

Mitigasi Resiko Kerusakan pada Sistem Hidrolik Dump Truck

Shinta Nur Hasanah Samole¹, Yohanes Agus Jayatun^{2,*}, Sutrisna³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

Corresponding author: jayatun@itny.ac.id

Abstract

Dump Truck has several important systems, one of which is a hydraulic system to lift and lower dumps. Damage to the hydraulic system can occur in several main components such as Hydraulic Tanks, Filters, Drive Motors, External Gear Pumps, Hydraulic Hoses, Pressure Relief Valves, which can be caused by contamination in the system and various other factors. The purpose of this mitigation is how to reduce the risk rate in the Dump Truck hydraulic system failure. The method that will be used to reduce the risk of damage is the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. The mitigation results show that the component with the highest RPN of 280 is the Hydraulic Cylinder which has a leak in the rod seal due to contaminated fluid. The mitigation or corrective actions provided include setting the schedule for taking oil samples to be carried out more frequently, checking the quality of the fluid used before adding it to the system, maintaining proper fluid and maintaining rod cleanliness. By implementing this proposed improvement, it is hoped that before corrective maintenance occurs which causes the availability of units to decrease, it must be prevented as much as possible by maximizing preventive maintenance activities so that the severity of failures and appearance of damage to components, systems or the unit itself can be minimized and detected as early as possible and expected to improve the performance and reliability of the dump truck hydraulic system.

Keywords: *Dump Truck, Hydraulic System, FMEA, RPN, Mitigation.*

Abstrak

Dump Truck memiliki beberapa sistem penting salah satunya sistem hidrolik untuk mengangkat dan menurunkan dump. Kerusakan pada sistem hidrolik dapat terjadi pada beberapa komponen utama seperti Tangki Hidrolik, Filter, Motor Penggerak, External Gear Pump, Selang Hidrolik, Pressure Relief Valve, yang dapat diakibatkan oleh kontaminasi dalam sistem serta berbagai faktor lainnya. Tujuan pada mitigasi ini yaitu bagaimana cara menurunkan angka resiko pada kegagalan sistem hidrolik Dump Truck. Metode yang akan digunakan untuk menurunkan angka resiko kerusakan yaitu metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Hasil mitigasi menunjukkan bahwa komponen dengan RPN tertinggi 280 adalah Silinder Hidrolik yang mengalami kebocoran pada rod seal karena fluida yang terkontaminasi. Tindakan mitigasi atau sulan perbaikan yang diberikan meliputi pengaturan jadwal pengambilan sample oil menjadi lebih kerap dilakukan, memeriksa kualitas fluida yang digunakan sebelum menambahnya ke sistem, pemeliharaan fluida yang tepat serta menjaga kebersihan rod. Dengan menerapkan usulan perbaikan ini diharapkan sebelum terjadinya corrective maintenance yang menyebabkan ketersediaan unit berkurang, maka

sebisa mungkin harus dicegah dengan memaksimalkan kegiatan *preventive maintenance* agar tingkat keparahan dari kegagalan maupun kemunculan kerusakan pada komponen, sistem, atau unit itu sendiri dapat diminimalisir dan diketahui sedini mungkin serta diharapkan dapat meningkatkan kinerja dan keandalan sistem hidrolik *dump truck*.

Kata kunci: *Dump Truck*, Sistem Hidrolik, FMEA, RPN, Mitigasi.

PENDAHULUAN

Peran *dump truck* di perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan maupun pembangunan konstruksi sangat dibutuhkan guna mendukung proses kerja yang lebih cepat dan lebih efisien. Fungsi *Dump Truck* pada perusahaan adalah untuk mengangkut material alam seperti tanah, pasir, batu split, dan juga material olahan seperti beton kering dan proyek konstruksi. *Dump Truck* memiliki beberapa sistem penting salah satunya sistem hidrolik untuk mengangkat dan menurunkan *dump*. Dalam pertambangan, konstruksi, pertanian, dan peralatan untuk mengangkat barang-barang berat, terdapat peranan penting yang dipegang oleh hidrolik. Sistem hidrolik sangat penting artinya dalam pengoperasian berbagai alat berat.

