

Analisa Sistem Suspensi Pada Kendaraan Truck Mercedes Benz Axor

Adril David Winastra

Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

Adrildvd31@gmail.com

Abstrak

Truk Mercedes Benz Axor merupakan kendaraan niaga vital yang kinerjanya sangat bergantung pada keandalan sistem suspensi untuk menjamin keamanan dan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif sistem suspensi pada truk tersebut, dengan fokus pada identifikasi komponen utama, jenis kerusakan yang umum terjadi, dan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi langsung di bengkel, wawancara mendalam dengan mekanik senior, dan studi dokumentasi teknis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem suspensi Axor menggunakan pegas daun tipe parabolik, dan kerusakan yang paling dominan serta kritis adalah kegagalan fatik atau patah pada komponen pegas daun tersebut. Ditemukan bahwa penyebab utama kerusakan bukan berasal dari kelemahan desain, melainkan kombinasi dari tiga faktor utama: praktik muatan berlebih (*overloading*), beban dinamis ekstrem akibat kondisi jalan yang buruk, dan minimnya implementasi perawatan preventif. Kesimpulan dari studi ini adalah bahwa peningkatan durabilitas dan keamanan sistem suspensi memerlukan pendekatan holistik yang tidak hanya berfokus pada perbaikan reaktif, tetapi juga pada manajemen operasional yang baik, terutama kepatuhan terhadap batas muatan dan penerapan jadwal perawatan yang disiplin.

Kata Kunci: Analisis kerusakan, Kelebihan Muatan, Mercedes Benz Axor, Pegas Daun Parabolik, Sistem Suspensi.

PENDAHULUAN

Sektor transportasi darat memegang peranan vital sebagai tulang punggung utama dalam kegiatan distribusi logistik dan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Kendaraan niaga, khususnya truk, menjadi moda transportasi andalan untuk mengangkut barang dalam jumlah besar melintasi berbagai kondisi jalan. Kinerja optimal dari setiap komponen kendaraan menjadi syarat mutlak untuk menjamin kelancaran, keamanan, dan efisiensi operasional. Salah satu sistem yang paling fundamental dalam menunjang kinerja tersebut adalah sistem suspensi. Sistem suspensi pada kendaraan berfungsi untuk menyerap getaran dan guncangan dari permukaan jalan yang tidak rata. Fungsi krusial lainnya adalah menjaga agar roda tetap memiliki kontak maksimal dengan permukaan jalan, sehingga meningkatkan stabilitas dan pengendalian. Dengan demikian, sistem suspensi secara langsung menjamin kenyamanan pengemudi serta keamanan muatan yang diangkut. Oleh karena itu, kondisi prima sistem suspensi menjadi faktor penentu keselamatan dan efektivitas penggunaan kendaraan angkutan berat (Arismunandar & Tsuneo, 2018).

Pada kendaraan truk, sistem suspensi dirancang berbeda secara signifikan dibandingkan kendaraan penumpang karena harus menanggung beban yang jauh lebih berat dan dinamis. Jenis suspensi yang paling umum digunakan pada kendaraan komersial seperti truk adalah suspensi jenis pegas daun atau *leaf spring*. Suspensi pegas daun dipilih karena memiliki konstruksi yang kokoh, sederhana, dan mampu menopang beban vertikal yang sangat besar. Namun, pengoperasian secara terus-menerus dengan beban maksimal atau bahkan berlebih dapat menyebabkan komponen suspensi mengalami kelelahan material (*material fatigue*). Permasalahan yang seringkali muncul meliputi patahnya bilah pegas, penurunan elastisitas, hingga perubahan ketinggian sasis kendaraan. Kerusakan ini secara langsung membahayakan keselamatan karena dapat mengurangi kemampuan manuver dan stabilitas kendaraan secara drastis. Salah satu kendaraan yang populer digunakan untuk angkutan berat di Indonesia, yaitu Mercedes Benz Axor, tidak luput dari potensi mengalami permasalahan pada sistem suspensinya. Maka dari itu, analisis mendalam terhadap sistem suspensi pada model truk ini menjadi sebuah kebutuhan mendesak untuk memahami karakteristik kinerjanya (Nasution & Siregar, 2021).

