
Analisis *Lifetime* Dan Kerusakan *Rear Leaf Spring* Truk Iveco AD 410 Untuk Meningkatkan Ketepatan Perencanaan Penggantian

Muhammad Imam Yusuf¹, Braam Delfian Prihadianto^{2*}

^{1,2}Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada

^{1,2}Jalan Yacarana, Sekip Unit IV Yogyakarta, Indonesia

E-mail: imamy240@gmail.com¹, braam.delfian@ugm.ac.id²

Info Naskah:

Naskah masuk: 3 Desember 2021

Direvisi: 12 Januari 2022

Diterima: 27 Januari 2022

Abstrak

Komponen pada suatu unit memiliki masa pakai tertentu, sehingga diperlukannya perawatan dan peremajaan untuk menjaga performa tak terkecuali *leaf spring*. Komponen *rear leaf spring* dari unit truk Iveco AD 410 yang terdapat pada Proyek MIFA mengalami penggantian komponen yang tidak sesuai dengan jadwal. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan ketepatan perencanaan penggantian komponen *rear leaf spring* truk Iveco AD 410 pada Proyek MIFA. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dan komparatif kuantitatif serta *reliability centered spares* dengan menggunakan metode pengolahan distribusi normal. Data pengujian yang digunakan adalah data *work order* tahun 2018-2020 dan data rekomendasi penggantian dari pabrikan. Hasil analisa dari penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata *lifetime* komponen *rear leaf spring* memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan dengan *lifetime* rekomendasi pabrikan dengan nilai penurunan efisiensi komponen sebesar 18%. Hal tersebut disebabkan oleh faktor kondisi jalan yang ekstrem dan kurang maksimalnya perawatan pada komponen *leaf spring*.

Keywords:

leaf spring;
lifetime;
truck iveco;
MIFA project

Abstract

Components in a unit have a certain lifetime, therefore maintenance and rejuvenation are needed to maintain performance, including leaf springs. The rear leaf spring component replacement of the Iveco AD 410 truck unit in the MIFA Project was not conducted as scheduled. The purpose of this study is to improve the planning accuracy of the rear leaf spring component replacement for the Iveco AD 410 truck on the MIFA Project. The methods used in this study were qualitative and comparative quantitative method and also reliability centered spares using the normal distribution processing method. The test data used were work order data for 2018-2020 and replacement recommendation data from the manufacturer. The results of the analysis of this study indicate that the average lifetime of the rear leaf spring component is shorter than the recommended lifetime from the manufacturer with 18% decrease in component efficiency. This is caused by extreme road conditions and the lack of maximum maintenance on the leaf spring components.

*Penulis korespondensi:

Braam Delfian Prihadianto

E-mail: braam.delfian@ugm.ac.id

1. Pendahuluan

Sistem suspensi merupakan salah satu komponen pada kendaraan yang menghubungkan antara bodi dengan roda serta mengurangi guncangan dan getaran yang terjadi akibat kontur jalan yang dilalui. Sistem suspensi merupakan salah satu komponen yang sangat penting terkait dengan keselamatan berkendara serta memiliki pengaruh terhadap proses pengereman. Kondisi operasi truk pada medan yang berat akan berpengaruh terhadap efisiensi dan kehandalan armada beserta komponennya [1]. Salah satu komponen dalam sistem suspensi adalah pegas daun atau *leaf spring* yang berbentuk bilah tipis memanjang dari material logam dengan ukuran tertentu serta menerima beban dan gaya dari truk [2]. *Leaf spring* berfungsi memberikan nilai pantulan akibat beban yang diterima sehingga meredam getaran yang akan diteruskan ke bagian kabin. *Leaf spring* akan mengalami kondisi terberat dalam beban tekan serta berulang dimana semakin tinggi tekanan kerja menyebabkan tegangan pada struktur *leaf spring* meningkat sehingga berpotensi mengalami kegagalan akibat melewati batas lelah materialnya [3], [4].

