

ANALISIS PERISTIWA KEGAGALAN PADA "LEAF SPRING" TRUK COLT DIESEL PENGANGKUT PASIR

Sepfitrah¹, Yose Rizal²

ABSTRAK

Kendaraan untuk pengangkut barang seperti truk, memiliki titik pembebanan cenderung ke arah bagian tengah hingga ke belakang badannya. Sehingga suspensi bagian belakang truk akan mengalami defleksi yang lebih besar dibandingkan dengan suspensi pada bagian depan. Sistem suspensi truk bagian belakang menggunakan pegas daun, yang akan mengalami kondisi terberat dalam beban tekan secara berulang-ulang, sehingga berpotensi untuk gagal akibat lewat batas lelah materialnya.

Dalam penelitian ini akan dilakukan investigasi terhadap pegas daun pada truk pengangkut pasir yang mengalami kegagalan berupa patah. Pegas yang patah dilepaskan dari rangkaian sistem suspensi truk untuk dipotong pada daerah yang mengalami pecah dan daerah tertentu yang ingin diamati sebagai spesimen uji.

Material yang paling banyak digunakan untuk bahan 'leaf spring' adalah baja karbon SAE 1065, 1085, 1090 dan baja paduan SAE 5155, 5160, 4063, 9260.

Kegagalan komponen 'leaf spring' pada truk pengangkut pasir ini disebabkan oleh korosi fatik yang terinisiasi oleh korosi sumuran (*pitting*). Inisiasi pada *pitting* terjadi karena pada sumuran tersebut terjadi 'stress concentration' sehingga kekuatan tarik bagian komponen tersebut tidak dapat menahan tegangan tarik dari kondisi kerja.

Kata Kunci : Kegagalan material, Leaf Spring, Colt Diesel, Truk Pengangkut pasir.

ABSTRACT

Vehicle for pengangkut goods such as trucks, have tended to point loading up backward toward the center of the body. The back of the truck so the suspension will experience a greater deflection than the suspension on the front. Truck rear suspension system uses leaf springs, which will undergo the toughest conditions in the compressive load over and over again, so the potential for failure due to material fatigue limit passing.

In this research investigation into the leaf springs on trucks carrying sand in the form of a broken failure. A broken spring release of a series of truck suspension system to cut the rupture area and certain areas that want to be observed as a test specimen.

The most widely used material for the materials 'leaf spring' is carbon steel SAE 1065, 1085, 1090 and alloy steel SAE 5155, 5160, 4063, 9260.

Component failure 'leaf spring' in the sand trucks due to corrosion fatigue is initiated by pitting corrosion (pitting). Initiation of pitting occurs due to pitting occurs 'the stress concentration' so that the tensile strength of the component parts can not withstand tensile stress of working conditions.

Keywords : material failure, Leaf Spring, Colt Diesel, Trucks sand.

1. PENDAHULUAN

Kendaraan untuk pengangkut barang seperti truk, memiliki titik pembebanan

cenderung ke arah bagian tengah hingga ke belakang badannya. Sehingga suspensi bagian belakang truk akan mengalami

defleksi yang lebih besar dibandingkan dengan suspensi pada bagian depan. Sistem suspensi truk bagian belakang menggunakan pegas daun, yang akan mengalami kondisi terberat dalam beban tekan secara berulang-ulang, sehingga berpotensi untuk gagal akibat lewat batas lelah materialnya.

Pada sebuah peristiwa, pegas daun sebuah truk *colt diesel* pengangkut pasir mengalami patah. Hal ini menarik untuk diteliti, karena kegagalan pada pegas daun truk sering terjadi.

Dari desain komponen setidaknya dapat diperkirakan beberapa besaran kuantitatif yang berhubungan dengan besar pembebanan yang sebenarnya terjadi pada komponen ini, dari keseluruhan system pembebanan. Data tersebut dapat dicocokkan dengan data-data mengenai bahan yang digunakan pada komponen ini, apakah material pegas daun mampu menahan beban system, atau mungkin terjadi kesalahan pemilihan material.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini:

- Mempelajari sistem kerja pegas daun pada kendaraan roda empat dan gaya-gaya yang bekerja, serta pemilihan bahan untuk pegas daun tersebut.
- Mengetahui penyebab utama dan mekanisme kegagalan yang mengakibatkan patahnya pegas daun pada truk colt diesel pengangkut pasir.
- Memberikan solusi agar pegas daun dapat terhindar dari kegagalan serupa dikemudian hari.