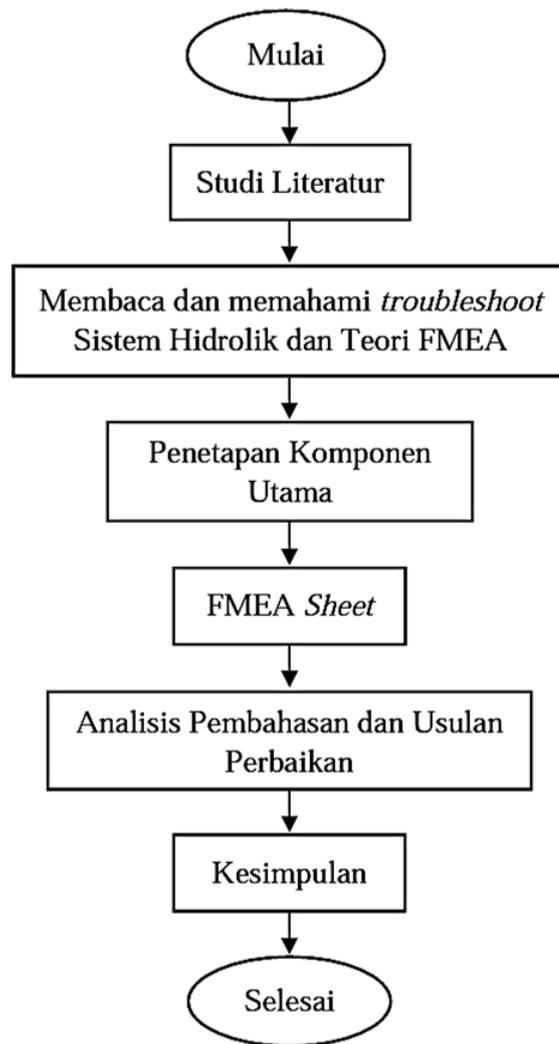
Hidrolik digunakan untuk mengoperasikan peralatan untuk mengangkat, mendorong, dan menggerakkan barang-barang berat. Sistem hidrolik pada *Dump Truck* perlu perawatan supaya kemampuan sistem ini dapat berfungsi secara optimal. Salah satu metode pada manajemen perawatan yaitu, menurunkan angka resiko. Dengan menurunnya angka resiko, maka *lifetime* pada sebuah sistem akan menjadi lebih lama. Untuk menurunkan itu, maka diperlukan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Sehingga pada skripsi ini, bertujuan untuk membahas bagaimana cara menurunkan angkaresiko pada system hidrolik *dump truck* menggunakan metode FMEA.

Penelitian yang dilakukan oleh Fajri Alrazzak, Jeri Mahyuda, Menhendry, Zulfikar (2021) dengan judul Perawatan dan Perbaikan Sistem Hidrolik pada *Dumping Dump Truck* Mitsubishi Fuso 190Ps. Tujuan penulisan adalah untuk dapat melakukan analisa kerusakan dan dapat melakukan tindakan perbaikan dengan tepat dan benar. Metode penganalisaan dalam analisa perawatan dan perbaikan sistem hidrolik ini ialah dengan menggunakan beberapa pertanyaan, yaitu apa, kenapa, dimana, dan bagaimana. Untuk mengatasi kerusakan yang terjadi adalah dengan jalan menerapkan manajemen perawatan dan perbaikan yang benar, terencana dan sesuai SOP.

Penelitian yang dilakukan oleh Sarwo Edi Wijarnoko, Ainur Komariah, dan Budi Wibowo (2019) dengan judul Analisis FMEA pada Unit *Dump Truck* CAT 777E (Studi Kasus Departemen *Maintenance* di PT. XYZ). Bertujuan untuk menganalisis angka kerusakan serta penyebab terjadinya kerusakan pada *Dump Truck* CAT 777E. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan Diagram *Fishbone* pada sebuah FGD (*Focus Group Discussion*). Dari hasil pengolahan data diketahui 3 kerusakan yang memiliki resiko terbesar terhadap *Physical Availability* yaitu kerusakan pada sistem *engine* dengan nilai *Risk Priority Number* 504, kerusakan pada sistem hidrolik dengan nilai *Risk Priority Number* 432, dan kerusakan pada sistem AC (*Air Conditioner*) dengan nilai *Risk Priority Number* 384.