Artikel ini disusun berdasarkan studi kasus terkait patahnya *leaf spring dump truck Iveco AD 410* pada pertambangan batu bara Proyek MIFA. Unit tersebut digunakan untuk pemindahan batu bara dari tempat penumpukan awal ke tempat penumpukan akhir (*stock pile*) dengan berat kotor *vessel* tambahan sebesar 10 ton dan kapasitas angkut sebesar 30 ton. Gambar 1 menunjukkan truk Iveco AD 410 yang berada pada Proyek MIFA.



Gambar 1. Truk Iveco AD 410

Sistem suspensi yang digunakan truk ini adalah suspensi *parabolic leaf spring* pada bagian depan dan *multi level leaf spring* pada bagian belakang. Suspensi ini dirancang untuk bertahan 8000 jam pemakaian, sehingga membutuhkan perawatan dan pemajaaan yang tepat untuk menjaga kesiapan alat. Seiring berjalannya waktu, *lifetime* komponen mengalami perbedaan antara *lifetime* perencanaan dengan *lifetime* aktual yang ada di lapangan, terutama komponen *leaf spring* belakang. *Leaf spring* bagian belakang memiliki perencanaan *lifetime* 8000 jam. Akan tetapi dalam kondisi aktual, komponen ini memiliki *lifetime* yang kurang dari nilai perencanaan. Hal ini menjadikan perencanaan penggantian komponen berubah sehingga biaya perawatan unit meningkat dari rencana.

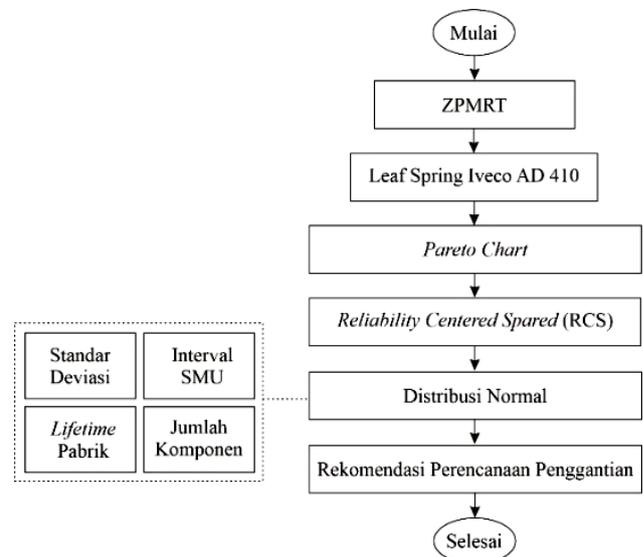
Penelitian terkait *leaf spring* truk dengan model *rigid semi elliptic laminated*, dengan menggunakan empat link dilakukan dengan variasi beban 5.500 kg dan 8.500 kg diperoleh hasil bahwa beban statis yang diterima oleh roda belakang jauh lebih besar dibandingkan beban statis yang diterima oleh roda depan. Selain beban statis, dari penelitian

ini juga didapatkan nilai defleksi yang lebih besar terjadi pada pembebanan 8.500 kg [5]. Penelitian lain terkait simulasi pembebanan pada *leaf spring* dilakukan dengan menggunakan metode *finite element analysis*. Pada penelitian ini berat kendaraan dan berat muatan sebesar 8.250 kg dengan enam lapis *leaf spring* dan material 65Si7 diperoleh hasil bahwa tegangan maksimum terjadi pada *leaf spring* lapisan kedua sebesar 452 MPa [3].

Seiring berjalannya waktu, *lifetime* suatu komponen mengalami perbedaan data antara kondisi aktual dengan data perencanaan sehingga dibutuhkan strategi untuk menganalisis *lifetime* komponen sehingga rencana perawatan dan penggantian dapat sesuai dengan kondisi aktual. Pada penelitian sebelumnya dilakukan dengan metode pengujian dan simulasi, sedangkan pada penelitian ini analisis dilakukan berdasarkan riwayat pemesanan komponen (*work order*) selama 3 tahun. Berdasarkan latar belakang dan penelitian yang telah dilakukan, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *lifetime* aktual dan rekomendasi penggantian baru dari komponen *leaf spring* belakang yang terdiri dari 13 lapisan dari seluruh unit truk Iveco AD 410 pada Proyek MIFA dan mengetahui penyebab perubahan *lifetime* dari komponen.

