

ANALISIS EKSPERIMENTAL KEGAGALAN SUSPENSI BELAKANG LIGHT TRUCK DIESEL

Faris Murtadhi, Husaini*, Nurdin Ali

Laboratorium Mekanika Komputasi, Department of Mechanical Engineering,
Universitas Syiah Kuala, Darussalam-Banda Aceh 23111, Indonesia
E-mail: farismurtadhi69@gmail.com; husainiftm@unsyiah.ac.id

Abstract

The rear leaf spring of the light truck diesel vehicle tends to experience failure when passing through a potholed road carrying a load of 11,000 Kg. Therefore, it is necessary to determine the factors responsible for these failures using experimental and numerical studies to prevent the reoccurrence of similar cases. The experimental study includes visual inspection to determine the factors responsible for the breakdown based on the surface condition of the broken spring. This is in addition to using SEM observation to observe the fracture surface condition of fractography and the hardness test to evaluate the hardness value of leaf spring. To visualize the structure, a chemical composition test is employed to analyze the steel standard and microstructure observation. The chemical composition test showed that the leaf spring material complies with the AISI 5160 standard. The visual inspection consists of an initial crack, which is then observed on the SEM. The average hardness of the horizontal and vertical directions is 114.05 HRB and 113.40 HRB, while for the outer surface, it is 114.36 HRB. Based on the observation, the structure of the pearlite phase is less than the ferrite, indicating that the leaf spring has more ductile properties.

Keywords: Fatigue, Failure analysis, Leaf spring, Stress intensity factor

1. Pendahuluan

Pegas merupakan komponen utama pada sebuah sistem suspensi pada mobil, terdapat beberapa macam jenis pegas yang di gunakan pada mobil diantaranya pegas koil, pegas batang torsi, pegas udara, dan pegas daun. Pegas daun merupakan jenis suspensi yang digunakan kendaraan pengangkut *Light Truck diesel*. Pegas jenis ini memiliki kecenderungan untuk menerima beban lateral, beban torsi dan beban kejut [1]. Keuntungan pegas daun ialah harganya yang murah, perawatan yang mudah, dan kapasitas angkut bebannya yang besar sehingga pegas daun digunakan pada kendaraan berat. Umumnya, pegas daun didesain dengan mata yang berfungsi untuk menghubungkan sistem pegas daun dengan rangka kendaraan. Mata pada pegas daun terdiri dari dua jenis yaitu *Berline Eye* dan *Upturned Eye*, truk *colt diesel* menggunakan jenis mata pegas berupa *Upturned Eye* [2]. Studi serupa mengenai kegagalan pegas daun pada *colt diesel* pernah dilakukan oleh Husaini dkk (2019), meliputi pengujian komposisi kimia dan pengamatan SEM. Hasil studi menunjukkan bahwa kegagalan pada pegas daun terjadi akibat kelelahan material yang ditandai dengan adanya pola *beachmark* pada permukaan patah [3]. Studi lain juga dilakukan oleh Eryuek dkk. (2005). Penyebab kegagalan diketahui akibat kurangnya faktor keamanan kelelahan pada pegas daun, sehingga saat truk melewati jalan berlubang dapat menyebabkan patah pada pegas daun secara tiba-tiba [4]. Pada bulan Oktober 2021, pegas daun pada kendaraan *Light Truck diesel* mengalami patah pada pegas daun bagian belakangnya. Patah

tersebut terjadi pada bagian pegas daun no 2. Patah yang terjadi pada pegas daun ini terjadi tepat di tengah pegas yakni dibagian baut hati. Adapun komponen pegas daun pada truk *colt diesel* dapat dilihat pada Gambar 1.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kegagalan pegas daun belakang nomor 2 dari kendaraan *Light Truck diesel*. Dengan diketahui penyebab kegagalan, maka dapat di antisipasi terjadinya kegagalan dengan kasus yang serupa sehingga pengemudi dapat terhindar dari kecelakaan.



