



ANALISIS PROSEDUR PEMELIHARAAN PREVENTIF PADA SISTEM SUSPENSI LEAF SPRING UNIT DUMP TRUCK FAW 350HP GUNA MENINGKATKAN UNIT AVAILABILITY

Vierry Victory¹, Asep Apriana², dan Muhammad Hidayat Tullah²

¹Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: vierry.victory.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Sistem suspensi leaf spring pada unit Dump Truck FAW 350HP di PT Lancarjaya Nusantara Enjiniring sering mengalami patah dini (premature failure) sebelum mencapai umur pakai standar (8.000-10.000 jam kerja). Masalah ini mengakibatkan tingginya unscheduled downtime dan menekan tingkat ketersediaan fisik unit (Physical Availability) hingga rata-rata 78%, berada di bawah target perusahaan sebesar 85%-90%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akar penyebab kegagalan suspensi, merumuskan prosedur pemeliharaan presisi berbasis kontrol torsi, dan mengukur peningkatannya terhadap ketersediaan unit. Metode penelitian menggunakan Root Cause Analysis (RCA) pada populasi 10 unit dump truck. Hasil audit menunjukkan dua faktor utama penyebab kegagalan: overload muatan (GVW 37,2-39,1 Ton) dan kondisi under-torque baut U-bolt (400-520 Nm). Penerapan prosedur pemeliharaan presisi dengan standar torsi U-bolt 650-750 Nm, pola pengencangan silang (cross-pattern), serta re-torque berkala pada 50-100 jam pertama terbukti menghilangkan fretting corrosion dan menaikkan Physical Availability (PA) unit sebesar 10%, dari 78% menjadi 88%. Di samping itu, nilai Mean Time Between Failures (MTBF) meningkat signifikan dari 93,6 jam menjadi 316,8 jam.

Kata Kunci: Leaf Spring, Pemeliharaan Preventif, Torsi U-Bolt, Physical Availability, MTBF.

ABSTRACT

The leaf spring suspension system on the FAW 350HP Dump Truck units at PT Lancarjaya Nusantara Enjiniring frequently experiences premature failure before reaching its standard service lifetime (8,000-10,000 operating hours). This problem leads to high unscheduled downtime and depresses the Physical Availability (PA) of the units to an average of 78%, falling below the company's target of 85%-90%. This study aims to analyze the root causes of suspension failure, formulate a precision maintenance procedure based on torque control, and evaluate its impact on unit availability. The research method utilized Root Cause Analysis (RCA) across a population of 10 dump truck units. Field audit results revealed two primary contributing factors: payload overload (GVW 37.2-39.1 Tons) and under-torqued U-bolts (400-520 Nm). The implementation of a precision maintenance procedure featuring a standardized U-bolt torque of 650-750 Nm, a cross-pattern tightening method, and a periodic re-torque within the first 50-100 operating hours effectively eliminated fretting corrosion and increased the unit Physical

Article History

Received: Agustus 2026
Reviewed: Agustus 2026
Published: Agustus 2026

Plagiarism Checker No
237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Availability (PA) by 10%, rising from 78% to 88%. Additionally, the Mean Time Between Failures (MTBF) improved significantly from 93.6 hours to 316.8 hours.

Keywords: Leaf Spring, Preventive Maintenance, U-Bolt Torque, Physical Availability, MTBF

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan sektor industri pertambangan dan konstruksi di Indonesia menuntut efisiensi operasional armada alat berat yang tinggi. Kinerja operasional angkutan tanah dan material berat sangat bergantung pada keandalan unit *dump truck*. PT Lancarjaya Nusantara Enjiniring merupakan salah satu perusahaan jasa penyedia armada alat berat yang mengoperasikan populasi 10 unit **Dump Truck FAW 350HP** (Unit ID: DT-01 hingga DT-10) untuk aktivitas operasional lapangan.