2. Metode

Objek penelitian ini berupa data riwayat pemesanan komponen (*work order*) tahun 2018 hingga 2020 yang dikenal sebagai ZPMRT dalam Proyek MIFA dan data rekomendasi penggantian pabrikan untuk komponen *leaf spring* bagian belakang pada unit truk Iveco kapasitas 30 ton. Tahapan analisa data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Analisis Penelitian

2.1 Penentuan Komponen Kritis

Komponen kritis merupakan komponen yang mengalami jumlah penggantian terbanyak dalam jangkauan waktu tertentu sehingga memerlukan perhatian khusus dalam perawatan dan persediaan suku cadang. Penentuan *critical part* dilakukan dengan menganalisis diagram *pareto chart* [6]. Hal ini dilakukan dengan menghitung jumlah penggantian komponen yang memiliki *serial number* yang

sama dari data ZPMRT komponen *leaf spring* belakang. Komponen yang digolongkan sebagai komponen kritis akan dijadikan perhatian khusus pada penelitian ini.

2.2 Penentuan Nilai Lifetime Komponen

Pada penelitian ini, metode yang digunakan sebagai penghitungan nilai *lifetime* adalah metode *Reliability Centered Spared* (RCS). Perhitungan RCS dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti distribusi normal, weibull dan eksponensial [7]. Penghitungan RCS pada penelitian ini berdasarkan tingkat laju kerusakan (*failure rate*) dari tiap komponen kritis dengan menggunakan metode distribusi normal, rumus distribusi normal yang digunakan adalah sebagai berikut [8]:

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

Keterangan:

- σ = Standar deviasi (simpangan baku)
- μ = Mean (rata-rata)
- e = Konstanta bilangan *euler* (2,178..)
- π = Konstanta *pi* (22/7 atau 3,142857...)
- x = Nilai variabel acak X

Sedangkan rumus standar deviasi yang digunakan adalah sebagai berikut [9]:

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

Keterangan:

- S = Standar deviasi
- N = Jumlah data
- i = Nomor data (i=1,2,3...N)
- x_i = Data ke-i (i=1,2,3...N)
- x = Rata-rata sampel

Untuk menentukan letak dari standar deviasi, dibutuhkan batasan yang dikenal sebagai batas bawah dan batas atas (*confident interval*) yang merupakan nilai rata-rata deviasi ditambah standar deviasi untuk batas atas dan nilai rata-rata dikurangi standar deviasi untuk batas bawah.

Pada penelitian ini, distribusi normal digunakan untuk menentukan waktu penggantian yang tepat pada komponen *leaf spring* dari unit Iveco AD 410. Selanjutnya, dilakukan beberapa tahapan perhitungan mengenai *interval range* yang disinkronkan dengan data *lifetime leaf spring* dari pabrikan sehingga dapat diketahui apakah waktu penggantian komponen dilakukan pada waktu yang tepat.

2.3 Penentuan Beban Maksimum

Komponen *leaf spring* belakang pada unit truk Iveco AD 410 termasuk dalam kategori suspensi *multi leaf spring*. Untuk menghitung kekuatan *leaf spring*, parameter yang digunakan adalah nilai *bending stress* komponen. Rumus yang digunakan untuk menghitung *bending stress multi leaf spring* dapat ditampilkan sebagai berikut [10]:

$$\sigma = \frac{6 Fl}{Nbt^2} \tag{3}$$

Keterangan:

- σ = *Bending Stress* (N/mm²)
- F = Beban (N)
- l = Panjang Efektif (mm)
- N = Banyak Lapisan *Leaf*
- b = Lebar *Leaf* (mm)
- t = Tebal *Leaf* (mm)

