus elastisitas, seperti yang di prediksi oleh teori dasar *beam*. Bentuk dasar pegas daun seperti pada Gambar 1a.

Jadi pegas daun adalah pegas yang berbentuk plat dasar (*flat plats*) dengan lebar tertentu dan dikenai beban lateral yang menjadikan plat mengalami *bending*. Konsep dasar pegas daun adalah batang *cantilever* yang diberi beban lateral pada ujungnya dan ujung yang lain dijepit sehingga batang *cantilever* terdefleksi dan mempunyai *radius curvature*.

Pengertian dari *radius curvature* dapat dijelaskan sebagai berikut. Saat kitamengendaraimobil di jalan yang melengkung, dan kemudi kita kunci dalamposisi membelok, sehinggamobilselanjutnya mengikuti lintaran sempurna. Mobilakan, tentu saja, menyimpang dari jalan, kecuali jalan jugam merupakan lintaran sempurna. Jari-jari lintaran yang dibuat oleh mobil itulah yang disebut *radius curvature* dari jalan melengkung pada titik dimana rodakemudi terkunci. Semakin tajam lengkungan dari jalan pada titik kita mengunci kemudi, semakin kecil *radius curvature*[2].

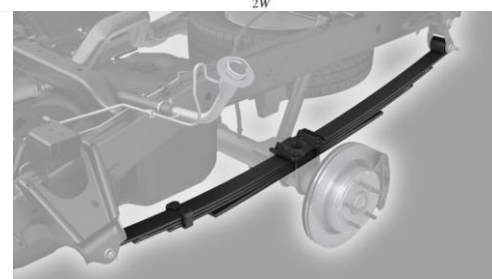
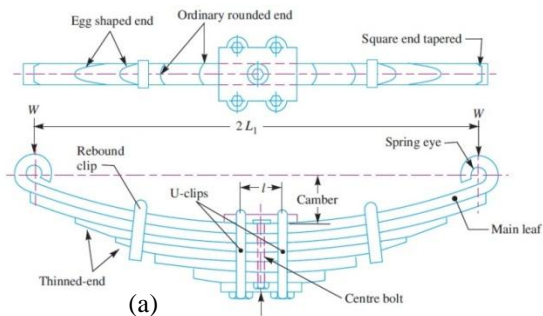
Batang *cantilever* yang terdefleksi ini kemudian dijadikan bentuk awal tanpa beban dari pegas daun sehingga *radius curvature* dari pegas daun sama dengan *radius curvature* dari batang *cantilever* yang terdefleksi dan bila pegas daun diberi beban yang sama dan arah yang berlawanan dengan batang *cantilever*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

berbentuk horizontal seperti batang *cantilever* tanpa beban.



Gambar 1. (a). Bentuk dasar dari pegas daun. (b). Jenis pegas daun *semi-elliptic*[3].

Jenis pegas daun yang paling banyak digunakan adalah tipe *semi-elliptic* seperti pada Gambar 1b. Keuntungan utama dari pemakaian pegas daun adalah bahwa pegas jenis ini dapat mengontrol gerakan mengayun (*sway*) dan gerakan lateral. Alasan inilah yang membuat pegas jenis ini dipakai pada suspensi bagian belakang pada kendaraan yang menggunakan sistem penggerak roda belakang (*rear wheel drive*) terutama yang digunakan untuk membawa beban berat (manusia maupun barang). Karena itulah pegas daun banyak digunakan pada kendaraan roda empat jenis *station wagon* seperti kijang, kuda, panther, serta kendaraan-kendaraan besar seperti bus dan truk. Konstruksi pegas daun dan letaknya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a). Konstruksi dari pegas daun[4]. (b). Letak pegas daun di kendaraan[5].