Dalam operasional harian, sistem suspensi *leaf spring* bagian belakang (*rear leaf spring assembly*) memegang peranan krusial dalam menyerap kejutan dinamis (*dynamic impact load*) akibat kontur jalan ekstrem serta menopang beban berat muatan. Namun, berdasarkan data historis pemeliharaan di *workshop* perusahaan, komponen pegas daun tersebut mengalami kegagalan patah dini (*premature failure*). Kejadian patah pegas ini terjadi secara berulang sebelum unit mencapai batas jam kerja teknis standar yang direkomendasikan pabrikan, yaitu 8.000 hingga 10.000 *Hour Meter* (HM).

Dampak utama dari kegagalan berulang ini adalah melambungnya jam perbaikan tak terencana (*unscheduled breakdown hours*). Hal ini secara langsung menekan indikator performa pemeliharaan, khususnya *Physical Availability* (PA) populasi unit, hingga rata-rata hanya mencapai **78%**. Angka ketersediaan fisik ini berada jauh di bawah ambang batas efisiensi yang ditargetkan oleh manajemen perusahaan, yaitu sebesar **85% hingga 90%**.

Kegagalan komponen suspensi tidak hanya berdampak pada tingginya biaya penggantian *spare part*, tetapi juga menimbulkan kerugian finansial akibat *lost production time*. Oleh karena itu, diperlukan sebuah studi komprehensif untuk mengidentifikasi akar penyebab fisik kegagalan suspensi dan merumuskan perbaikan pada manajemen pemeliharaan preventif (*Preventive Maintenance*). Penelitian ini difokuskan pada pengujian hipotesis bahwa penyimpangan gaya jepit (*clamping force*) U-bolt yang dipicu oleh pengencangan tanpa alat ukur presisi dan fenomena *settling effect*, berinteraksi dengan beban muatan berlebih (*overload*), merupakan akar pemicu utama timbulnya *fretting corrosion* dan patah lelah (*fatigue failure*) pada *leaf spring*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Objek Penelitian