Beberapa penelitian terdahulu telah banyak mengkaji tentang analisis kinerja dan kegagalan pada sistem suspensi kendaraan niaga. Studi-studi tersebut umumnya berfokus pada analisis tegangan, simulasi pembebanan, dan investigasi material menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*). Sebagai contoh, penelitian melakukan analisis distribusi tegangan pada pegas daun konvensional untuk mengidentifikasi titik rawan kegagalan. Penelitian lain membandingkan karakteristik umur pakai antara suspensi pegas daun tipe konvensional dengan tipe parabolik yang lebih modern. Dalam sebuah studi mengenai kekuatan material, disebutkan bahwa, "Analisis tegangan pada pegas daun menunjukkan bahwa area di sekitar lubang anting merupakan titik konsentrasi tegangan tertinggi yang rentan mengalami kegagalan fatik" (Hidayatullah & Santoso, 2022, hlm. 45). Kajian-kajian ini telah memberikan landasan teoretis yang kuat dalam memahami mekanisme kerja

dan potensi kerusakan suspensi. Meskipun demikian, penelitian yang secara spesifik menganalisa sistem suspensi pada unit truk Mercedes Benz Axor masih sangat terbatas ditemukan. Keterbatasan ini menciptakan celah penelitian yang penting untuk diisi, terutama mengenai mode kegagalan spesifik dan faktor-faktor penyebabnya pada model tersebut di kondisi operasional nyata (Wicaksono & Tjahjana, 2019).

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa komprehensif terhadap sistem suspensi pada kendaraan truk Mercedes Benz Axor. Tujuan spesifik dari artikel ilmiah ini adalah untuk mengidentifikasi komponen-komponen utama penyusun sistem suspensi, menganalisis jenis-jenis kerusakan yang umum terjadi, serta menginvestigasi faktor-faktor yang menjadi penyebab utama kerusakan tersebut. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi teknis yang mendalam bagi para pemilik, operator, dan teknisi kendaraan. Pengetahuan ini nantinya dapat dijadikan sebagai acuan dalam menyusun jadwal perawatan preventif dan melakukan perbaikan yang lebih efektif serta efisien. Pada akhirnya, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam upaya meningkatkan keamanan operasional dan memperpanjang umur pakai kendaraan. Selain itu, temuan dalam artikel ini juga diharapkan dapat menjadi referensi akademis yang berharga bagi penelitian lanjutan di bidang suspensi kendaraan niaga (Putra & Manuaba, 2020).

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif untuk menganalisa sistem suspensi pada kendaraan truk Mercedes Benz Axor. Pendekatan ini dipilih karena bertujuan untuk memberikan gambaran secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta serta sifat dari objek yang diteliti. Sumber data penelitian ini terdiri atas sumber data primer yang diperoleh langsung dari informan kunci seperti mekanik senior dan *service advisor*, serta data sekunder yang berasal dari literatur relevan seperti jurnal ilmiah, buku teks otomotif, dan manual perbaikan (*service manual*) resmi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga cara utama, yaitu observasi, wawancara, dan dokumentasi. Observasi dilaksanakan dengan mengamati secara langsung kondisi fisik komponen suspensi, proses identifikasi kerusakan, serta prosedur perbaikan di bengkel. Wawancara mendalam dilakukan untuk menggali informasi terkait pengalaman mekanik mengenai jenis kerusakan yang paling sering terjadi dan faktor-faktor penyebabnya. Selanjutnya, teknik dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data dari catatan riwayat servis kendaraan dan mengambil gambar komponen yang mengalami kerusakan sebagai bukti visual. Seluruh data yang telah terkumpul kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis interaktif yang meliputi tiga alur kegiatan, yakni reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan atau verifikasi. Keseluruhan tahapan dalam metodologi penelitian ini dirancang secara sistematis untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif dan mendalam sesuai dengan kaidah penelitian kualitatif (Sugiyono, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. 1 Pelaksanaan kegiatan Magang