Nilai panjang efektif dari komponen *leaf spring* berbeda antara satu dengan yang lain tergantung dari jenis tumpuan dan susunan *leaf spring*. Untuk komponen *leaf spring* belakang dari truk AD 410, *leaf spring* diikat ke *bogie* truk menggunakan *U-bolt*. Rumus panjang efektif dari *leaf spring* adalah sebagai berikut [5]:

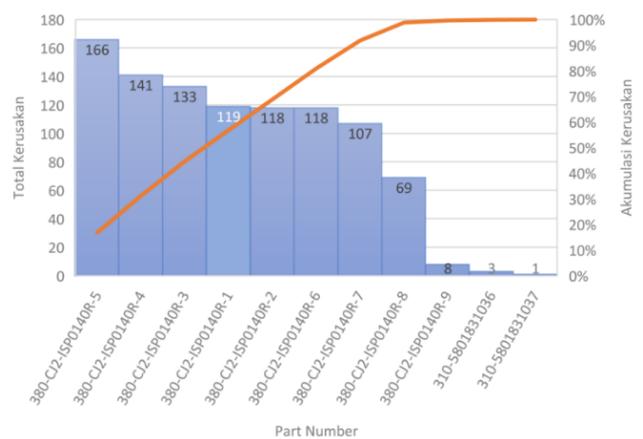
$$2L = 2L_i - \frac{2}{3}l \tag{4}$$

Keterangan :

- L = Panjang efektif
- L_i = Jarak ujung *main leaf* dengan garis tengah
- l = Panjang *support leaf* terpendek

3. Hasil dan Pembahasan

Data pada penelitian ini diperoleh dari data riwayat pemesanan komponen (*work order*) dari unit truk AD 410 selama tiga tahun terakhir (2018-2020). Dari data ini didapatkan khusus *leaf spring* belakang sejumlah 984 data riwayat penggantian. Data tersebut mencakup lapisan satu hingga ke 11. Setelah mengelompokkan khusus *leaf spring* bagian belakang, dilanjutkan langkah berikutnya yaitu menentukan *critical part*. Hasil penentuan *critical part* dapat ditunjukkan dalam *pareto chart* pada Gambar 3.



Gambar 3. Pareto chart Kerusakan Komponen

Pada grafik *pareto chart* pada Gambar 3 menunjukkan bahwa komponen *leaf spring* dengan *serial number* 380-CJ2-ISP0140R-5 mengalami persentase tingkat kerusakan sebesar 17% dari seluruh riwayat kerusakan *leaf spring* pada

tahun 2018-2020. Hal ini menunjukkan *leaf spring* lapis ke lima dikategorikan sebagai *critical part* sehingga membutuhkan perhatian khusus terutama ketersediaan suku cadang.

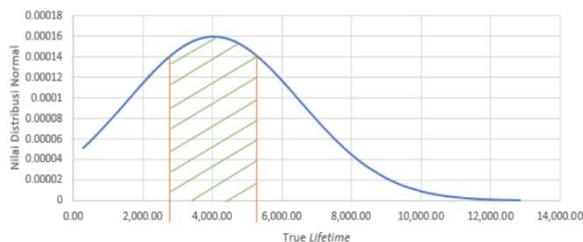
3.1 Pembahasan Metode RCS

Pada penelitian ini memakai metode RCS (*Reliability Centered Spares*) sebagai alat pengolahan data untuk menganalisis *lifetime* komponen *rear leaf spring*. Penghitungan RCS ini berdasarkan tingkat laju kerusakan (*failure rate*) dari tiap komponen kritis dengan menggunakan metode distribusi normal.