METODE PENELITIAN

Mitigasi dilakukan dengan prosedur sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Mitigasi

Obyek Mitigasi

Obyek mitigasi ini terletak pada Sistem Hidrolik *Dump Truck*. Komponen yang akan dibahas adalah Tangki hidrolik, Filter, Motor penggerak, *External Gear Pump*, Selang hidrolik, *Pressure Relief Valve*, *Directional Control Valve*, dan Silinder hidrolik pada *System Hydraulic Dump Truck* menggunakan metode FMEA.

Metode Mitigasi

Pada mitigasi ini menggunakan 2 metode yaitu metode literatur dan metode FMEA. Metode literatur adalah suatu metode dalam melakukan pengumpulan informasi dan data dari sumber-sumber tertulis seperti jurnal, buku, artikel, laporan, dan lain-lain. Studi literatur dilakukan untuk mencari materi dan teori yang berhubungan dengan mitigasi ini untuk memudahkan dalam menganalisa penetapan komponen utama dan membuat *FMEA Sheet*. Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah sebuah cara atau metode untuk mengidentifikasi dan mencegah potensi *failure* atau cacat pada sebuah proses atau sistem produksi (Prasetyo, dkk., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan Komponen Utama

Penetapan komponen utama menggunakan tabel *failure effect* berdasarkan angka resiko kegagalan merupakan salah satu cara untuk membuat variable baru sehingga dapat menjelaskan sebagian besar komponen yang ada pada sistem hidrolik. Variabel baru ini disebut dengan komponen utama. Komponen utama yang diambil/dibahas adalah komponen yang memiliki angka resiko *severity* dari *range* 4 sampai dengan 10. Berikut ini merupakan tabel analisa penetapan komponen utama:

Tabel 1. *Failure Effect*

| No. | Component | Failure | Failure Effect | Angka Resiko Severity |
|-----|----------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Tangki Hidrolik | Terdapat kebocoran | Kehilangan fluida hidrolik yang dapat mengurangi tekanan dan aliran fluida dalam sistem | 8 |
| 2 | Filter | Tersumbat oleh kotoran/serpihan | Kinerja sistem menurun | 6 |
| 3 | Motor Penggerak | <i>Loses Power</i> | Tidak dapat memutar pompa | 8 |
| 4 | <i>External Gear Pump</i> | Terjadi keausan pada komponen pompa, <i>gear</i> | Menyebabkan timbulnya getaran | 7 |
| 5 | Selang Hidrolik | Mengalami kerusakan eksternal, retak | Terjadi Kebocoran sehingga kehilangan fluida yang signifikan dari sistem | 8 |
| 6 | <i>Pressure Relief Valve</i> | Kegagalan untuk membuka | Menyebabkan tekanan berlebih didalam sistem sehingga berpotensi terjadi kerusakan peralatan atau kegagalan sistem | 8 |
| 7 | <i>Directional Control Valve</i> | Katup macet / tetap pada 1 posisi | Kehilangan kendali | 8 |
| 8 | Silinder Hidrolik | Kebocoran <i>rod seal</i> | Performa silinder berkurang sehingga mempengaruhi kapasitas angkat dan muat dari <i>dump truck</i> | 8 |

Hasil dari Tabel 1, dikarenakan ke 8 komponen memiliki *range* angka resiko *severity* mulai dari 6 sampai dengan 8, maka ke 8 komponen tersebut akan dilakukan analisa efek dan mode kegagalan menggunakan *FMEA Sheet*.

FMEA Sheet

FMEA Sheet atau lembar FMEA adalah lembar yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan pengaruhnya terhadap komponen hidrolik *dump truck*. Lembar ini menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap mode kegagalan dengan mengalikan nilai S, O dan D. Semakin tinggi RPN, maka semakin tinggi resiko kegagalan. *FMEA Sheet* juga dapat membantu untuk mengusulkan tindakan untuk mengurangi resiko setiap kegagalan. Jadi dibawah ini merupakan Tabel *FMEA Sheet* yang membahas kegagalan yang terjadi pada komponen utama yang sebelumnya sudah ditentukan di tabel 1.