Gambar 1. Pegas daun pada truk

2. Metode dan Peralatan

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimental yang meliputi pengamatan inspeksi visual guna mengamati topografi permukaan patah yang dilakukan secara makroskopik dan fraktografi, pengamatan struktur mikro untuk melihat

fasa yang terdapat pada spesimen, pengamatan SEM pada *crack initiation* yang di temukan pada pengamatan visual, Pengujian kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasan, dan pengujian komposisi kimia untuk mengetahui jenis material yang digunakan pada pegas daun.

Komponen yang digunakan pada penelitian ini adalah pegas daun, standar karbon yang terdapat pada pegas daun adalah 0,50 hingga 1,0%. Pengujian komposisi kimia diperlukan Untuk mengetahui jenis material yang terdapat pada pegas daun. Bentuk patahan dari pegas daun nomor 2 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Permukaan patah pada pegas daun

2.1. Pengamatan Visual

Inspeksi visual merupakan pengamatan material yang mengalami kegagalan, guna mengetahui kemungkinan terjadinya patah atau kegagalan pada material berdasarkan kondisi permukaan patahan pegas. Informasi yang didapat melalui inspeksi visual berupa pola maupun tanda khusus seperti mekanisme akibat patah fatik yang terdiri 3 tahap, yaitu terjadinya awal retakan, perambatan retak, lalu patah [5]. Pembebanan tertentu yang dialami oleh pegas daun dapat menyebabkan kegagalan. Adapun jenis dan faktor kegagalan yang dialami pegas daun tersebut dapat ditentukan berdasarkan prediksi awal inspeksi visual [6].

2.2. Pengamatan Struktur Mikro

Proses pengamatan struktur mikro diawali oleh menggrinding spesimen hingga halus menggunakan kertas pasir, kemudian permukaan spesimen digrinding kembali menggunakan HCL dan alkohol, permukaan juga di etsa sebelum diamati menggunakan *mikroskop optic*. Adapun informasi yang didapat berupa mikrostruktur dari material. Pengujian ini dilakukan untuk mengamati karakteristik butir dan fasa yang terdapat pada pegas daun.

2.3. Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan diawali dengan pemotongan sampel yang mendekati permukaan patah pada pegas daun, kemudian sampel digrinding hingga permukaan rata. Pengujian dilakukan pada permukaan luar dan bagian dalam sampel. Pengujian kekerasan berfungsi untuk mengetahui apakah pegas daun memiliki keseragaman kekerasan. *Hardness rockwell test* merupakan metode yang digunakan pada pengujian kekerasan. tipe *Zwick/Roell ZHV 10*.

2.4. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk melihat unsur kimia pada pegas daun sehingga dapat diklasifikasikan dengan standar AISI atau ASM [7]. Pengujian komposisi kimia diawali dengan pemotongan sampel pada pegas daun yang mengalami kegagalan, kemudian sampel di grinding menggunakan kertas pasir hingga permukaannya bersih dan bebas dari korosi. Setelah spesimen dibersihkan, selanjutnya spesimen diletakkan di dalam mesin uji *spectrometer* yang divakum ± 4 jam. Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui unsur kimia yang terkandung pada sampel, sehingga dapat diketahui jenis material yang digunakan pada pegas daun.

2.5. Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengamatan SEM bertujuan untuk mengamati permukaan patah dengan bantuan alat SEM hingga didapat informasi berupa topografi permukaan spesimen. Proses pengamatan SEM diawali oleh pemotongan spesimen pada pegas daun yang diduga adalah *initial crack*, kemudian sampel yang telah dipotong akan dimasukkan ke dalam wadah SEM, sampel tersebut ditembak dengan elektron yang selanjutnya pantulan elektron ditangkap oleh detektor elektron yang berada di SEM. Hasil dari pengamatan SEM ditampilkan melalui monitor komputer.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengamatan Visual

