

OPTIMASI PERENCANAAN PENGGANTIAN PEGAS DAUN PADA TRUK HINO FM 260 JD DI PT PP PRESISI TBK PROYEK TOL INDRAPURA–KISARAN

Ardhi Nur Praditya¹, Felixtianus Eko Wismo Winarto¹✉

¹Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

✉felix_eko@ugm.ac.id

Received 04 October 2023, Revised 17 November 2023, Accepted 10 January 2024

ABSTRAK

Pegas daun merupakan komponen penting dari sistem suspensi truk, namun pegas daun dapat mengalami kegagalan prematur akibat kondisi jalan yang ekstrem dan implementasi perawatan yang tidak memadai. Hal ini dapat mengganggu proyek konstruksi dan menyebabkan peningkatan biaya. Sebuah studi dilakukan untuk menyelidiki faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan pegas daun pada unit Hino FM 260 JD dalam proyek pembangunan jalan tol Indrapura–Kisaran, Sumatera Utara. Studi ini menemukan bahwa umur rata-rata komponen pegas daun depan lebih pendek daripada umur pakai yang direkomendasikan oleh produsen. Hal ini disebabkan oleh kondisi jalan yang ekstrem di wilayah tersebut, serta implementasi perawatan yang tidak memadai oleh tim proyek. Mengadopsi rekomendasi penggantian baru akan mengakibatkan penurunan efisiensi komponen dan peningkatan harga. Temuan studi ini menekankan pentingnya pemeliharaan dan penggantian pegas daun yang tepat untuk mencegah gangguan dalam proyek konstruksi. Studi ini juga memberikan pandangan mengenai faktor-faktor yang dapat menyebabkan kegagalan pegas daun prematur, yang dapat digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem suspensi truk. Hasil analisis memberikan rekomendasi perencanaan penggantian salah satu jenis spring dengan rentang 46.011,62 hingga 51.959,58 kilometer.

Kata Kunci: pegas daun, truk, hino

1 PENDAHULUAN

Sistem suspensi merupakan hal yang penting untuk keamanan, kenyamanan, dan pengendalian pada kendaraan komersial. Sistem ini berfungsi untuk menyerap guncangan jalan, menjaga roda tetap kontak dengan permukaan jalan, dan memainkan peranan penting dalam pengereman. Namun, kegagalan suspensi sering terjadi pada truk pengangkut akibat lingkungan kerja yang keras dan kondisi operasional yang kompleks. Hal ini dapat berdampak signifikan pada efisiensi dan keandalan operasional armada, serta menimbulkan risiko terhadap keselamatan properti dan pengemudi. Pegas daun merupakan komponen suspensi tradisional yang telah digunakan dalam waktu yang lama. Pegas daun terdiri dari batang datar

dengan panjang yang bervariasi yang dijepit bersama dan didukung di kedua ujungnya, sehingga berfungsi sebagai balok yang didukung sederhana [1-3].

Sebagian besar kendaraan berat menggunakan pegas daun sebagai sistem suspensi utama mereka karena biaya rendah, perawatan yang mudah, dan kemampuan untuk membawa beban yang tinggi. Sebagai komponen pegas, pegas daun menyerap energi dengan secara bertahap melepaskan gaya atau beban tambahan. Pegas daun merupakan sistem suspensi penting untuk kendaraan berat, di mana kegagalan pegas daun dapat menyebabkan kecelakaan serius [4]. Berat kendaraan dan muatan yang dibawa memberikan gaya tekan awal pada komponen sistem suspensi, dan semakin tidak rata permukaan jalan, semakin besar gaya tekan yang diberikan pada sistem suspensi [5].

Artikel ini berfokus pada studi kasus yang berkaitan dengan kerusakan pegas daun pada truk dump Hino FM 260 JD yang digunakan oleh PT PP Presisi Tbk proyek jalan tol ruas Indrapura–Kisaran, Sumatera Utara. Truk tersebut memiliki fungsi untuk memindahkan galian dari *quarry* menuju lokasi proyek, memindahkan *rigid pavement* dari *batching plant* untuk selanjutnya dilakukan pengecoran, dan mengangkut pasir atau kerikil. Dengan tambahan beban berat sebesar 6 ton dan kapasitas angkut maksimum sebesar 26 ton. Gambar 1 mengilustrasikan truk Hino FM 260 JD yang digunakan oleh PT PP Presisi Tbk proyek jalan tol ruas Indrapura–Kisaran, Sumatera Utara.