Suspensi adalah suatu mekanisme dari sekumpulan benda kaku yang dipasangkan di antara body atau rangka dengan roda-roda yang berfungsi untuk meredam getaran-getaran atau kejutan-kejutan (beban dinamis) yang ditimbulkan oleh keadaan jalan dan juga berfungsi sebagai tumpuan atau penahan berat kendaraan (beban statis). Sasis terdiri atas rangka kendaraan, sistem suspensi, sistem kemudi, dan roda atau ban.

Pegas (*spring*) adalah suatu elemen mesin fleksibel yang dapat menyimpan energi dari beban-beban atau gaya-gaya yang diberikan dan akan mengembalikan energi yang besarnya sama dengan beban jika beban dihilangkan. Gaya yang dihasilkan dapat berupa *linear push / pull* atau radial. Pegas merupakan elemen penumpu utama dari suspensi karena berfungsi untuk menahan berat dari kendaraan, menjaga ketinggian berkendara, dan menyerap kejutan yang terjadi di jalan.

Dari bentuk lapisannya terdapat dua jenis dari pegas daun yaitu pegas daun tunggal dan pegas daun berlapis. Pegas daun berlapis disusun dan disatukan dengan perantara klem atau mur-baut. Pegas jenis ini banyak digunakan pada bagian belakang kendaraan roda empat, khususnya untuk jenis truk dan jip.



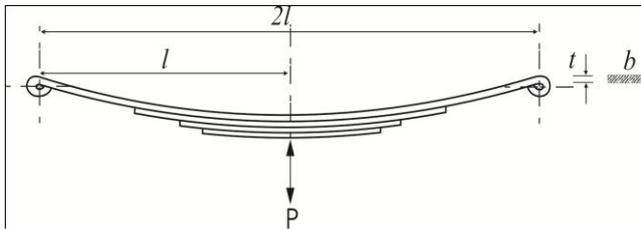
Gambar 1. Pegas daun
(sumber : rapid-racer.com)

Suspensi depan adalah suatu mekanisme yang ditempatkan pada roda depan kendaraan. Sistem yang terdapat di sini terhubung dengan sistem *steering*, yang mempunyai peran penting dalam mengatur arah kendaraan. Terdapat berbagai macam model antara lain : model *macpherson*, *double wishbone*, *trailing arm*, dan *multi link*.

Suspensi belakang adalah suatu mekanisme yang ditempatkan pada roda belakang kendaraan. Segala sistem yang dipakai pada suspensi depan dapat dipakai oleh suspensi belakang hanya saja tidak terhubung dengan sistem *steering*. Model-

model tersebut antara lain *solid axle*, *beam axle*, dan *4 bar*.

Pembebanan Pada Pegas Daun



Gambar 2. Beban yang bekerja pada pegas daun

- Momen bending maksimum ditengah pegas adalah :

$$M = P \times l \dots\dots\dots (1)$$

- Tegangan bending maksimum adalah :

$$\sigma = \frac{P \times l}{(b \times t)^2 / 6} \dots\dots\dots (2)$$

Ada persamaan yang dapat diturunkan dari prinsip defleksi batang dengan asumsi batang berkekuatan seragam yang dapat digunakan untuk pegas ini untuk menentukan tegangan maksimum yang ditahan pegas dengan susunan jamak (n pegas):

$$\sigma = \frac{3Pl}{2nbt^2} \dots\dots\dots (3)$$

- Dimana :
- σ = Tegangan maksimum
 - P = Beban
 - l = Panjang
 - n = Jumlah pegas
 - b = Lebar
 - t = Ketebalan pegas

Kelelahan (*Fatigue*) adalah salah satu jenis kegagalan (patah) pada komponen akibat beban dinamis (pembebanan yang berulang-ulang atau berubah-ubah) yang paling terjadi pada pegas daun. Secara umum diperkirakan 50%-90% kegagalan mekanis adalah disebabkan oleh kelelahan. Mekanisme patah lelah adalah terdiri atas :

1. Tahap awal terjadinya retakan (*crack inisiation*).
2. Tahap penjaralan retakan (*crack propagation*).
3. Tahap akhir (*final fracture*).