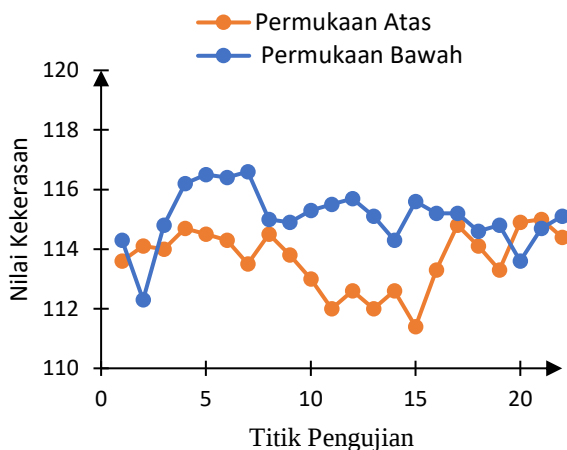
Patahan terjadi pada pegas daun nomor dua pada bagian *center bolt*. Hasil inspeksi visual menunjukkan bahwa ciri patahan merupakan patah ulet yang memiliki karakteristik berupa permukaan patah tampak kasar, berwarna kelabu dan berserabut, permukaan patahan dapat dilihat pada Gambar 3.



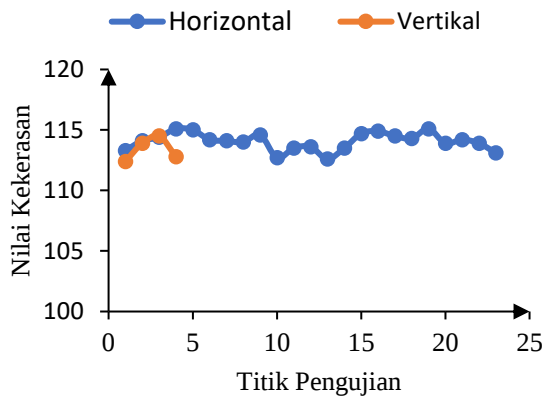
Gambar 3. Struktur makro pegas daun, (a) permukaan patah pegas daun, (b) *Initial crack*

3.2. Nilai kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada sampel permukaan pegas dan bagian dalam pegas untuk melihat apakah sampel memiliki kekerasan yang homogen pada setiap bagiannya. Pada permukaan bagian dalam pegas daun, pengujian dilakukan dengan arah horizontal dan vertikal di permukaan yang telah di grinding halus, pengujian pada permukaan dilakukan pada permukaan bawah dan atas sampel. Grafik kekerasan horizontal dan vertikal dapat dilihat pada Gambar 4, dan grafik kekerasan permukaan atas dan permukaan bawah dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik kekerasan horizontal dan vertikal



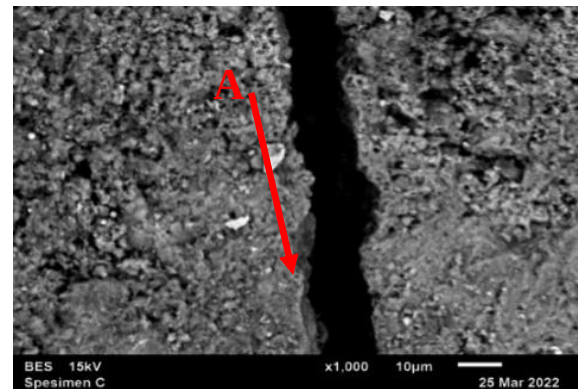
Gambar 5. Grafik kekerasan permukaan atas dan bawah

Nilai rata – rata yang didapat dari hasil uji kekerasan pegas pada arah horizontal adalah 114,05 HR_B, sedangkan pada arah vertikal nilai rata – rata yang didapat adalah 113,04 HR_B. Nilai kekerasan ini mendekati nilai kekerasan standar AISI 5160 yaitu 92 HR_B. Selisih nilai sebesar 22 HRB disebabkan adanya perlakuan panas dan perlakuan permukaan pegas yaitu *shot peening* saat proses produksinya. Nilai kekerasan pegas daun terdistribusi secara merata dan seragam pada semua titik uji. Nilai pengujian kekerasan menunjukkan bahwa material pegas diproduksi sesuai dengan standar

spesifikasi baja pegas. Kemudian pengamatan struktur mikro dilakukan untuk memastikan kesesuaian standar baja pegas daun.