Dari data *pareto chart* menunjukkan bahwa *leaf spring* dengan *serial number* 380-CJ2-ISP0140R-5 (*leaf spring* lapisan ke-5) mengalami tingkat kerusakan tertinggi selama tahun 2018-2020. Oleh karena itu, pada penghitungan distribusi normal menggunakan standar deviasi *leaf spring* dengan *serial number* 380-CJ2-ISP0140R-5 yang menggunakan persamaan (1) dan persamaan rumus (2) yang ditunjukkan pada Tabel 1. dan Gambar 4.

Tabel 1. Distribusi Normal *Leaf Spring* Lapisan Ke-5

Value	Hour
Min. of True Lifetime	273.00
Max. of True Lifetime	12,843.30
Mean of True Lifetime	4,027.56
StadDevp of True Lifetime	2,488.30
Confident interval low	2,783.41
Confident interval high	5,271.71



Gambar 4. Kurva distribusi normal *leaf spring* ke 5

Pada kurva distribusi normal pada Gambar 3. menunjukkan bahwa *leaf spring* lapisan ke lima memiliki persebaran data *lifetime* berkisar antara 273 – 12.843,3 jam dan memiliki titik puncak *lifetime* pada 4,027.56 jam. Pada penelitian ini, batas bawah dan batas atas menggunakan setengah dari nilai standar deviasi, sehingga area rekomendasi penggantian mendekati titik puncak penggantian. Selanjutnya area yang memiliki kerusakan tinggi yang ditampilkan pada nilai *confident interval* yang dimiliki lapisan ke 5 adalah 2,783.41 jam hingga 5,271.71 jam.

Untuk menentukan nilai rekomendasi penggantian baru digunakan perbandingan antara nilai *confident interval* antar lapisan dengan nilai rekomendasi penggantian dari pabrikan dan keterangan dari manajemen perusahaan bahwa nilai rekomendasi adalah 8.000 jam. Apabila nilai *confident area* berada di bawah nilai rekomendasi pabrikan, maka nilai

rekomendasi penggantian baru menggunakan nilai batas atas *confident interval*. Hal ini dikarenakan untuk menghindari terjadinya penurunan efisiensi performa truk yang signifikan dan *over budgeting*. Kemudian apabila nilai *confident area* berada di atas nilai rekomendasi pabrikan, maka nilai rekomendasi penggantian baru menggunakan nilai tengah *confident area*. Bagian batas bawah *confident interval* digunakan sebagai saran pengecekan pada komponen. Pada Tabel 2. merupakan hasil rekomendasi penggantian baru untuk komponen *leaf spring* belakang dari truk Iveco AD 410.

Tabel 2. Rekomendasi *Lifetime*

Leaf Spring	Part Number	Lifetime Pabrik	Mean First Lifetime	Mean Second Lifetime	Lifetime Rekom
ke -1	380-CJ2-ISP0140R-1	8.000	4.589,83	4.303,58	5.500
ke -2	380-CJ2-ISP0140R-2	8.000	4.752,38	4.295,19	6.000
ke -3	380-CJ2-ISP0140R-3	8.000	4.814,25	3.694,84	5.500
ke -4	380-CJ2-ISP0140R-4	8.000	4.948,42	3.761,20	5.500
ke -5	380-CJ2-ISP0140R-5	8.000	4.851,73	3.130,37	5.000
ke -6	380-CJ2-ISP0140R-6	8.000	5.061,84	4.344,32	6.000
ke -7	380-CJ2-ISP0140R-7	8.000	6.617,79	3.691,96	7.000
ke -8	380-CJ2-ISP0140R-8	8.000	7.284,95	3.022,95	8.000
ke -9	380-CJ2-ISP0140R-9	8.000	10.537,21	-	10.000

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai *lifetime* yang direkomendasikan berada pada nilai 5.000-10.000 jam dengan sebagian besar nilai *lifetime* rekomendasi berada dibawah nilai *lifetime* pabrikan dan penurunan efisiensi yang terjadi sebesar 18%.