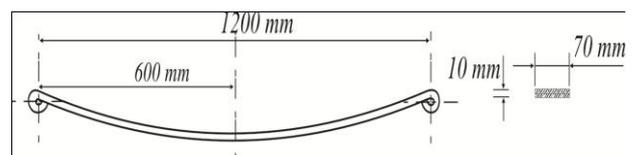
Kelelahan logam diawali dengan pembentukan awal retak dan dilanjutkan dengan penjaralan retakan hingga komponen mengalami patah. Lokasi awal retak pada komponen atau logam yang mengalami pembebanan dinamis atau siklik adalah pada titik daerah dimana memiliki kekuatan yang paling minimum dan atau pada titik daerah dimana mengalami tegangan yang paling maksimum.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Objek Penelitian

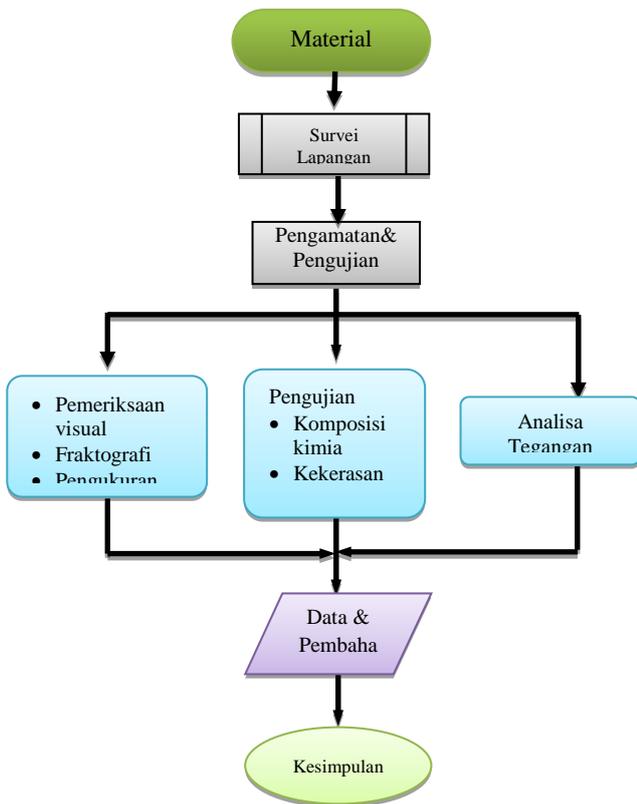
Dalam penelitian ini akan dilakukan investigasi terhadap pegas daun pada truk yang mengalami kegagalan berupa patah, dimana kendaraan ini rutin beroperasi hingga enam hari dalam seminggu. Rute jalan yang dilalui bervariasi, mulai dari jalan tanah rata dan kadang berlubang terutama pada lokasi pengambilan pasir, hingga jalan raya yang rata beraspal, sehingga berat muatan yang diangkut tidak diketahui pasti. Namun dapat ditaksir berdasarkan daya angkut, berat muatan berkisar antara 7 – 10 ton, untuk satu kali angkut.

Pegas daun yang mengalami patah berada pada urutan pertama dari susunan pegas daun pada truk tersebut, adapun dimensi pegas daun terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Dimensi pegas yang patah

Tahapan Analisis Kegagalan



Gambar 4. Skema analisis kegagalan

Pengamatan Makroskopik

Pengamatan makroskopik dilakukan untuk analisis lebih lanjut. Pengambilan foto kerusakan dilakukan secara detail terutama pada daerah yang mengalami kerusakan. Pengamatan makroskopik menggunakan mikroskop foto *image*, yang dapat memperbesar dan memberikan profil yang lebih detail tampak patahan.



Gambar 5. Mikroskop foto image untuk pengamatan patahan

Pengamatan Mikroskopik

Pengamatan mikroskopik dilakukan pada pegas yang mengalami kerusakan, terutama pada daerah yang mengindikasikan sebagai penyebab terjadinya kerusakan yaitu daerah patahan. Pengamatan mikroskopik ini

dilakukan pada penampang memanjang pegas. Pemotongan sampel dilakukan dengan alat pemotong abrasif yang dilengkapi dengan pendingin air, pemilihan pemotongan sampel arah memanjang pegas pada daerah kerusakan ditunjukkan pada (gambar 6) berikut ini;



Gambar 6. Lokasi pemotongan pegas sebagai sampel.