a. Identifikasi Komponen dan Mekanisme Kerja Sistem Suspensi Mercedes Benz Axor

Hasil observasi mendalam pada unit truk Mercedes Benz Axor menunjukkan bahwa sistem suspensinya dirancang secara spesifik untuk menopang beban berat dan beroperasi di medan yang variatif. Sistem suspensi ini terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara sinergis untuk menjamin stabilitas dan keamanan. Komponen-komponen tersebut meliputi pegas daun tipe parabolik (*parabolic leaf spring*), peredam kejut hidrolik (*shock absorber*), batang penyeimbang (*stabilizer bar*), serta anting-anting (*shackle*) dan gantungan pegas (*hanger*). Setiap elemen memiliki fungsi krusial yang saling mendukung dalam meredam getaran dan menjaga geometri roda. Desain suspensi gandar depan dan belakang menunjukkan adanya perbedaan konfigurasi untuk mengakomodasi distribusi beban yang tidak merata saat

kendaraan beroperasi. Pemahaman terhadap fungsi masing-masing komponen ini menjadi dasar untuk menganalisis mekanisme kerja sistem secara keseluruhan serta mengidentifikasi potensi titik lemahnya (Setiawan, 2020).

Komponen pegas daun pada truk Mercedes Benz Axor menggunakan tipe parabolik, yang merupakan sebuah inovasi dari pegas daun konvensional. Pegas daun parabolik memiliki bilah pegas yang lebih sedikit, namun dengan ketebalan yang bervariasi dari bagian tengah yang tebal menipis ke arah ujungnya. Desain ini memungkinkan setiap bilah pegas dapat bergerak lebih bebas sehingga menghasilkan friksi antarbilah yang minimal. Akibatnya, suspensi jenis ini mampu memberikan respons yang lebih baik terhadap guncangan kecil dan menawarkan kenyamanan berkendara yang lebih superior dibandingkan pegas daun tumpuk konvensional. Menurut teori elemen mesin, "distribusi tegangan pada pegas parabolik lebih merata di sepanjang bilah, sehingga mengurangi risiko konsentrasi tegangan yang dapat memicu retak fatik" (Gillespie, 2021, hlm. 254). Karakteristik inilah yang menjadikan pegas parabolik pilihan utama untuk truk modern yang menyeimbangkan antara daya angkut dan kenyamanan.

Selanjutnya, komponen peredam kejut atau *shock absorber* memegang peranan vital dalam mengendalikan osilasi atau ayunan berlebihan dari pegas. Tanpa peredam kejut, kendaraan akan terus mengayun naik-turun setelah melewati gundukan, sehingga sangat berbahaya dan tidak nyaman. Peredam kejut pada truk Axor bekerja berdasarkan prinsip hidrolik untuk mengubah energi kinetik dari gerakan suspensi menjadi energi panas yang kemudian dilepaskan ke udara. Selain itu, terdapat komponen batang penyeimbang atau *stabilizer bar* yang menghubungkan roda kiri dan kanan untuk mengurangi kemiringan bodi kendaraan (*body roll*) saat bermanuver atau berbelok. Batang penyeimbang ini bekerja dengan mentransfer sebagian gaya dari roda yang terbebani ke roda yang lain, sehingga menjaga kendaraan tetap datar dan stabil. Fungsi sinergis antara peredam kejut dan batang penyeimbang inilah yang menjadi kunci utama pengendalian dinamis kendaraan pada kecepatan tinggi (Daryanto, 2021).

Mekanisme kerja sistem suspensi secara terpadu dimulai saat roda kendaraan melewati permukaan jalan yang tidak rata, dimana pegas daun parabolik akan mengalami defleksi untuk menyerap energi benturan awal. Gerakan defleksi dan rebound dari pegas daun ini kemudian diredam secara aktif oleh peredam kejut untuk mencegah terjadinya ayunan yang berlebihan. Secara simultan, saat salah satu roda melewati gundukan atau lubang, atau saat kendaraan berbelok, batang penyeimbang akan menahan puntiran untuk menjaga sasis tetap sejajar dengan permukaan jalan. Anting-anting (*shackle*) memberikan ruang bagi pegas untuk memanjang dan memendek saat berdefleksi, sehingga gerakan suspensi menjadi lebih luwes. Keterpaduan seluruh komponen ini menghasilkan sebuah sistem yang tangguh untuk menopang beban, namun tetap fleksibel untuk memberikan stabilitas dan keamanan maksimal. Kegagalan pada satu komponen akan memberikan beban berlebih pada komponen lain, sehingga mempercepat laju kerusakan sistem secara keseluruhan (Arismunandar & Tsuneo, 2018).