Sistem suspensi pada truk ini terdiri dari *rigid axle* menggunakan pegas daun *semi elliptic* sedangkan pada suspensi belakang yaitu *rigid axle* dengan tipe suspensi *trunnion* dan pegas daun *semi elliptic*. Pegas daun ini dirancang untuk dapat bertahan selama 90.000 km penggunaan, namun jarak pakai sebenarnya dari komponen dapat bervariasi. Hal ini terutama berlaku untuk pegas daun bagian depan, yang direncanakan memiliki jarak pakai 90.000 km namun dapat memiliki jarak pakai yang lebih pendek dalam kondisi sebenarnya. Hal ini dapat menyebabkan perubahan dalam perencanaan penggantian komponen, yang mengakibatkan peningkatan biaya perawatan unit. Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan jarak pakai yang lebih pendek pada pegas daun bagian depan, seperti

berat muatan yang diangkut, kondisi permukaan jalan, dan frekuensi perawatan. Jika pegas daun bagian depan mengalami kegagalan prematur, dapat menyebabkan truk menjadi tidak stabil dan dapat menyebabkan kecelakaan. Untuk mencegah kegagalan prematur pada pegas daun belakang, penting untuk menjaga truk dengan baik dan secara teratur memeriksa pegas daun tersebut. Jika pegas daun menunjukkan tanda-tanda kerusakan, sebaiknya segera diganti.



Gambar 1. Hino FM 260 JD.

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa memprediksi *lifetime* komponen atau peralatan dengan akurasi dapat memiliki dampak positif yang signifikan, seperti mengurangi biaya operasional secara keseluruhan, mencegah terjadinya kecelakaan yang berpotensi merugikan, dan mencegah malfungsi yang dapat mengganggu operasional [6]. Metode yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada analisis riwayat pemesanan komponen dan data proyek. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar komponen pegas daun memiliki masa pakai yang lebih pendek dibandingkan dengan rekomendasi yang diberikan oleh pabrikan [7]. Dan juga, kekerasan rata-rata tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kemungkinan kerusakan komponen pegas daun. Sebaliknya, kerusakan pada pegas daun disebabkan oleh kurangnya perawatan yang memadai serta beban dinamis yang menyebabkan kelelahan pada material komponen [8].

Lifetime dari suatu komponen dapat berubah seiring waktu, oleh karena itu penting untuk menganalisis *lifetime* komponen agar rencana perawatan dan penggantian dapat diperbarui. Penelitian sebelumnya telah menggunakan metode pengujian dan simulasi, namun penelitian ini menggunakan riwayat pemesanan komponen selama periode 2 tahun. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan *lifetime* truk Hino FM 260 JD. Penelitian ini juga akan mengidentifikasi penyebab perubahan *lifetime* komponen tersebut.

2 METODOLOGI

Penelitian ini mempunyai objek penelitian yang terdiri dari data pemesanan komponen (*work order*) yang mencakup periode November 2020 hingga Februari 2023 dalam Proyek tol Indrapura–Kisaran milik PT PP Presisi Tbk, serta data

rekomendasi penggantian dari pabrikan dengan bahan penelitian yang digunakan yaitu komponen pegas daun bagian depan untuk unit truk Hino FM 260 JD dengan kapasitas 26 ton.

Analisa data dilakukan dengan mengumpulkan data lapangan untuk komponen pegas daun truk Hino FM 260 JD yang selanjutnya akan diolah dengan menggunakan diagram pareto atau *pareto chart* untuk mengidentifikasi masalah krusial dan menetapkan prioritas dalam melakukan perbaikan. Lalu dilakukan analisis dengan metode *Reliability Centered Spares (RCS)* yang akan digunakan untuk mengestimasi kebutuhan suku cadang berdasarkan tingkat kegagalan beberapa komponen uji, dan hasilnya akan dimasukkan ke dalam perhitungan distribusi normal [9]. Distribusi normal digunakan untuk mengolah data lapangan dengan komposisi data standar deviasi, interval *service metric unit*, *lifetime* pabrik, dan jumlah komponen dari pegas daun.

2.1 Critical component

Critical component adalah bagian yang berisiko mengalami kegagalan, yang dapat berdampak signifikan pada keandalan operasional sistem dan membutuhkan perhatian khusus dalam hal perawatan dan inventaris suku cadang. *Critical component* diidentifikasi dengan menganalisis diagram Pareto, yang menunjukkan frekuensi kegagalan untuk berbagai komponen [10]. Jumlah penggantian komponen pegas daun bagian depan dengan nomor seri yang sama dihitung dari data *work order*. Komponen-komponen kritis akan mendapatkan perhatian khusus dalam penelitian ini.