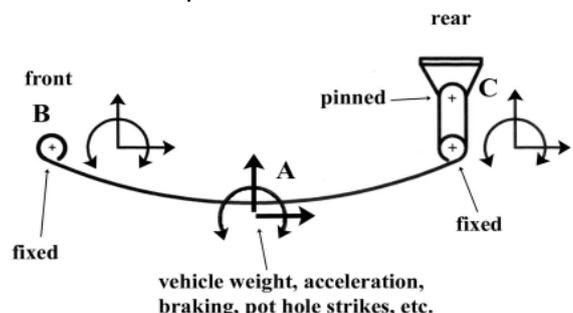
3. DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan yang didapat dengan persamaan (1) dapat digunakan sebagai gambaran umum dari pegas ini. Pada truk ini berat kosongnya 2500 kg, berat terisi maksimalnya adalah 11500 kg (menggunakan pendekatan sesuai dengan standar pemakaian, beban angkat = 9000 kg). Pada berat maksimalnya, bila semuanya didistribusi merata pada keempat roda truk maka satu roda truk akan menahan beban :

$$\frac{11500 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2}{4} = 28175 \text{ N}$$

Pada berat minimal atau kondisi truk dalam keadaan kosong, distribusi beban pada tiap roda adalah :

$$\frac{2500 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2}{4} = 6125 \text{ N}$$



Gambar 7. Gaya-gaya yang bekerja pada pegas

Beban dapat berubah arah membentuk siklus dengan besar yang berubah-ubah. Hal

menarik disini adalah bila ditinjau bagian mana yang efek perubahan arah beban paling terasa pada 'leaf spring'.

Panjang pegas 1,2m , jumlah pegas adalah 25, lebar pegas 0.07 m, dantinggi 1 pegas adalah 0.01 m. Maka bila harga harga diatas dimasukkan dalam persamaan awal akan didapat tegangan maksimal dan minimal yang diterima oleh pegas :

$$\sigma_{max} = \frac{3 \times 28175N \times 1.2m}{2 \times 15 \times 0.07m \times (0.01m)^2} = 483 \times 10^6 N/m^2$$

Perlu diketahui bahwa perhitungan diatas tidaklah akurat benar karena terdapat banyak penyederhanaan seperti dimensi dari 'pegas daun' ini, tetapi dapat digunakan sebagai perkiraan awal untuk kriteria pemilihan bahan terutama dalam 'endurance limit-nya'.

Aspek Pemilihan Bahan Komponen

Material yang paling banyak digunakan untuk bahan 'leaf spring' adalah baja karbon SAE 1065, 1085, 1090 dan baja paduan SAE 5155, 5160, 4063, 9260. Berikut ini adalah tabel hasil Uji Komposisi Kimia:

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi kimia pegas daun

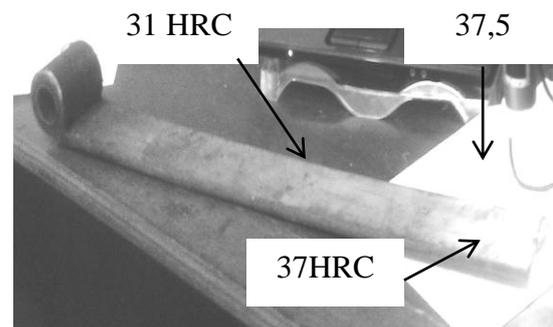
Unsur	Leaf Spring (%)	
	1	2
C	0.645	0.564
Si	0.295	0.297
Mn	0.774	0.762
P	0.002	0.0024
S	0.0179	0.0183
Cr	0.771	0.769
Mo	0.0295	0.0302
Ni	0.0154	0.01.71
Al	0.0084	0.0093
Cu	0.0154	0.0152
V	0.0051	0.0050
W	0.0026	0.0030
Fe	95.8	95.7

Berdasarkan hasil uji komposisi kimia material pegas daun yang mengalami kegagalan dan dibandingkan dengan komposisi kimia material pegas daun yang sering digunakan seperti terlihat pada tabel 1. Material pegas daun yang mengalami patah equivalen dengan standar **AISI 5160**, atau standar **JIS SUP 9**.