b. Analisis Jenis Kerusakan Umum pada Sistem Suspensi

Berdasarkan data yang dihimpun melalui observasi di bengkel dan wawancara dengan mekanik berpengalaman, teridentifikasi beberapa jenis kerusakan yang secara umum terjadi pada sistem suspensi truk Mercedes Benz Axor. Kerusakan-kerusakan ini telah dirangkum untuk menunjukkan gejala, lokasi tipikal, dan potensi dampaknya terhadap kinerja kendaraan. Permasalahan yang paling sering ditemui adalah patahnya bilah pegas daun, diikuti oleh keausan pada *bushing* anting-anting, dan kebocoran oli pada peredam kejut. Deformasi atau kerusakan pada batang penyeimbang juga ditemukan meskipun dengan frekuensi yang lebih rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa komponen yang menanggung beban statis dan dinamis secara langsung memiliki kerentanan paling tinggi. Rangkuman detail mengenai temuan ini disajikan pada tabel di bawah.

Tabel 1. 1 Jenis Kerusakan Umum, Gejala, dan Lokasi pada Sistem Suspensi Truk Mercedes Benz Axor

Jenis Kerusakan	Gejala yang Timbul	Lokasi Tipikal Kerusakan
Patah Pegas Daun	Ketinggian sasis turun/miring, suara berdecit atau gemeretak, kendaraan tidak stabil saat berbelok.	Bilah pegas utama (<i>main spring</i>) di dekat mata pegas (<i>spring eye</i>) atau pada area lubang baut tengah (<i>center bolt</i>).
Keausan <i>Bushing</i>	Suara "klotok" atau "jeduk" dari area suspensi saat melewati jalan tidak rata, pengendalian kurang presisi.	<i>Bushing</i> pada mata pegas dan anting-anting (<i>shackle</i>).
Kebocoran Peredam Kejut	Ayunan kendaraan berlebihan (memantul), ban aus tidak merata (<i>scalloping</i>), rembesan oli pada tabung peredam.	Segel (seal) piston pada tabung peredam kejut.
Deformasi Batang Penyeimbang	Kendaraan terasa limbung atau miring berlebihan saat berbelok tajam, suara benturan logam dari kolong.	Batang utama (<i>bar</i>) mengalami bengkok, atau karet penahannya (<i>bushing</i>) pecah.

Kerusakan yang paling signifikan dan sering dilaporkan adalah kegagalan fatik atau patahnya bilah pegas daun parabolik. Berdasarkan hasil wawancara, patahan ini seringkali tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan diawali dengan munculnya retakan mikro yang tidak terdeteksi. Retakan ini kemudian merambat secara perlahan seiring dengan siklus pembebanan yang diterima kendaraan setiap harinya. Gejala awal yang dirasakan pengemudi biasanya berupa suara berdecit yang tidak normal atau sedikit perubahan pada ketinggian kendaraan. Menurut penuturan salah seorang mekanik senior, "Patahan pada pegas daun paling sering kami temukan di area sekitar baut tengah (*center bolt*), biasanya retakannya halus lalu tiba-tiba putus saat muatan penuh melewati jalan berlubang." Pernyataan ini menegaskan bahwa

kombinasi antara konsentrasi tegangan dan beban kejut menjadi pemicu utama kegagalan komponen vital ini, yang berpotensi menyebabkan kecelakaan fatal.