Penelitian terdahulu pernah dilakukan oleh Clarke dan Borowski [6] dengan judul "*Evaluation of A Leaf Spring Failure*" yang dimuat dalam *Journal of Failure Analysis and Prevention*. Mereka meneliti kegagalan pegas daun kendaraan besar. Patahan terjadi pada *spring eye*. Analisis yang dilakukan berupa analisis mikrografi dengan SEM dan analisis

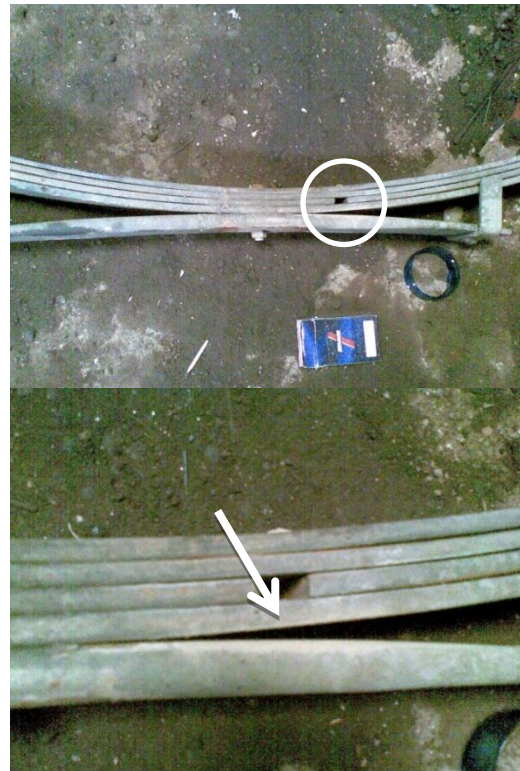
tegangan dengan metode elemen hingga dengan bantuan software ALGOR. Mereka menyimpulkan bahwa patahnya pegas daun karena berbagai faktor, yaitu adanya pemisahan sulfur pada *midplane* dapat memperlemah pegas, pegas patah karena suatu kecelakaan, jalanan yang rusak dapat membuat pegas patah, serta umur pegas yang sudah tua.

Penelitian lain dilakukan oleh Gulur Siddaramanna Shiva Shankar [4] yang meneliti tentang desain pegas daun dengan bantuan software dengan analisa tegangan yang terjadi. Daryono [1] dari Universitas Muhammadiyah Malang menganalisa umur pegas daun pada kendaraan roda 4. Umur pemakaian pegas atau komponen yang bekerja dengan beban dinamis ini didasarkan pada kekuatan lelehnya untuk pemakaian diatas satu juta siklus pembebanan. Pemakaian optimal pegas daun sekitar 100.000 km.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab patahnya pegas daun belakang nomer 3 dari kendaraan Toyota Kijang kapsul 7K-EI tahun 2000. Hipotesa patahnya pegas daun tersebut adalah beban yang berlebih, cacat material, dan umur leleh material yang sudah dilampaui.

METODOLOGI ANALISA KEGAGALAN

Struktur dirancang untuk mencegah kegagalan dimana ketidakmampuan sebuah komponen melakukan fungsinya dapat diistilahkan sebagai kegagalan. Kegagalan dapat terjadi bila bahan pertama-tama meluluh (*yield*). Oleh karena itu batas luluh banyak dipakai sebagai kriteria kegagalan. Sejumlah teori dikembangkan dengan menghubungkan tegangan-tegangan utama pada sebuah titik pada bahan ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) terhadap kekuatan luluh bahan tersebut (σ_y). Tujuannya adalah untuk meramalkan kapan peluluhan pertama akan terjadi dibawah kondisi pembebanan yang tertentu. Teori kegagalan ini juga disebut teori geser (*shear energy theory*) dan teori von-Misses-Hencky. Teori ini sedikit sulit pemakaiannya dari pada teori tegangan geser maksimum, dan teori ini adalah teori yang terbaik untuk dipakai pada bahan ulet. Seperti teori tegangan geser maksimum, teori ini dipakai hanya untuk menjelaskan permulaaan bahan mengalah[7]. Dalam paper ini, kegagalan yang terjadi adalah patahnya bilah pegas daun nomer 3, seperti pada Gambar 3.