Untuk material baja paduan Si-Mn AISI 5160, tegangan ultimat-nya mencapai 1050MPa (≈ 107 Kg/mm²) dengan tegangan batas elastikatau tegangan luluhnya 924MPa (≈ 94,22 Kg/mm²). Kekerasan material ini setelah diproses temper pada temperatur 595 °C mencapai 32 – 33 HRC.

Hasil Pengujian Nilai Kekerasan

Hasil uji kekerasan pada material pegas daun yang patah ini seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 8. Hasil uji kekerasan pegas daun

Nilai kekerasan pada pegas daun tidak sama/ merata pada setiap bagiannya. Kekerasan pada daerah dekat dengan patah atau tengah pegas lebih rendah dari pada bagian ujung pegas. Hal ini menunjukkan tingkat keuletan bagian tengah pegas lebih tinggi dari pada bagian ujung pegas.

Pengamatan Lingkungan atau Lingkungan komponen

Sebagai pengangkut pasir, truk ini sering melawati daerah basah yaitu sungai dimana pasir tersebut diperoleh. Jadi tingkat kelembapan lingkungan pegas ini suatu saat dapat tinggi sekali. Pada saat pengamatan

langsung dijumpai banyaknya lumpur, tanah dan pasir pada bagian pegas ini karena terciprat dari roda truk ketika melewati daerah-daerah basah.



Gambar 9. Kondisi pegas penuh lumpur

Pengamatan Visual Pada komponen

Peristiwa perpatahan ini terjadi pada bagian 'leaf spring' pada susunan susunan pertama seperti yang ditunjukkan pada gambar 10. Foto komponen yang patah ini adalah sebagai berikut:



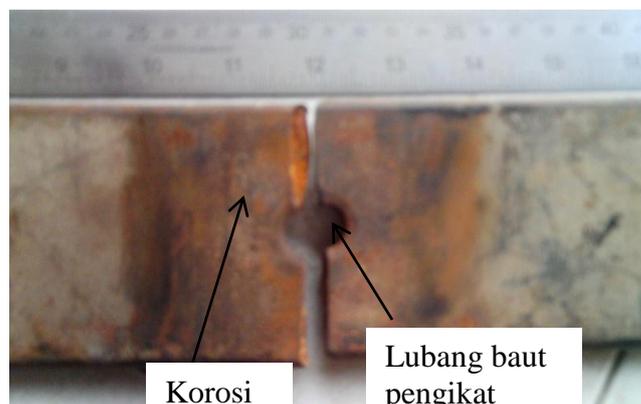
Gambar 10. Komponen pegas daun yang mengalami patah

Permukaan benda ini (bukan permukaan patahan) menunjukkan banyak produk korosi yang tertimbun, juga terbentuknya sumuran-sumuran (*pitting*) dari peristiwa korosi sumuran. Permukaan yang sangat kasar ini juga ditambah adanya rekahan-rekahan pada bagian sebelah bawah dari pegas ini, kemungkinan berasal dari retak yang menjalar mulai dari korosi sumuran karena proses penekukan ketika terjadi hentakan pada truk tersebut.

Pengamatan PatahanKomponen

Dari penampakan permukaan komponen (bukan permukaan patahan), dijumpai banyaknya korosi. Hal ini sesuai dengan

kenyataan lingkungan komponen tersebut yang cenderung lembab dan sangat mungkin tercemar oksidator dari asap buangan dan materi- materi yang berasal dari jalanan dimana truk itu lewat yang ditandai dengan penampakan sumuran-sumuran kecil dengan produk korosi didalamnya seperti terlihat pada gambar 11.



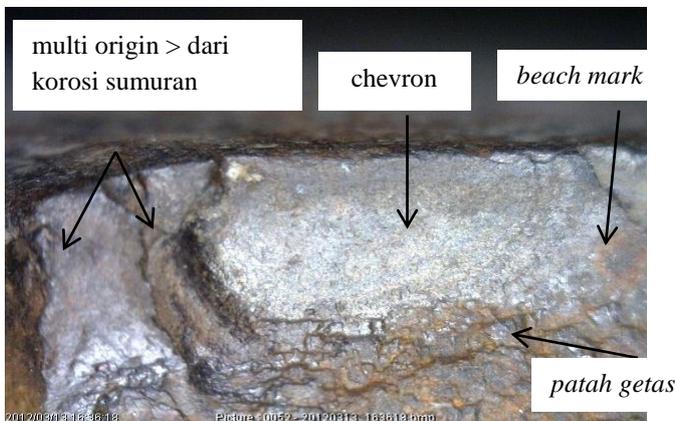
Gambar 11. Korosi sumuran pada permukaan pegas