Tabel 2. FMEA Sheet Hydraulic System

| System | Hydraulic | Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) | | | | | | | | Target Mitigasi | | | | Date | 6/8/2023 |
|--------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|-----------------|---|---|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Type | Dump Truck | Worksheet | | | | | | | | | | | | Page | 1 of 4 |
| No. | Element | Failure | Effect | S | Cause | O | Detection | D | RPN | S | O | D | RPN | Mitigate Action | |
| 1 | Tangki hidrolik | Terjadi Kebocoran pada tangki hidrolik | Kehilangan fluida hidrolik yang dapat mengurangi tekanan dan aliran fluida dalam sistem | 8 | Berumur | 3 | Pemantauan level fluida dan pengujian tekanan – Tersedia peralatan, tidak terpasang tetap | 6 | 144 | 8 | 1 | 2 | 16 | Menerapkan program perawatan preventif untuk memeriksa penuaan dan mengganti tangki hidrolik secara teratur sebelum terjadinya kebocoran, serta pasang peralatan pendeteksi kebocoran otomatis yang dapat memberikan sinyal/tanda. | |
| | | | | | Korosi - Tetap terjadi <i>failure</i> walaupun proses terkendali dengan baik | 4 | Harus mengecek tangki - <i>Visual Inspection</i> | 6 | 192 | | | | | 2 | 2 |
| 2 | Filter | Tersumbat oleh kotoran / serpihan | Kinerja sistem menurun | 6 | Kontaminan yang terperangkap – Tetap terjadi <i>failure</i> walaupun proses terkendali dengan baik | 4 | Pemantauan pengukuran aliran fluida dan tekanan serta <i>visual inspection</i> – Tersedia peralatan, tidak terpasang tetap | 6 | 144 | 6 | 2 | 2 | 24 | Selalu melakukan <i>Preventive Maintenance</i> yang sudah diatur, Pembersihan / penggantian rutin <i>element</i> filter, Pemeriksaan/pemeliharaan rutin rumah filter maupun sambungan, Memasang peralatan pengukuran aliran fluida dan tekanan secara permanen. | |
| 3 | Motor Penggerak, <i>Internal combustion engine</i> | <i>Loses power</i> | Tidak dapat memutar pompa | 8 | Injektor bahan bakar rusak | 2 | Analisis getaran, analisis tekanan, alat pemindaian diagnostik | 5 | 80 | 8 | 1 | 5 | 40 | Gunakan filter bahan bakar yang sesuai untuk mencegah partikel dan endapan memasuki sistem bahan bakar dan menyumbat <i>injector</i> bahan bakar, Gunakan aditif bahan bakar yang sesuai untuk membersihkan dan melumasi <i>injector</i> bahan bakar dan melarutkan kotoran atau endapan yang mengganggu fungsinya, Lakukan perawatan dan pemeriksaan rutin pada <i>injector</i> bahan bakar dan ganti bila perlu. | |
| 4 | <i>External Gear Pump</i> | Terjadi keausan pada komponen pompa, <i>gear</i> | Menyebabkan timbulnya getaran | 7 | Fluida hidrolik terkontaminasi | 4 | <i>Sampling Lab.</i> - Tersedia <i>instrument</i> yang mampu mendeteksi <i>failure</i> , namun memerlukan keahlian khusus untuk membaca | 7 | 196 | 7 | 2 | 7 | 98 | Mengatur jadwal <i>sampling oil</i> menjadi lebih kerap dilakukan, memeriksa kualitas fluida yang digunakan sebelum menembarkannya ke sistem. | |