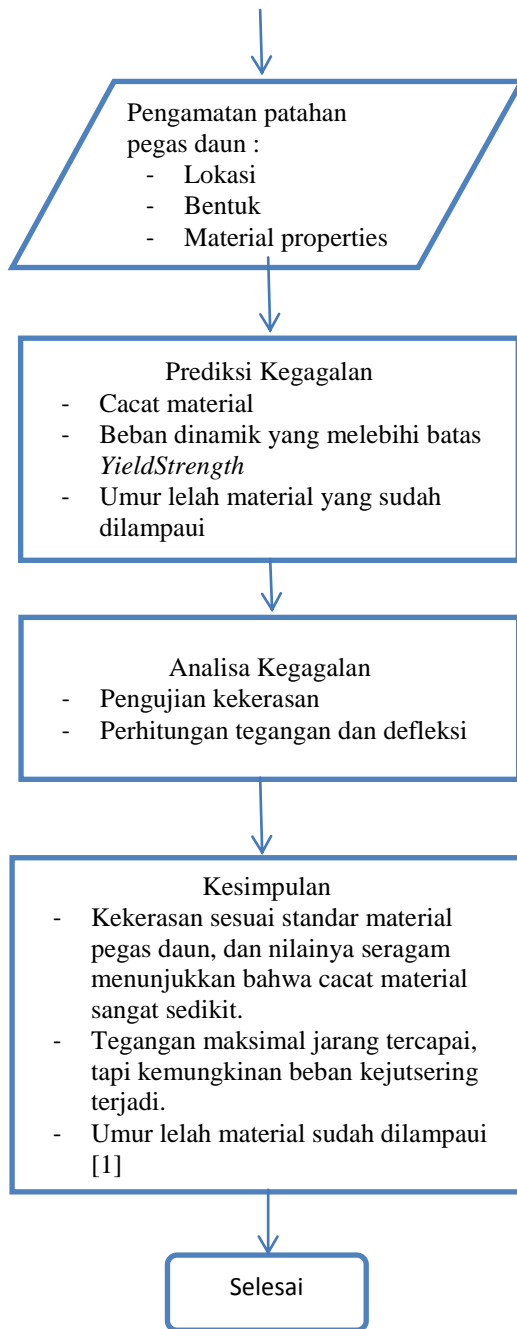


Gambar 3. Letak pegas yang patah

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam menganalisa kegagalan pegas daun Kijang K. Pertama, melakukan pengamatan dimensi/ukuran yang ada pada pegas daun, berupa panjang pegas setiap bilah, lebar pegas dan tebal pegas. Kemudian pengujian kekerasan untuk mengetahui harga kekerasannya dan mengamati bentuk patahan yang terjadi. Hal ini memberikan data awal sebagai acuan perhitungan dalam menganalisa.

Fungsi utama dari pegas daun adalah memberikan nilai pantulan akibat beban yang diterima sehingga dapat memberikan kenyamanan. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan tegangan maksimal, momen bending dan defleksi yang terjadi.

Dari pengukuran dimensi pegas daun serta analisa perhitungan tegangan dan defleksi yang terjadi pada pegas daun maka dapat diketahui defleksi maksimal dan beban maksimal yang mampu ditahan oleh pegas daun tersebut. Diagram alir analisa kegagalan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Analisa Kegagalan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengamatan secara visual, patahan terjadi pada bilah pegas daun nomor 3 seperti ditunjukkan pada gambar 3. Spesifikasi Toyota Kijang kapsul 7K-EI tahun 2000 ditabulasikan pada Tabel 1. Sedangkan spesifikasi pegas daun dari hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Toyota Kijang 7K-EI Tahun 2000[8].

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| Mesin | 7K-EI |
| Panjang total | 4155 mm |
| Lebar total | 1670 mm |
| Tinggi total | 1775 mm |
| Jarak poros roda | 2650 mm |
| Front tread | 1445 mm |
| Rear tread | 1410 mm |
| Ground clearance | 170 mm |
| Berat kosong | 1100 kg |
| Jenis suspensi belakang | Rigid axle, leaf spring |

Hasil pengukuran dimensi pegas daun sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Spesifikasi Pegas Daun Toyota Kijang 7K-EI Tahun 2000.

| | |
|--------------------|---------|
| Panjang pegas ke-1 | 1220 mm |
| Panjang pegas ke-2 | 1220 mm |
| Panjang pegas ke-3 | 1020 mm |
| Panjang pegas ke-4 | 920 mm |
| Panjang pegas ke-5 | 380 mm |
| Lebar pegas | 70 mm |
| Tebal pegas | 7 mm |

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan material dari pegas daun dan untuk menilai bahwa material tersebut kekerasannya seragam atau tidak. Dari pengujian kekerasan diperoleh hasil seperti pada Tabel 3. Harga kekerasan rata-rata adalah 70,7 HRA.