Pada gambar 11, jelas terlihat garis-garis pantai dan pola chevron pada bagian atasnya. Penampakan ini memberikan beberapa keterangan penting dalam analisis kerusakan ini yaitu:

1. Jenis patahan cenderung getas, sehingga terjadi secara tiba-tiba tanpa adanya pemuluran awal
2. Gari-garis pantai menunjukkan adanya peristiwa fatik, bila dilihat dari gambar 14, jelas dilihat awal dari peristiwa fatik ini pada korosi sumuran yang menjadi penyebab awal dan perambatan retakan.

3. Bila melihat gambar 11, peristiwa fatik ini terjadi pada beberapa tempat dengan beberapa awal retakan fatik (multi origin cracks) yang memperlemah kekuatan tarik dari logam ini.
4. Permukaan patahan yang kusam (kelabu) disebabkan produk korosi, jadi penjalaran retakan hingga patah juga diikuti dengan peristiwa korosi.

Tanda chevron menunjukkan arah perambatan retakan ketika pegas ini patah pada saat kekuatan tariknya tidak dapat lagi mengimbangi tegangan tarik karena sebagian permukaannya telah patah secara fatik.



Gambar 12. Korosi sumuran sebagai inisiasi yang membentuk *chevron* pada patahan.

Pemilihan bahan sudah tepat bila dikaitkan antara besaran 'endurance limit' dengan kapasitas truk tersebut. Tetapi perlu diingat, harga awal 'endurance limit' akan turun secara drastis apalagi bila sudah terbentuk *notch* akibat *pitting*, hingga tidak lagi sesuai dengan kapasitas kerja dari truk tersebut.

Analisa Tegangan Siklik Pegas Daun

Dari hasil pengamatan, faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap material pegas, diantaranya proses perlakuan panas pegas, kekasaran permukaan, ukuran komponen atau dimensi pegas, faktor temperatur kerja, dan faktor lingkungan korosif.

- Faktor perlakuan panas material

Material pegas daun mengalami perlakuan panas celup cepat pada media oli (*oil quench*) dan temper pada temperatur 595 °C. Proses temper bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa akibat proses *quenching*, sehingga diasumsikan tidak terdapat tegangan sisa pada material tersebut. Perlakuan panas tersebut menghasilkan sifat mekanik material diantaranya :

 - Kekerasan : 32 HRC (≈ 302 BHN)
 - Kekutan tarik (Su) : 1050 MPa ≈ 107 Kg/mm²
 - Kekuatan luluh (Sy) : 924 MPa $\approx 94,22$ Kg/mm²
 - Tegangan sisa : 0 Ksi
 - Kekasaran permukaan : 24 μ m (gambar 2.20)
- Batas leleh komponen

Berdasarkan gambar 2.18, dapat diketahui batas leleh komponen pegas daun adalah sebesar 73 – 92 Ksi $\approx 51, 32 - 64,68$ kg/mm²

 - Faktor dimensi pegas

Posisi patahan pegas terjadi pada bagian tengah pegas daun, merupakan bagian yang menerima beban terbesar dengan luas penampang terkecil akibat adanya lubang untuk baut pengikat pegas. Adapun dimensi pegas daun adalah sebagai berikut :

 - Panjang pegas : 1200mm
 - Lebar pegas : 70 mm
 - Tinggi 1 leaf : 10 mm
 - Diameter lubang baut pengikat : 14 mm
 - Luas penampang pegas (A) = 10 x 70 = 700 mm²
 - Luas penampang lubang baut pengikat 10 x 14 = 140 mm²
 - Luas penampang patahan (A_p) = 700-140 = 560 mm²
 - Diameter equivalen patahan adalah :