2.2 Lifetime component analysis

Analisa pada *lifetime* komponen ini akan menggunakan *Reliability Centered Spares (RCS)* sebagai metode penghitungannya. Metode RCS. Beberapa jenis fungsi distribusi kerusakan yang sering digunakan dalam analisis perawatan berdasarkan reliabilitas antara lain adalah distribusi eksponensial, distribusi normal, dan distribusi Weibull [11]. Jenis fungsi dari metode RCS dalam penelitian ini akan menggunakan distribusi Normal dengan berdasar kepada tingkat laju kerusakan (*failure rate*) komponen yang menggunakan persamaan (1) dimana σ adalah standar deviasi atau simpangan baku, μ adalah rata – rata, e adalah konstanta euler, x adalah variabel acak data.

$$P(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-1/2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

Persamaan untuk standar deviasi (S) adalah seperti ditunjukkan pada persamaan (2), dimana N adalah jumlah data, i adalah nomor data, x_i adalah data ke- i , \bar{x} adalah rata-rata sampel.

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Untuk menentukan simpangan baku, perlu mengetahui batas bawah dan batas atas, yang juga dikenal sebagai interval kepercayaan (*confidence interval*). Batas ini dihitung dengan menambahkan deviasi rata-rata ke simpangan baku untuk batas atas, dan mengurangi deviasi rata-rata dari simpangan baku untuk batas bawah. Dalam penelitian ini, distribusi normal digunakan untuk menentukan waktu penggantian yang tepat untuk komponen daun pegas unit Hino FM 260 JD yang kemudian melakukan beberapa langkah perhitungan untuk membandingkan interval rentang dengan data *lifetime* dari pabrikan, untuk menentukan apakah komponen tersebut diganti pada waktu yang tepat.

2.3 Maximum load analysis

Maximum load analysis adalah salah satu metode untuk menentukan penyebab kerusakan pada daun pegas akibat beban berlebih. Penghitungan beban maksimum yang digunakan untuk komponen pegas daun bagian depan akan mengacu pada nilai *bending stress* (σ_s) dari pegas daun tersebut dengan persamaan (3). F adalah beban (N). L adalah panjang efektif (mm). N_p adalah banyaknya lapisan pegas daun. b adalah lebar pegas daun (mm). t adalah tebal pegas daun (mm).

$$\sigma_s = \frac{6FL}{N_p b t^2} \quad (3)$$

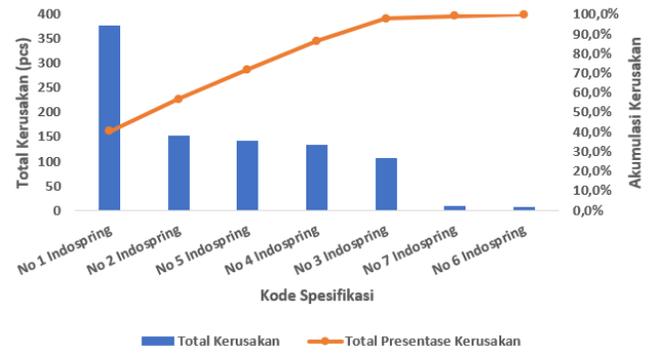
Panjang efektif komponen pegas daun dapat berbeda tergantung pada jenis dukungan dan susunan pegas daun. Pada komponen pegas daun bagian depan truk Hino FM 260 JD, pegas daun terhubung ke poros depan truk menggunakan *U-bolt* dengan menggunakan persamaan (4). L adalah panjang efektif. L_i adalah jarak ujung dengan garis tengah. l_p adalah panjang pegas daun pembantu terpendek.

$$2L = 2L_i - \frac{2}{3}l_p \quad (4)$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data untuk penelitian ini dikumpulkan dari data *work order* unit truk Hino FM 260 JD dalam rentang November 2020 sampai Februari 2023. Secara khusus untuk pegas daun bagian depan, total sebanyak 931 data riwayat penggantian diperoleh, mencakup lapisan 1–9. Setelah mengelompokkan data pegas daun bagian depan, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi *critical component*. Hasil analisis ini dapat disajikan dalam bentuk diagram pareto.

Grafik diagram pareto yang tersaji dalam Gambar 2. menampilkan komponen pegas daun untuk kode spesifikasi No 1 Indospring memiliki tingkat persentase kerusakan terbesar yaitu 40,5% dari seluruh populasi kerusakan komponen selama periode November 2020 sampai Februari 2023. Dalam hal ini, pegas daun pada lapisan pertama dapat dikategorikan sebagai *critical component* yang memerlukan perhatian khusus, terutama dalam hal ketersediaan suku cadang.