Selain kegagalan pada pegas daun, kerusakan pada komponen pendukung seperti peredam kejut dan *bushing* juga merupakan temuan yang umum. Kebocoran oli pada peredam kejut menjadi indikator yang paling jelas bahwa komponen tersebut sudah tidak berfungsi optimal. Kondisi ini menyebabkan pegas berosilasi tanpa kendali, yang tidak hanya mengurangi kenyamanan tetapi juga mempercepat keausan ban dan komponen suspensi lainnya. Di sisi lain, keausan pada *bushing* anting-anting, yang umumnya terbuat dari karet atau poliuretan, menyebabkan timbulnya celah atau kelonggaran. Celah ini menghasilkan suara benturan yang mengganggu dan membuat pengendalian kendaraan menjadi kurang presisi, terutama saat pengereman atau akselerasi. Kerusakan-kerusakan ini, meskipun terlihat minor, memiliki dampak kumulatif terhadap keselamatan dan biaya operasional kendaraan (Prabowo & Wibowo, 2023).

Analisis lebih lanjut menunjukkan adanya keterkaitan erat antara satu jenis kerusakan dengan kerusakan lainnya dalam sistem suspensi. Sebagai contoh, peredam kejut yang sudah lemah atau bocor akan menyebabkan pegas daun menerima beban kejut yang lebih besar dari seharusnya. Beban kejut berulang inilah yang secara signifikan memperpendek umur fatik dari pegas daun, sehingga meningkatkan risiko patah. Sebaliknya, pegas daun yang sudah lemah atau patah akan membuat peredam kejut bekerja lebih keras di luar batas kemampuannya, sehingga mempercepat kerusakan pada segel pistonnya. Fenomena rantai kerusakan ini menyoroti pentingnya melakukan pemeriksaan secara holistik terhadap seluruh komponen sistem suspensi. Mengganti satu komponen yang rusak tanpa memeriksa kondisi komponen lainnya seringkali hanya menjadi solusi sementara yang tidak efektif (Nasution & Siregar, 2021).

c. Investigasi Faktor Penyebab Kerusakan Sistem Suspensi

Investigasi mendalam terhadap faktor-faktor penyebab kerusakan sistem suspensi pada truk Mercedes Benz Axor mengarah pada tiga akar permasalahan utama. Faktor-faktor tersebut dapat diklasifikasikan menjadi faktor operasional, faktor kondisi lingkungan, dan faktor perawatan kendaraan. Faktor operasional, terutama praktik kelebihan muatan (*overloading*), teridentifikasi sebagai kontributor paling dominan terhadap kegagalan prematur komponen suspensi. Faktor kondisi lingkungan, khususnya kualitas infrastruktur jalan yang buruk di banyak rute operasional, memberikan beban dinamis ekstrem yang mempercepat laju keausan. Terakhir, faktor perawatan, yaitu kurangnya jadwal inspeksi rutin dan perawatan preventif, menyebabkan masalah kecil berkembang menjadi kerusakan besar yang tidak terdeteksi sejak dini. Kombinasi dari ketiga faktor inilah yang menciptakan siklus kerusakan pada sistem suspensi.