3.2 Pembahasan Penyebab Kerusakan

Kerusakan komponen dapat dilihat dari periode kerusakan komponen. Periode kerusakan komponen dibagi menjadi tiga yaitu *early life failures*, *midlife failures* dan *late life failures*. Kerusakan pada periode *early life* disebabkan oleh cacat pabrik, *overload* dan jalanan yang ekstrem. Kerusakan pada *midlife* disebabkan oleh perawatan yang tidak maksimal. Kemudian kerusakan periode *late life* dapat disebabkan oleh *overtime* dan timbulnya *fatigue* pada komponen. Pada Tabel 2. menunjukkan rata-rata umur pakai dari *rear leaf spring* truk Iveco AD 410 pada proyek MIFA. Berdasarkan Tabel 2, rata-rata umur *first life* dan *second life* unit AD 410 tidak dapat mencapai target umur pabrikan dengan hanya mencapai umur *midlife*. Hal ini mengindikasikan kerusakan *leaf spring* diakibatkan oleh adanya perawatan yang tidak tepat. Selanjutnya dilihat dari nilai rata-rata yang sekitar periode *midlife* menunjukkan adanya kerusakan unit juga disebabkan oleh penggunaan unit yang tidak sesuai dengan rekomendasi pabrikan, seperti pembebanan yang *overload* dan kondisi jalan yang ekstrem. Pembebanan yang berubah-ubah baik karena *overload* atau kondisi jalan ekstrem akan memberikan tekanan pada *leaf spring* sehingga menyebabkan terjadinya retakan dan

penyebaran retakan secara seragam ke segala arah menyebabkan terjadinya patahan [11].

Kemudian ditinjau dari akumulasi kerusakan setiap komponen *leaf spring* yang ditampilkan pada diagram *pareto chart* di Gambar 3, menunjukkan kerusakan terbanyak berada pada *leaf spring* lapisan ke lima diikuti lapisan ke empat dan ke tiga. Hal ini mengindikasikan adanya gaya tekan yang tidak normal yang dapat berasal dari gaya tekan dari atas atau gaya tekan dari bawah. Gaya tekan dari atas berasal dari muatan truk. Sedangkan untuk gaya tekan dari bawah berasal dari gaya normal antara roda dengan tanah ditambah dengan gaya tambahan ketika unit menghantam sesuatu atau melintasi jalan yang ekstrem sehingga menghasilkan beban kejut yang tinggi. Dengan jam operasional truk yang tinggi menyebabkan *leaf spring* menerima beban dinamis yang cukup besar dan menyebabkan kerusakan akibat faktor lelah *leaf spring* selama bekerja [12].

Untuk mengetahui adanya indikasi gaya tekan yang tidak normal dari beban kendaraan (*overload*), dilakukan penghitungan kekuatan maksimum dari komponen *leaf spring* melalui penghitungan nilai *bending stress*. *Leaf spring* belakang pada truk Iveco AD 410 harus menopang 54% berat truk untuk suspensi belakang kanan dan kiri [13]. Berdasarkan spesifikasi pada katalog, truk AD 410 memiliki berat kotor sebesar 10 ton, sedangkan berat muatan yang diizinkan adalah 30 ton. Oleh karena itu, berat total truk adalah 40 ton, maka berat yang harus ditopang setiap susunan *leaf spring* belakang adalah 10,8 ton (dibulatkan menjadi 11 ton). Selanjutnya, dilakukan penghitungan *bending stress* dengan persamaan (3) dan panjang efektif dengan persamaan (4) untuk *leaf spring* belakang truk Iveco AD 410. Sehingga dari hasil perhitungan diperoleh nilai *bending stress* sebesar 720 MPa dan panjang efektif adalah 673 mm.

Material yang digunakan pada *leaf spring heavy duty truck* adalah SUP 9 [14] dan memiliki nilai *yeild strength* sebesar 1079 Mpa [15], maka gaya tekan dari berat kendaraan yang direpresentasikan oleh nilai *bending stress* sebesar 720 MPa memiliki nilai lebih kecil dibandingkan nilai batas maksimum elastis (*yeild strenght*) dari material *leaf spring*. Hal ini menunjukkan kapasitas 30 ton dari muatan truk Iveco AD 410 masih memenuhi beban maksimum dari nilai beban aman *leaf spring*, sehingga faktor kerusakan *overload* tidak terjadi pada unit truk Iveco AD 410.