Gambar 2. Diagram pareto kerusakan komponen.

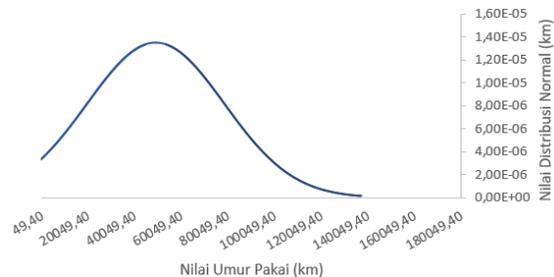
3.1 Hasil metode RCS

Metode *Reliability Centered Spares* (RCS) digunakan untuk menganalisis penggunaan jarak tempuh dari komponen pegas daun depan seperti yang ditunjukkan pada table 1. Perhitungan RCS didasarkan pada tingkat kegagalan masing-masing komponen kritis, dengan menggunakan metode distribusi normal. Berdasarkan data diagram pareto, pegas daun dengan kode spesifikasi No 1 Indospring mengalami kerusakan paling banyak dari rentang November 2020 sampai Februari 2023.

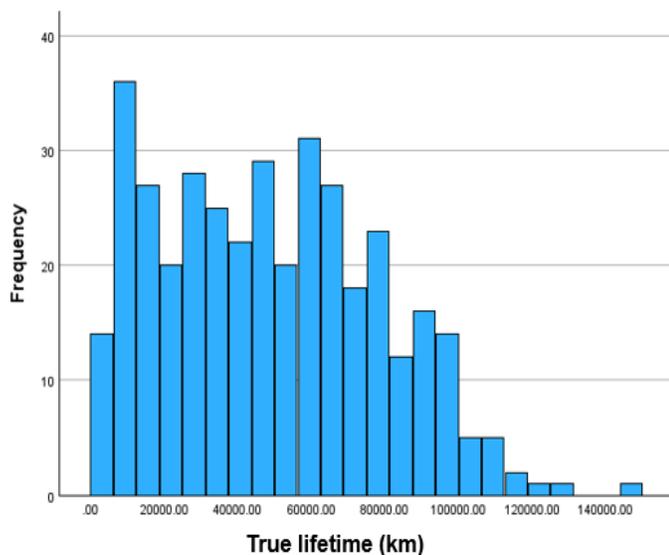
Tabel 1. Distribusi normal pegas daun lapisan ke-1.

Pegas Daun Lapisan ke-1	
Minimal of true lifetime	701 km
Maximum of true lifetime	146.281 km
Mean of true lifetime	48.985 km
Standard deviation of true lifetime	29.466 km
Upper limit of confidence interval	51.959 km
Lower limit of confidence interval	46.011 km

Grafik distribusi normal pada Gambar 3. menunjukkan bahwa daun pegas lapisan ke-1 memiliki rentang data jarak tempuh antara 701 hingga 146.281 kilometer. Nilai penggantian rata-rata adalah 48.985,60 kilometer, seperti yang ditunjukkan oleh puncak kurva di Gambar 4. Batas bawah dan batas atas dari area penggantian yang disebut *confidence interval* digunakan untuk menentukan perencanaan penggantian. Oleh karena itu, dalam perencanaan penggantian komponen daun pegas lapisan ke-1, disarankan untuk melakukan penggantian dalam rentang umur 46.011,62 hingga 51.959,58 kilometer.



Gambar 3. Kurva distribusi normal pegas daun lapisan ke-1.



Gambar 4. Histogram distribusi normal pegas daun lapisan pertama

Tabel 2. Rekomendasi perencanaan penggantian.

No.	Kode Spesifikasi	Confidence Interval (km)		Rekomendasi Lifetime Produsen (km)	Rekomendasi Perencanaan Penggantian (km)
		Low	High		
1	No 1 Indospring	46.011	51.959	90.000	52.000
2	No 2 Indospring	69.096	80.458	90.000	80.500
3	No 3 Indospring	74.018	86.550	90.000	86.500
4	No 4 Indospring	68.929	79.973	90.000	80.000
5	No 5 Indospring	70.077	80.975	90.000	81.000
6	No 6 Indospring	46.129	91.106	90.000	91.100