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan bilah pegas yang patah.

Tipe: Rockwell HRA diamond
Beban: 60 kg

| Percobaan ke- | Kekerasan (HRA) | Percobaan ke- | Kekerasan (HRA) |
|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 1 | 68,4 | 11 | 71,0 |
| 2 | 70,6 | 12 | 67,1 |
| 3 | 70,8 | 13 | 71,4 |
| 4 | 70,8 | 14 | 71,6 |
| 5 | 70,8 | 15 | 70,9 |
| 6 | 69,6 | 16 | 71,5 |
| 7 | 70,1 | 17 | 71,3 |
| 8 | 71,9 | 18 | 71,2 |
| 9 | 71,6 | 19 | 70,0 |
| 10 | 71,6 | 20 | 71,3 |
| Rata-rata | 70,7 | | |

Nilai kekerasan pegas daun bisa dianggap seragam dan homogen di semua titik. Hal ini menunjukkan bahwa material pegas tersebut cukup baik dari segi produksi dan sesuai dengan standar spesifikasi baja pegas. Jadi kegagalan bukan dari segi material.

Berbagai macam material untuk pegas daun dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Material untuk pegas daun[9].

| | | | |
|--------------|---|--------------|------|
| 0.25 (0.010) | 7 | 7.86 (0.284) | 79.3 |
| 0.08 (0.003) | 7 | 7.86 (0.284) | 79.3 |
| 0.08 (0.003) | 7 | 7.86 (0.284) | 79.3 |
| 0.08 (0.003) | 7 | 7.86 (0.284) | 79.3 |

Keterangan:

l = panjang pegas

b = lebar pegas

t = tebal pegas

W = beban

y = rise of crown above the level of the ends

$$\text{Momen bending: } M = -\frac{Wl}{4} \quad (1)$$

$$\text{Momen Inersia: } I = \frac{nbt^3}{12} \quad (2)$$

n = jumlah bilah pegas

Defleksi yang terjadi:

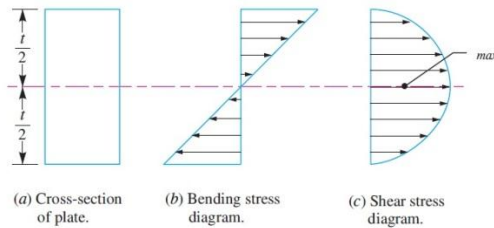
$$\delta = y_0 - y = \frac{3Wl^3}{8nbt^3E} \quad (3)$$

Tegangan maksimum yang terjadi

$$\sigma_{max} = \frac{3Wl}{2nbt^2} \quad (4)$$

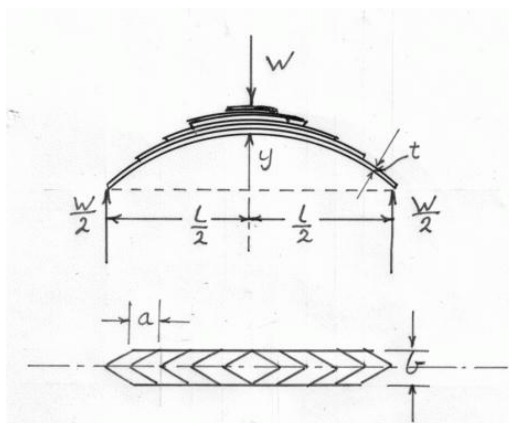
Menurut PT. Nasmoco dalam bukunya New Step 1[10], pada Toyota Kijang 7K-EI material yang digunakan untuk pegas daun adalah baja karbon AISI 1095 yang mempunyai Modulus Young sebesar 207.000 MPa.

Diagram tegangan yang terjadi pada pegas daun diilustrasikan seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Diagram tegangan yang terjadi pada pegas daun[11].

Untuk perhitungan momen bending, tegangan maksimal dan defleksi yang terjadi pada pegas daun dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [11].



Gambar 6. Diagram tegangan semi-elliptic leaf spring[11].