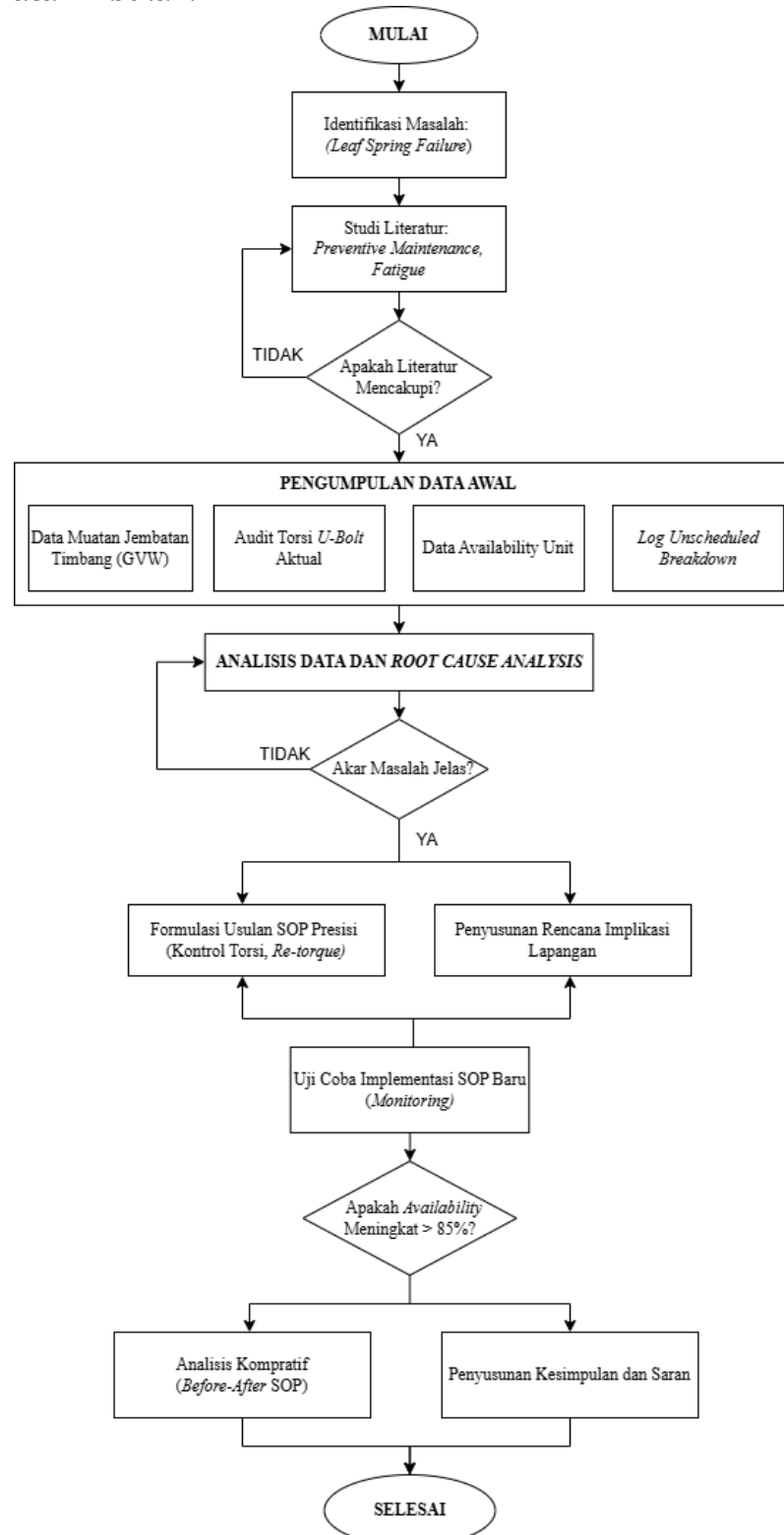
Penelitian ini dilaksanakan di *Workshop* dan Area Operasional PT Lancarjaya Nusantara Enjiniring. Objek penelitian difokuskan pada populasi 10 unit **Dump Truck FAW 350HP** dengan konfigurasi penggerak 6 × 4 yang beroperasi mengangkut material proyek.

2.2 Tahapan Penelitian dan Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif dengan alur sistematis sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran torsi eksisting pada baut pengikat *leaf spring* (U-bolt M24) pada ke-10 unit sampel menggunakan kunci torsi (*torque wrench*) terkalibrasi merk *Sata* kapasitas 1.000 Nm.
2. Mengumpulkan data penimbangan *Gross Vehicle Weight* (GVW) menggunakan jembatan timbang (*wim scale*) untuk mengetahui tingkat muatan aktual.

3. Menggunakan alat bantu Diagram Tulang Ikan (*Fishbone Diagram*) dan *5-Why Analysis* untuk memetakan hubungan kausalitas antara faktor manusia, metode, material, dan lingkungan terhadap kegagalan komponen.
4. Menyusun langkah pemeliharaan baru berstandar *torque control* 650-750 Nm, metode pengencangan silang (*cross-pattern*), dan *re-torque* berkala pada 50-100 HM pertama.
5. Membandingkan indikator *Physical Availability* (PA), *Mean Time Between Failures* (MTBF), dan *Mean Time To Repair* (MTTR) sebelum dan sesudah implementasi selama periode pengamatan 1 bulan.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian Pemeliharaan Preventif



2.3 Formulasikan Indikator Kinerja Pemeliharaan

Indikator kinerja keberhasilan diukur menggunakan persamaan matematika standar pemeliharaan alat berat:

a. Physical Availability (PA)

Persamaan ketersediaan fisik dinilai berdasarkan perbandingan jam kerja operasional terhadap jam rencana kerja:

$$PA = \frac{W}{W + R} \times 100\%$$

Keterangan:

- W = Jam Operasional Kerja Aktual (*Working Hours*)
- R = Jam Perbaikan Kerusakan tak Terencana (*Breakdown / Repair Hours*)

b. Mean Time Between Failures (MTBF)

Indikator keandalan unit dalam beroperasi sebelum mengalami kerusakan berikutnya:

$$MTBF = \frac{W}{N}$$

Keterangan: N = Frekuensi kejadian kerusakan tak terencana (*Number of Failures*).

c. Mean Time To Repair (MTTR)

Rata-rata durasi waktu yang dibutuhkan oleh teknisi untuk menyelesaikan perbaikan komponen yang rusak:

$$MTTR = \frac{R}{N}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Audit Eksisting Populasi 10 Unit Dump Truck

Berdasarkan pengumpulan data lapangan pada 10 unit Dump Truck FAW 350HP sebelum intervensi perbaikan, diperoleh profil teknis operasional sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Audit Kondisi Teknis dan Torsi U-Bolt Eksisting

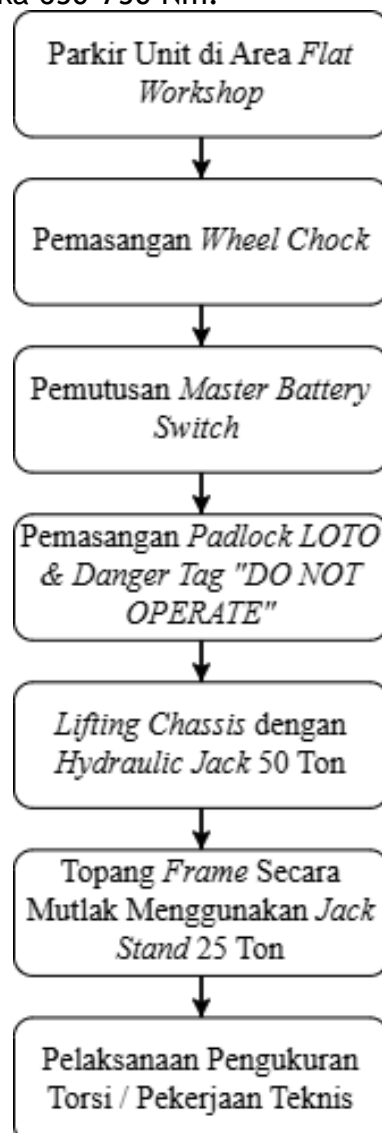
No	Unit ID	Model Unit	Jam Kerja (HM) / KM	Kondisi Suspensi Leaf Spring	Status Torsi U-Bolt Eksisting
1	DT-01	FAW 350HP	12.450 HM / 185.200 KM	Patah Leaf No. 1 (Main Leaf)	420 Nm (Under-torque)
2	DT-02	FAW 350HP	11.800 HM / 172.100 KM	Aus / Fretting Corrosion Severe	450 Nm (Under-torque)
3	DT-03	FAW 350HP	14.100 HM / 201.000 KM	Patah Leaf No. 2	400 Nm (Under-torque)
4	DT-04	FAW 350HP	10.200 HM / 155.400 KM	Center Bolt Retak & Aus	500 Nm (Under-torque)
5	DT-05	FAW 350HP	13.500 HM / 190.800 KM	Patah Leaf No. 1	410 Nm (Under-torque)
6	DT-06	FAW 350HP	12.100 HM / 178.900 KM	Fretting Corrosion Severe	480 Nm (Under-torque)
7	DT-07	FAW 350HP	15.000 HM / 215.300 KM	Patah Leaf No. 1 & No. 2	430 Nm (Under-torque)
8	DT-08	FAW 350HP	9.800 HM / 142.000 KM	U-Bolt Longgar & Aus	520 Nm (Under-torque)
9	DT-09	FAW 350HP	11.200 HM / 167.500 KM	Patah Leaf No. 1	440 Nm (Under-torque)
10	DT-10	FAW 350HP	13.900 HM / 198.200 KM	Fretting Corrosion Severe	460 Nm (Under-torque)

Dari data Tabel 1, seluruh baut U-bolt eksisting berada pada rentang 400-520 Nm, jauh berada di bawah spesifikasi teknis buku panduan pabrikan (*Shop Manual FAW*) yang mensyaratkan torsi pengencangan baut U-bolt M24 sebesar 650-750 Nm.