Kemudian ditinjau dari *sample* kondisi jalan yang ditunjukkan pada Gambar 5. menunjukkan kondisi jalanan proyek yang bergelombang akan mempengaruhi pembebanan pada unit. Kondisi jalan yang bergelombang akan menyebabkan beban kejut pada komponen *leaf spring*. Beban kejut dapat direpresentasikan melalui hukum newton III yaitu aksi reaksi. Semakin cepat unit melaju dan menabrak sesuatu sehingga mengalami perlambatan, maka beban kejut yang dihasilkan akan memberikan gaya dorong balik pada unit yang akan diredam oleh suspensi. Hal ini menyebabkan gaya beban suspensi bertambah sehingga dapat melebihi batas elastis komponen. Selain itu, beban kejut ini dapat menyebabkan komponen mengalami *fatigue* sehingga dapat memperpendek umur komponen. Korosi

fatigue efek dari *stress concretation* sehingga membuat komponen tidak dapat menahan tegangan tarik dari kondisi kerja [16]. Faktor lain yang menyebabkan terjadinya patahan pada komponen sistem suspensi adalah tidak adanya pelumasan, kondisi jalan, dan muatan unit [17].



Gambar 5. Terdapat Selisih Ketinggian Permukaan Jalan

Menurut *Condition Monitoring Analyst* proyek MIFA, Masdar, menuturkan bahwa perawatan *leaf spring* pada unit Iveco AD 410 yang di proyek MIFA adalah penggantian komponen ketika komponen terjadi kerusakan (komunikasi personal, 21 Agustus 2021). Hal ini menunjukkan perawatan pada komponen *leaf spring* tidak dilakukan dengan teratur. Salah satu perawatan untuk komponen *leaf spring* adalah pengecekan dan pemberian *grease* pada tumpuan yang bergerak, seperti pada *bearing boogie* untuk *leaf spring* belakang [18]. Oleh karena itu, ketika tidak dilakukan perawatan yang tepat, tumpuan akan mudah terjadi *jamed* sehingga gaya tekan yang diakibatkan oleh benturan pada kondisi jalanan yang ekstrem akan langsung diserap oleh komponen *leaf spring* yang menyebabkan komponen sering terjadi kerusakan.

4. Kesimpulan

Hasil analisa dari penelitian ini menunjukkan sebagian besar *lifetime* komponen *rear leaf spring* dari data proyek memiliki umur lebih pendek dibandingkan dengan rekomendasi pabrikan. Nilai penurunan efisiensi *lifetime* komponen *rear leaf spring* sebesar 18%. Hal ini disebabkan oleh faktor kondisi jalan yang ekstrem dan perawatan komponen yang tidak sesuai rekomendasi pabrikan sehingga membuat beban komponen bertambah dan pengurangan kemampuan serta umur dari komponen.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih penulis ucapkan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian hingga selesainya naskah ini.

Daftar Pustaka

- [1] B. Liu, Z. Ji, T. Wang, Z. Tang, and G. Li, "Failure identification of dump truck suspension based on an average correlation stochastic subspace identification algorithm," *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 10, 2018, doi: 10.3390/app8101795.
- [2] Basori, Asmawi, and T. Pasaribu, "Analisis Kegagalan Pegas Daun Kendaraan Bus Dengan Kapasitas 7 Ton," *Progr. Stud. Tek. Mesin Univ. Nas.*, vol. 1, no. April,