$$A_p = \frac{\pi}{4} d_{ekuivalen}^2$$

$$d_{ekuivalen} = \sqrt{\frac{560}{0.785}} = 26,7 \text{ mm}$$

- Faktor modifikasi pengaruh ukuran :
Berdasarkan persamaan (10), jika diameter komponen lebih dari 8mm dan kurang dari 250 mm, maka :
 $C_{size} = 1,189 d^{-0,097} = 1,189 (26,7)^{-0,097} = 0,86$
- Faktor modifikasi pengaruh pembebanan
Beban yang bekerja pada pegas adalah beban lentur atau beban bengkok, faktor modifikasi untuk pembebanan ini adalah = 1.
- Faktor modifikasi pengaruh kekasaran permukaan :
Karena kekasaran permukaannya = 24 μ in, maka sesuai dengan Gambar 2.20 dapat diketahui faktor modifikasi kekasaran permukaan sebesar 0,87.
- Batas leleh dengan memperhitungkan faktor modifikasi;
Dari beberapa faktor modifikasi yang telah diambil berdasarkan kondisi komponen pegas yang mengalami kegagalan maka didapat batas leleh pegas tersebut :
 $Se' = Se \cdot C_{size} \cdot C_{Load} \cdot C_{surf\ finish} = 92 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 0,87 = 68,034 \text{ Ksi} \approx 48,02 \text{ Kg/mm}^2$
- Pada kenyataannya berdasarkan perhitungan awal beban yang bekerja pada pegas mencapai $49,25 \text{ Kg/mm}^2$. Gaya yang bekerja pada pegas lebih besar dari batas leleh pegas dengan memperhitungkan beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja pegas.

Skematik Kegagalan Komponen Pegas Daun

Secara skematik mekanisme kegagalan dari 'leaf spring' pada truk ini, dapat dilihat pada gambar 14 berikut.

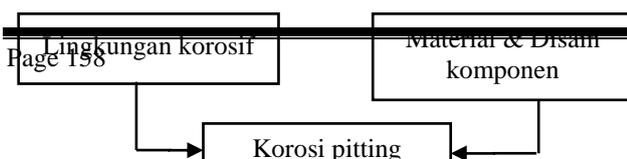
Gambar 14. Mekanisme kegagalan komponen pegas daun

Dari data-data yang telah terkumpul dan hasil pengujian laboratorium, dapat diketahui penyebab utama kegagalan adalah terjadinya korosi setempat/ pitting pada pegas daun. Korosi pitting menghasilkan takikan (*notch*) pada permukaan pegas. Efek takikan mengakibatkan konsentrasi tegangan. Beban yang berulang serta kondisi korosi yang terus berlangsung menyebabkan kelelahan pada logam pegas hingga terjadinya patah.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan analisis kegagalan ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut.

1. Kegagalan komponen 'leaf spring' pada truk pengangkut pasir ini disebabkan oleh korosi fatik yang terinisiasi oleh korosi sumuran (*pitting*).
2. Inisiasi pada *pitting* terjadi karena pada sumuran tersebut terjadi 'stress concentration' sehingga kekuatan tarik bagian komponen tersebut tidak dapat menahan tegangan tarik dari kondisi kerja.
3. Korosi pada komponen ini terjadi karena pengaruh atmosfer lingkungan yang basah dan banyak polutannya.



Faktor inilah yang menjadi penyebab utama kegagalan ini.

4. Fatik pada komponen ini terjadi karena sesuai dengan fungsinya, komponen ini mengalami pembebanan yang berubah-ubah arahnya dan beragam besarnya. Tegangan kerja yang digunakan sebesar $49,25 \text{ kg/mm}^2$ lebih besar dari batas lelah (*endurance limit*) komponen dengan memperhitungkan faktor-faktor yang memengaruhi batas lelah komponen sebesar $48,02 \text{ kg/mm}^2$.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Society of Metals, "Metals Handbook Vol. 9 Fractography and Atlas of Fractographs", Metals Park, Ohio, 8th Edition.
2. Fine, Moris E, " Fatigue Resistance of Metals", Metalurgical Transaction A, American Soceiety of Metals, Metals Park, Ohio, Volume 11A, 1980
3. M Ikhsan, "*Perancangan Suspensi Depan*", FTI UI, Jakarta 2008.
4. MSC. Visual Nastran, "Desktop Tutorial Guide for Stress Analisis" Microsoft Corporation, 2004
5. Wulpi, D.J, "Understanding How Components Fail", ASM, USA, 1985
6. Abrianto Akuan, "Kelelahan Logam" Unjani Bandung, 2007
7. F.C. Cambell, "Elemen of Metallurgy and Engineering Alloys", Chapter 14, ASM International, USA, 2008.