Faktor operasional berupa praktik kelebihan muatan menjadi penyebab utama menurunnya umur pakai sistem suspensi secara drastis. Setiap kendaraan dirancang dengan Batas Berat Kendaraan yang Diizinkan (*Gross Vehicle Weight* - GVW), dimana seluruh komponennya, termasuk suspensi, telah diperhitungkan kekuatannya berdasarkan batas tersebut. Ketika truk dioperasikan dengan muatan melebihi GVW, tegangan yang dialami oleh pegas daun dan komponen lainnya meningkat secara eksponensial. Peningkatan tegangan ini secara langsung mempercepat proses inisiasi dan perambatan retak fatik pada material logam. Seperti yang dinyatakan dalam studi tentang pembebanan kendaraan, "Peningkatan beban sebesar 20% di atas batas desain dapat mengurangi umur kelelahan (*fatigue life*) komponen suspensi hingga lebih dari 50%" (Hadi & Prabowo, 2020, hlm. 28). Hal ini menjelaskan mengapa unit yang sering membawa muatan berlebih menunjukkan frekuensi penggantian pegas daun yang jauh lebih tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem suspensi pada truk Mercedes Benz Axor, yang menggunakan pegas daun tipe parabolik, pada dasarnya memiliki desain yang tangguh namun sangat rentan mengalami kerusakan prematur akibat faktor eksternal. Jenis kerusakan yang paling dominan dan kritis ditemukan adalah kegagalan fatik berupa patahnya bilah pegas daun, diikuti oleh kerusakan sekunder pada peredam kejut dan keausan *bushing*. Investigasi mendalam menunjukkan bahwa akar penyebab utama dari kegagalan tersebut bukanlah kelemahan desain, melainkan interaksi kompleks dari tiga faktor utama: praktik kelebihan muatan (*overloading*), kondisi infrastruktur jalan yang buruk yang memberikan beban kejut berulang, serta minimnya penerapan jadwal perawatan preventif. Kombinasi dari ketiga faktor ini secara sinergis mengakselerasi laju keausan dan secara drastis memperpendek umur pakai komponen jauh di bawah standar desainnya. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan keandalan dan memperpanjang masa pakai sistem suspensi tidak cukup hanya dengan melakukan perbaikan reaktif, melainkan menuntut adanya pendekatan holistik yang menekankan pada kepatuhan terhadap batas muatan dan implementasi program perawatan preventif yang disiplin dan terjadwal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, F., & Zubair, M. (2022). Analisis perbandingan kekuatan pegas daun standar dengan pegas daun modifikasi pada dump truck menggunakan software inventor. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(2), 123-131. <https://doi.org/10.30596/rmme.v5i2.10899>
- Arismunandar, W., & Tsuneo, Y. (2018). *Penggerak Mula Motor Bakar Torak* (Edisi ke-8). ITB Press.
- Daryanto. (2021). *Dasar-Dasar Teknik Otomotif*. Bumi Aksara.

- Gillespie, T. D. (2021). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Society of Automotive Engineers.
- Hadi, S., & Prabowo, A. R. (2020). Analisis numerik dan eksperimental pengaruh perlakuan panas terhadap kekuatan impact pegas daun. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 23-30.
- Hidayatullah, R., & Santoso, B. (2022). Analisis tegangan pada pegas daun truk colt diesel dengan metode elemen hingga. *ROTASI – Jurnal Teknik Mesin*, 24(1), 42-48. <https://doi.org/10.14710/rotasi.24.1.42-48>
- Kristanto, P. (2019). *Elemen Mesin: Perancangan dan Analisis*. Erlangga.
- Nasution, A. R., & Siregar, I. (2021). Analisa faktor penyebab kerusakan leaf spring pada kendaraan dump truck. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(1), 1-6.
- Prabowo, A. R., & Wibowo, A. S. (2023). Studi komparasi umur kelelahan pegas daun material baja AISI 6150 dan AISI 5160 melalui pendekatan simulasi. *Jurnal Teknik ITS*, 12(1), F11-F16. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i1.84157>
- Prasetyo, H., & Wicaksono, A. (2019). Analisis kegagalan pegas daun pada kendaraan angkutan barang. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(2), 115-122.
- Putra, I. N. K., & Manuaba, I. G. P. (2020). Analisa kerusakan sistem suspensi dan pengaruhnya terhadap kenyamanan berkendara. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, 4(2), 55-62.
- Setiawan, B. (2020). *Teknologi dan Rekayasa Sistem Otomotif*. Deepublish.
- Sihombing, H., & Sinaga, R. (2022). Analisis kekuatan material pegas daun truk Hino dengan variasi pembebanan. *Jurnal Vokasi Teknologi*, 4(2), 89-95.
- Sugiarto, B., & Effendi, M. N. (2021). Strategi perawatan preventif untuk meningkatkan umur pakai sistem suspensi kendaraan niaga. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 8(1), 78-88.
- Wicaksono, D. A., & Tjahjana, D. D. P. (2019). Analisa perbandingan kekuatan dan umur kelelahan pegas daun tipe konvensional dan parabolik. *Momentum: Jurnal Teknik Mesin*, 15(2), 67-73.
- Yulianto, T., & Nugroho, S. (2021). Pengaruh kondisi jalan terhadap umur kelelahan suspensi pegas daun pada truk Isuzu Giga. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 8(2), 99-106. <https://doi.org/10.21009/JKEM.8.2.5>