3.3 Pengamatan Permukaan Patah Dengan SEM

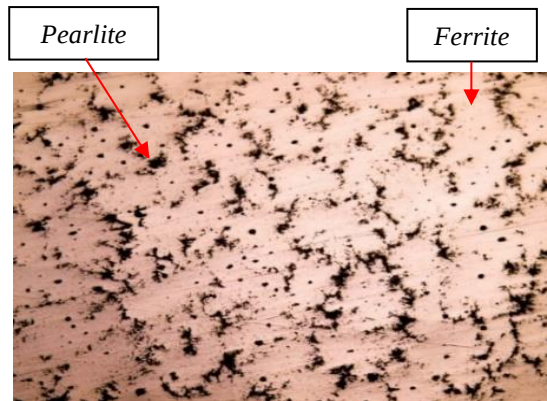
Fraktografi permukaan patah dari hasil pengamatan SEM menggunakan pembesaran x1000. Informasi yang didapat bahwa patah yang terjadi merupakan patah ulet karena memiliki karakteristik berupa patahan tampak kasar dan berserabut dan warnanya yang kelabu. Pada hasil pembesaran menggunakan alat uji Scanning Electron Microscope atau perambatan retak terjadi dari daerah awal retak mengarah ke dalam (SEM), dapat dilihat bahwa *initiation crack* berasal dari tepi spesimen pegas daun, *crack propagation* pegas hingga pegas mengalami kegagalan. Hasil pengamatan SEM dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. SEM dengan pembesaran x1000, Panah A menunjukkan arah perambatan retak

3.4 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan pembesaran 200x menggunakan *microscope optic*. Informasi yang didapat dari pengamatan struktur mikro bahwa terdapat fasa *pearlite* dan *ferrite*. Fasa *pearlite* berwarna gelap dan *ferrite* berwarna terang. *Pearlite* memiliki sifat yang relatif kuat, kekerasan dan keuletan yang baik, tetapi kekuatan tarik dan plastisitasnya rendah sehingga nilai kerapuhannya tinggi [9]. Sedangkan *ferrite* memiliki sifat yang relatif lebih lemah, lunak dan ulet. Pada hasil pengamatan struktur mikro didapat informasi bahwa fasa *pearlite* lebih sedikit dibandingkan fasa *ferrite* yang menandakan bahwa pegas daun memiliki sifat yang lebih ulet. Struktur mikro dari pegas daun dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. struktur mikro pegas daun

3.5 Pengujian komposisi kimia

Pada pengujian komposisi kimia, nilai karbon yang terkandung pada sampel pegas daun adalah 0.608, yang menandakan bahwa baja tersebut merupakan baja karbon sedang. Dari hasil tes, unsur komposisi kimia sesuai dengan standar AISI 5160. Baja karbon sedang memiliki sifat keuletan yang tinggi dan pengerjaan dengan mesin yang mudah, tetapi memiliki sifat tidak tahan aus dan kekerasan yang rendah. Maka diperlukan proses perlakuan panas agar dapat merubah sifat – sifat material sehingga dapat memperlambat laju pendinginan kritis pada saat proses pengerasan (*hardening*) sama dengan meningkatnya kemampuan mengeras dari baja paduan. Tabel 1 menunjukkan hasil uji komposisi kimia material pada pegas daun.