3.3 Formulasi Prosedur Pemeliharaan Presisi & Re-Torque

Untuk menghentikan mekanisme kerusakan di atas, disajikan perbaikan prosedur pemeliharaan suspensi yang berlandaskan pada standar FAW Heavy Duty Truck Shop Manual (Section 4) dan SAE J429 / ISO 898-1:

1. Sebelum pemasangan, ulir baut M24 dan permukaan mur wajib dibersihkan dari kerak dan dioleskan *anti-seize compound* untuk memastikan koefisien gesek ($K \approx 0,15$) konstan, sehingga momen torsi yang diberikan terkonversi sempurna menjadi *clamping force*.
2. Pengencangan U-bolt dilakukan dalam 3 tahap menggunakan *Torque Wrench* dengan urutan pola silang (1-3-4-2) untuk mencegah ketidaksejajaran (*misalignment*):
 - Tahap 1: Pengencangan awal pada torsi 250 Nm.
 - Tahap 2: Pengencangan menengah pada torsi 450 Nm.
 - Tahap 3: Pengencangan akhir hingga mencapai torsi standar **650-750 Nm**.
3. Mengacu pada SAE J429, baut pengikat berkekuatan tinggi yang menahan beban dinamis akan mengalami penurunan gaya jepit awal (*initial clamping load loss*) sebesar 10%-15% dalam 50 jam operasi pertama akibat fenomena *settling effect* (pemadatan permukaan cat dan ratanya kekasaran mikro antar-plat). Oleh karena itu, diwajibkan melakukan *re-torque* pada interval **50 hingga 100 HM pertama** pasca-penggantian untuk mengembalikan torsi ke angka 650-750 Nm.



Gambar 2. Alur Proses Inspeksi Suspensi dan Prosedur K3 Lockout Tagout (LOTO)



3.4 Evaluasi Peningkatan Kinerja Pemeliharaan (Sebelum vs Sesudah)

Setelah perbaikan prosedur diterapkan pada populasi 10 unit Dump Truck FAW 350HP, data operasional dan *downtime* dievaluasi selama 1 bulan jam kerja rencana (720 jam per unit).

a. Evaluasi Physical Availability (PA)

• Kondisi Sebelum Perbaikan:

Total jam rencana kerja 10 unit = 720 Jam/unit. Total akumulasi jam *breakdown* akibat *leaf spring* patah (*R*) = 158,4 Jam. Jam operasional aktual (*W*) = 720 – 158,4 = 561,6 Jam.

$$PA_{\text{Sebelum}} = \frac{561,6}{720} \times 100\% = 78\%$$

• Kondisi Sesudah Perbaikan:

Setelah penerapan torsi presisi dan *re-torque* rutin, total jam *breakdown* (*R*) berhasil ditekan menjadi 86,4 Jam. Jam operasional aktual (*W*) meningkat menjadi 720 – 86,4 = 633,6 Jam.

$$PA_{\text{Sesudah}} = \frac{633,6}{720} \times 100\% = 88\%$$

b. Evaluasi MTBF, MTTR, dan Mechanical Availability (MA)

Kalkulasi indikator pemeliharaan lengkap sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Perbandingan Indikator Kinerja Pemeliharaan