Untuk menentukan nilai rekomendasi penggantian baru, dilakukan perbandingan antara *confidence interval* untuk setiap lapisan dengan rekomendasi penggantian dari produsen sebesar 90.000 km. Jika *confidence interval* untuk suatu lapisan berada di bawah rekomendasi produsen, nilai rekomendasi penggantian baru untuk lapisan tersebut akan ditetapkan sebagai batas atas dari interval kepercayaan. Hal ini dilakukan untuk menghindari penurunan efisiensi kinerja yang signifikan pada truk dan penganggaran yang berlebihan. Jika interval kepercayaan untuk suatu lapisan berada di atas rekomendasi produsen, nilai rekomendasi penggantian baru untuk lapisan tersebut akan ditetapkan sebagai nilai tengah dari interval kepercayaan. Batas bawah dari interval kepercayaan digunakan sebagai anjuran untuk inspeksi komponen. Tabel 2 menyajikan hasil rekomendasi penggantian baru untuk komponen pegas daun bagian depan dari unit Hino FM 260 JD.

4 KESIMPULAN

Hasil penelitian ini mengungkapkan temuan bahwa sebagian besar komponen daun pegas belakang mengalami masa pakai yang lebih pendek dibandingkan dengan yang disarankan oleh produsen. Temuan ini menyoroti perlunya perhatian yang lebih serius terhadap pemeliharaan yang tepat dan optimal untuk memastikan umur pakai yang lebih lama serta efisiensi yang lebih tinggi dari komponen daun pegas depan dalam konteks penggunaan yang ekstensif. Analisis *confidence interval* menunjukkan rentang penggantian optimal untuk komponen pegas daun lapisan ke-1 adalah 46.011,62-51.959,58 km. Penggantian komponen dalam rentang ini direkomendasikan untuk memastikan performa dan keselamatan kendaraan tetap optimal.

REFERENSI

- [1] B. Liu, Z. Ji, T. Wang, Z. Tang, and G. Li, 2018, "Failure Identification of Dump Truck Suspension Based On An Average Correlation Stochastic Subspace Identification Algorithm," *Appl. Sci.*, **8**(10):1795.
- [2] B. Alemu Tadesse and O. Fatoba, 2022, "Design Optimization and Numerical Analyses of Composite Leaf Spring In A Heavy-Duty Truck Vehicle," *Materials Today: Proceedings*, **62**(6), pp. 2814-2821.
- [3] R. Jeremiah and S. Balu, 2016, "Stress Analysis & Optimization of Leaf Spring By Using Taguchi Method," *National Journal On Advances In Building Sciences and Mechanics*, **6**(1), pp. 1-4.
- [4] Kong, Y. S., Abdullah, S., Omar, M. Z., and Haris, S. M., 2016, "Failure Assessment of a Leaf Spring Eye Design Under Various Load Cases," *Engineering Failure Analysis*, **63**, pp. 146-159.
- [5] Husaini, Nurdin Ali, and Agustian B, 2016, "Analisa Permukaan Patah Pegas Ulir Suspensi Depan Mobil Sedan," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Rekayasa (SNTR) III, Tapak Tuan, Indonesia*, pp. 111-117.
- [6] Li, Y., Liu, K., Foley, A. M., Zulke, A., Bercibar, M., Mierlo, J. V., and Hoster, H., 2019, "Data-Driven Health Estimation and Lifetime Prediction of Lithium-Ion Batteries: A Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **113**, Queen's University Belfast, UK.
- [7] Prihadianto, B., and Yusuf, I, 2022, "Analisis Lifetime Dan Kerusakan Rear Leaf Spring Truk Iveco AD 410 Untuk Meningkatkan Ketepatan Perencanaan Penggantian," *Jurnal Infotekmesin*, **13**(1), pp. 178-183.
- [8] Basori, Asmawi, and Togar Pasaribu, 2019, "Analisis Kegagalan Pegas Daun Kendaraan Bus dengan Kapasitas 7 Ton," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, **6**(1), pp. 13-21.
- [9] Igba, J. et al. (2013) 'A systems a Reliability-Centred Maintenance (RCM) of wind turbines', *Procedia Computer Science*, **16**, pp. 814-823. doi: 10.1016/j.procs.2013.01.085.
- [10] J. M. Tupan, B. J. Camerling, and M. Amin, 2019, "Penentuan Jadwal Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin

MTU 12V2000G65 DI PLTD Tersebar PT PLN (PERSERO) Area Tual,” *ARIKA*, **13**(1), pp. 33-48.

[11] F. T. D. Atmaji and A. A. N. N. U. Putra, 2018 “Spare Part Inventory Policy at ABC Company Using RCS (Reliability Centered Spare) method,” *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*, **2**(1), pp. 90-10