Tabel 1. Komposisi kimia material pegas daun

Unsur	Hasil Tes	AISI 5160
Iron, Fe	96.0	97.085 - 97.84
Manganese, Mn	0.939	0.750 - 1
Chromium, Cr	0.751	0.7 - 0.9
Carbon, C	0.608	0.560 - 0.640
Phosphorous, P	0.0318	≤ 0.0350
Silicon, Si	0.174	0.150 - 0.3
Sulfur, S	0.0318	≤ 0.04

Sifat mekanik diperoleh berdasarkan standar material yang diketahui dari uji komposisi kimia. Sifat mekanik baja AISI 5160 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat mekanik baja AISI 5160

Sifat Mekanik	Nilai
Kekuatan tarik	724 M.Pa
Modulus elastisitas	190-210 G.Pa
Modulus bulk	140 G.Pa
Modulus geser	80 G.Pa
Rasio Poisson	0,27-0,30
Kekerasan, Rockwell B	92 HRB

3.6 Distribusi Beban Pada Pegas

Beban maksimum standar yang dapat diangkat truk sebelum pegas mengalami kegagalan diperoleh menggunakan persamaan (1), dengan mengansumsikan bahwa beban terdistribusi merata pada keempat roda truk.

$$F = \frac{m \times g}{4} \quad (1)$$

Sebelum pegas daun patah, truk mengangkut muatan sebesar ± 11000 Kg dengan jumlah daun pegas adalah 10 buah. Berat *chasis* kendaraan sebesar 2.530 Kg., sedangkan berat total kendaraan beserta muatan (*Gross Vehicle Weight*) adalah 8.250 Kg.

Beban maksimum yang mampu diterima oleh satu pegas adalah 2.061 Kg (20.212 N), sedangkan total beban yang diterima oleh satu pegas daun sebelum patah adalah 2.748 Kg (26.950 N). Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa beban yang terjadi pada truk telah melebihi batas standar maksimumnya yaitu sebesar 8.250 Kg.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan terhadap kegagalan pegas daun, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Beban yang diterima pegas daun sebelum mengalami kegagalan adalah 26.950 N, lebih besar dari batas kemampuan pegas dalam menerima beban yaitu 20.212 N.
2. Ditemukan jenis kegagalan fatik yang diketahui berdasarkan hasil pengamatan visual pada permukaan patah yaitu adanya retakan awal, kemudian terjadi perambatan retak.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Syiah Kuala atas dukungan sebagian dana melalui Hibah Penelitian No. 001/UN11.2.1/PT.01.03/PNBP/2022.

Daftar Pustaka

- [1] C.D. Bhatt, M. Nadarajan, R. Balaji, I. Rohith, and A. Selokar, 2020, *Leaf spring model for heavy load vehicle using solid works and ANSYS analysis*, Materials Today: Proceedings.
- [2] Y.S. Kong, S. Abdullah, M.Z. Omar, and S.M. Haris, 2016, *Failure assessment of a leaf spring eye design under various load cases*, Engineering Failure Analysis; 63:146-159.
- [3] Husaini, R. Riantoni, N. Ali, T.E. Putra, 2019, *Failure Analysis of the Leaf Spring of Truck Colt Diesel Using Finite Element Method*, Materials and Engineering; 547.

- [4] I.B. Eryuek, M. Ereke, dan A. Goksenli, 2005, *Failure analysis of the suspension spring of a light duty truck*, Engineering Failure Analysis; 14:170-178.
- [5] Husaini, N. Ali, A. Bakhtiar, 2016, *Analisa Permukaan Patah Pegas Ulir Suspensi Depan Mobil Sedan*; 111.
- [6] G. Senopati, C. Sutowo, E. Mabururi, 2016, *Fenomena Temper Embrittlement Pada Baja Martensitik Aisi 410 Untuk Aplikasi Steam Gate Valve 20" Class 150 Grade WCB*; 3.
- [7] Husaini, D.M. Dawud, T.E. Putra, N. Ali, 2020, *Failure Analysis of Spur Gears Used in Transmission System Applied on a Hand Tractor*, Key Eng. Mat. 841 144-149.
- [8] S. Matheus, 2011, *Analisis Modulus Elastisitas dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik*. Jurnal Barekeng Vol. 5 No. 2; 9 –14.
- [9] D.B. Wibowo, & D. Purwanto, *Pengujian Impak Besi Cor Kelabu Austemper*. Rotasi, 9 (2), 37-41.