- pp. 13–21, 2019.
- [3] F. Wahyu, S. Atmawan, E. Muthoriq, and H. M.K., “Analisis Kekuatan Suspensi Pegas Daun Truk Dengan Metode Finite Element,” *Politeknologi Vol. 14 No. 3 Sept. 2015*, vol. 14, no. 3, pp. 1–8, 2015.
- [4] A. Supriyanto and Muhammad Vendy hermawan, “Simulasi Numerik Penambahan Slot Per Daun Terhadap Kekuatan Statik Kendaraan Niaga,” *J. Surya Tek.*, vol. 7, no. 2, pp. 141–146, 2020, doi: 10.37859/jst.v7i2.2289.
- [5] J. Sialana and M. Bunai, “Analisa Sistem Suspensi Dan Kekuatan Pegas Daun (Leaf Spring) Pada Mobil Mitsubishi Fuso 125 Ps,” *J. Tek. MESIN*, vol. 7, no. 1, pp. 19–31, 2018.
- [6] J. M. Tupan, B. J. Camerling, and M. Amin, “Penentuan Jadwal Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin MTU 12V2000G65 DI PLTD Tersebar PT PLN (PERSERO) Area Tual (Studi Kasus: PLTD Wonreli),” *Arika*, vol. 13, no. 1, pp. 33–48, 2019, doi: 10.30598/arika.2019.13.1.33.
- [7] F. T. D. Atmaji and A. A. N. N. U. Putra, “Spare Part Inventory Policy at ABC Company Using RCS (Reliability Centered Spare) method,” *J. Manaj. Ind. Dan Logistik*, vol. 2, no. 1, pp. 90–102, 2018.
- [8] A. P. Laksitaningtyas, D. Legono, D. Teknik, F. Teknik, and U. Gadjah, “Metode Uji Ketelitian Unjuk Kerja Alat Ukur Dengan Penerapan Persamaan Distribusi Normal (Contoh Kasus Laser Doppler Anemometer),” *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 24, no. 1, pp. 80–89, 2020.
- [9] M. Hasyim and F. K. Andreina, “Analisis High Order Thinking Skill (Hots) Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Open Ended Matematika,” *FIBONACCI J. Pendidik. Mat. dan Mat.*, vol. 5, no. 1, p. 55, 2019, doi: 10.24853/fbc.5.1.55-64.
- [10] D. B. Marghitu, *Mechanical Engineer’s Handbook*. America: Aca Academic Press, 2001.
- [11] A. Kusmiran and M. Said L, “Analisis Pengaruh Gaya Terhadap Fatigue Life Baja Struktural Pada Pegas Daun Menggunakan Analisis Elemen Hingga,” *JFT J. Fis. dan Ter.*, vol. 6, no. 2, p. 103, 2019, doi: 10.24252/jft.v6i2.11547.
- [12] S. A. Sutarjo, I. Qiram, and G. Rubiono, “Pengaruh Jarak Lendutan Pada Pegas Daun (Leaf Spring) Akibat Pembebanan,” *V-Mac*, vol. 4, no. 2, pp. 13–16, 2019.
- [13] Dinas Pekerjaan Umum, *Pelatihan Road Design Engineer*. Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum, 2005.
- [14] M. Ibrahim and Purwanto., “Pengaruh Pemanasan Sebelum Pengelasan Terhadap Pengujian Face Dan Root Bending Hasil Las Smaw Baja Sup 9,” *J. Multidisciplinary Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 230–237, 2019.
- [15] M. Hudha, “Analisa Rekondisi Baja Pegas Daun Bekas SUP 9A Dengan Metode Quench-Temper Pada Temperatur Tempering 480°C Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik,” Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.
- [16] Sepfitrah and Y. Rizal, “Analisis Peristiwa Kegagalan Pada (Leaf Spring) Truk Colt Diesel Pengangkut Pasir,” *J. APTEK*, vol. 5, pp. 151–160, 2013.
- [17] W. Anhar, “Investigasi Patahan Spring Bolt pada Front Leaf Spring,” *JIT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 5, no. 1, p. 14, 2017, doi: 10.32487/jtt.v5i1.205.
- [18] R. N. Austen, “Maintenance engineering of chassis leaf springs,” *SAE Tech. Pap.*, vol. 53, no. 1945, pp. 603–606, 1945, doi: 10.4271/450223.