Dengan asumsi jumlah penumpang maksimal 8 orang dan setiap orang mempunyai berat 80 kg, maka beban total dengan berat kendaraan (1100 kg) adalah sebesar 1740 kg. Ditambah dengan barang bawaan sebesar 260 kg, total beban yang diterima adalah 2000 kg. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil perhitungan tegangan pada pegas daun.

| Beban (kg) | Momen Bending (kgmm) | Tegangan maksimum (kg/mm ²) | Defleksi (mm) |
|------------|----------------------|---|---------------|
| 1000 | -76250 | 21,34110787 | 27,40174686 |
| 1500 | -114375 | 32,01166181 | 41,10262029 |
| 2000 | -152500 | 42,68221574 | 54,80349371 |
| 2500 | -190625 | 53,35276968 | 68,50436714 |
| 3000 | -228750 | 64,02332362 | 82,20524057 |
| 3500 | -266875 | 74,69387755 | 95,906114 |
| 4000 | -305000 | 85,36443149 | 109,6069874 |

Menurut referensi, ultimate tensile strength dari baja AISI 1095 adalah 98,43 kg/mm² dan yield strength sebesar 58,35 kg/mm²[12]. Dari hasil perhitungan di atas terlihat bahwa pada pembebanan 2500 kg tegangan maksimum yang terjadi sebesar 53,35 kg/mm² sedangkan yield strength baja sebesar 58,35 kg/mm². Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan hanya bisa menahan beban maksimal sebesar 2500 kg. Apabila dihitung berat kendaraan yang sebesar 1100 kg, berat penumpang 8 orang masing-masing 80 kg dan barang bawaan sebesar 260 kg, maka total beban yang diterima sebesar 2000 kg, masih jauh dari beban maksimal yang diperbolehkan. Nilai defleksi yang terjadi akibat pembebanan semakin meningkat seiring

dengan meningkatnya beban yang diberikan pada pegas daun.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa kegagalan, dapat disimpulkan bahwa kekerasan pegas daun sudah sesuai standar material pegas daun yaitu AISI 1095, dan nilainya seragam di sebagian permukaan. Hal tersebut menandakan bahwa material tersebut sangat sedikit cacatnya. Dari perhitungan tegangan dan defleksi, pegas daun dapat patah pada pembebanan lebih dari 2500 kg. Dengan berat kendaraan berkisar pada 1100 kg, ditambah dengan beban penumpang atau barang maksimal 1400 kg. Kenyataannya beban total yang bisa diangkut mobil Toyota Kijang 7K hanya sebesar 2000 kg. Maka bisa disimpulkan bahwa pegas patah bukan karena faktor material dan beban berlebih, tetapi kemungkinan karena kendaraan terperosok lubang dalam kecepatan tinggi, sehingga menimbulkan beban kejutan yang sudah terlampaui.

DAFTAR PUSTAKA

1. Daryono, 2007, *Analisa Umur Pegas Daun Pada Suspensi Kendaraan Roda Empat*, Universitas Muhammadiyah Malang.

2. www.ehow.com (20 Desember 2010).
3. Child, P., 2004, *Mechanical Design*, 2nd Edition, Elsevier.
4. Shankar, G.S.S., Vijayarangan, S., 2006, *Mono Composite Leaf Spring for Light Weight Vehicle – Design, End Joint Analysis and Testing*, Journal of Materials Science (Medziagotyra). Vol. 12, No. 3.
5. www.engineersedge.com (20 Desember 2010).
6. Clarke, C.K., Borowski, G.E., 2005, *Evaluation Of A Leaf Spring Failure*, Journal Of Failure Analysis And Prevention.
7. Ramachandran, V., Raghuram, A.C., Krishnan, R.V., Bhaumik, S.K., 2005, *Failure Analysis Of Engineering Structures Methodology And Case Histories*, ASM International.
8. www.nasmoco.co.id (20 Desember 2010)
9. Shigley, J.E., 1996, *Standard Handbook of Machine Design*, 2nd Edition.
10. Toyota, *New Step1*, Toyota Astra Motor.
11. Hall, A.S., 1961, *Machine Design*, McGraw Hill.
12. _____, 1980, *Manual on Design and Application of Leaf Springs*, SAE HS 788, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, USA.

DATA DIRI

Nama : Taufiq Hidayat, ST
Alamat : Getas Pejaten Rt. 8 Rw. 4 Jati Kudus
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Email : ophiqhd@yahoo.co.id