Parameter Indikator			Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	Perubahan / Peningkatan
Kekencangan Bolt	Torsi U-Bolt		400 - 520 Nm	650 - 750 Nm	Memenuhi Standar Presisi
Total Breakdown Hours (<i>R</i>)			158,4 Jam	86,4 Jam	Downtime Berkurang -45,4%
Frekuensi (<i>N</i>)	Kerusakan	6 Kali Kejadian		2 Kali Kejadian	Frekuensi Kegagalan Turun - 66,7%
Physical Availability (PA)		78%		88%	Meningkat +10% (Tembus Target 85-90%)
Mechanical Availability (MA)		78%		88%	Meningkat +10%
MTBF (Keandalan Unit)		93,6 Jam		316,8 Jam	Keandalan Naik 3,38 Kali Lipat
MTTR (Durasi Perbaikan)		26,4 Jam		43,2 Jam	Perbaikan Terfokus pada 2 Kejadian

Berdasarkan Tabel 2, penerapan prosedur presisi terbukti mampu menaikkan *Physical Availability* (PA) sebesar 10% (dari 78% menjadi 88%), yang mana angka ini telah melampaui batas minimal target perusahaan (85%). Peningkatan *Mean Time Between Failures* (MTBF) dari 93,6 jam menjadi 316,8 jam mengindikasikan bahwa interval antar-kerusakan menjadi jauh lebih panjang, menandakan suspensi memiliki keandalan yang jauh lebih tinggi pasca-perbaikan.



4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada populasi 10 unit Dump Truck FAW 350HP di PT Lancarjaya Nusantara Enjiniring, disimpulkan bahwa:

1. Penyebab utama kegagalan dini patah *leaf spring* adalah kondisi baut U-bolt yang *under-torque* (400-520 Nm) serta interaksinya dengan beban muatan *overload* (GVW 37,2-39,1 Ton). Kombinasi ini menurunkan *clamping force* dan memicu *micro-sliding*, yang berlanjut menjadi *fretting corrosion* dan patah lelah (*fatigue failure*).
2. Formulasi prosedur pemeliharaan presisi berbasis kontrol torsi 650-750 Nm dengan metode pengencangan silang (*cross-pattern*) serta kewajiban *re-torque* pada 50-100 HM pertama terbukti efektif menghentikan pergeseran antar-lembaran pegas.
3. Penerapan prosedur pemeliharaan presisi berhasil meningkatkan *Physical Availability* (PA) unit sebesar 10%, yaitu dari **78% menjadi 88%**, serta meningkatkan keandalan unit (*MTBF*) sebesar 3,38 kali lipat dari **93,6 jam menjadi 316,8 jam**.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada jajaran manajemen beserta segenap tim Technical Maintenance PT. Lancarjaya Nusantara Enjiniring atas pemberian izin riset ilmiah, penyediaan instrumen uji momen presisi, serta bimbingan praktis di lapangan selama pelaksanaan On the Job Training. Apresiasi dan terima kasih juga ditujukan kepada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta atas segala dukungan bimbingan akademis sehingga manuskrip prosiding Seminar Nasional ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] FAW Heavy Duty Trucks. (2020). Shop Manual FAW 350HP Dump Truck Series: Section 4 Frame and Suspension Maintenance. FAW Group Co., Ltd.
- [2] SAE International. (2014). SAE J429: Mechanical and Material Requirements for Externally Threaded Fasteners. SAE International Surface Vehicle Standard.
- [3] Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge: Productivity Press.
- [4] Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (2011). Mechanical Engineering Design (9th ed.). New York: McGraw-Hill.
- [5] Mobley, R. K. (2002). An Introduction to Predictive Maintenance (2nd ed.). Elsevier Science & Technology Books.
- [6] R. I. Stephens, A. Fatemi, R. R. Stephens, dan H. O. Fuchs, *Metal Fatigue in Engineering*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- [7] R. Wiratama dan A. Handoko, "Pengaruh Torsi Pengencangan U-Bolt terhadap Umur Kelelahan Leaf Spring pada Kendaraan Niaga," *Jurnal Teknik Otomotif Industri*, vol. 8, no. 2, hal. 110-118, 2019.