Tabel 3. FMEA Sheet Hydraulic System (Lanjutan)

| System | Hydraulic | Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) | | | | | | | | Target Mitigasi | | | | Date | 6/8/2023 |
|--------|---------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|-----------------|---|---|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Type | Dump Truck | Worksheet | | | | | | | | | | | | Page | 2 of 4 |
| No. | Element | Failure | Effect | S | Cause | O | Detection | D | RPN | S | O | D | RPN | Mitigate Action | |
| 5 | Selang Hidrolik | Mengalami kerusakan eksternal, retak | Terjadi Kebocoran sehingga kehilangan fluida yang signifikan dari sistem | 8 | Dikarenakan rute selang yang tidak tepat sehingga tergores pada permukaan atau benda lain | 4 | Pemantauan aliran fluida dan pengukuran tekanan serta <i>visual inspection</i> – Tersedia peralatan, tidak terpasang tetap | 6 | 192 | 8 | 2 | 4 | 64 | Rutekan selang dengan benar untuk menghindari tekukan tajam, bengkok, atau kontak dengan benda lain, Pasang selang dengan benar menggunakan fitting, adaptor dan penyangga yang sesuai, Tambahkan penggunaan pelindung seperti <i>sleeve</i> , Lakukan pemeriksaan dan pengujian berkala terhadap selang dan perlengkapannya terhadap tanda kerusakan, Gunakan <i>sensor/indicator</i> untuk memantau kondisi selang, aliran fluida, tekanan dan suhu secara <i>real time</i> sehingga dapat segera diketahui jika ada kondisi yang abnormal. | |
| 6 | Pressure Relief Valve | Kegagalan untuk membuka | Menyebabkan tekanan berlebih didalam sistem sehingga berpotensi terjadi kerusakan peralatan atau kegagalan sistem | 8 | Pegas yang tidak berfungsi | 2 | Pressure Gauge, Visual Inspection | 6 | 96 | 8 | 1 | 4 | 32 | Melakukan inspeksi dan pengujian berkala terhadap <i>pressure relief valve</i> dan komponennya untuk memeriksa tanda-tanda korosi, keausan atau kerusakan, Gunakan <i>sensor/indicator</i> untuk memantau tekanan dan suhu, Dapat memasang <i>rupture disks</i> atau <i>burst indicators</i> untuk menyediakan perangkat bantuan sekunder dan indikasi visual kegagalan katup. | |
| 7 | Directional Control Valve | Katup macet / tetap pada 1 posisi | Kehilangan kendali | 8 | Kegagalan Elektrikal, dapat disebabkan oleh selenoida atau sinyal listrik yang salah | 1 | Penggunaan alat tes multimeter untuk mengukur voltase dan arus di terminal selenoida | 6 | 48 | 8 | 1 | 4 | 32 | Gunakan <i>sensor/indicator</i> untuk memantau aliran, tekanan dan suhu secara <i>real time</i> sehingga dapat diketahui jika terjadi kondisi yang abnormal, Inspeksi dan pengujian berkala terhadap katup dan komponen lainnya untuk memeriksa tanda-tanda korosi, keausan atau kerusakan serta periksa dan ganti koil selenoida atau sinyal listrik jika rusak maupun terbakar. | |

Tabel 4. FMEA Sheet Hydraulic System (Lanjutan)

| System | Hydraulic | Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Worksheet | | | | | | | | Target Mitigasi | | | | Date | 6/8/2023 |
|--------|-------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|---|-------------------------------------------------|---|-----|-----------------|---|---|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Type | Dump Truck | | | | | | | | | | | | | Page | 4 of 4 |
| No. | Element | Failure | Effect | S | Cause | O | Detection | D | RPN | S | O | D | RPN | Mitigate Action | |
| 8 | Silinder Hidrolik | Kebocoran <i>rod seal</i> | Performa silinder berkurang sehingga mempengaruhi kapasitas angkat dan muat dari <i>dump truck</i> | 8 | Keausan | 4 | Pengukuran tekanan dan <i>visual inspection</i> | 6 | 192 | 8 | 2 | 4 | 64 | Sejajarkan silinder dan muatannya untuk menghindari pemuatan samping pada <i>rod</i> atau <i>rod bearing</i> . Melakukan inspeksi dan pengujian berkala terhadap <i>rod seal</i> dan komponennya untuk memeriksa tanda-tanda aus, rusak atau tidak berfungsi. Pasang alat deteksi kebocoran atau <i>drain line</i> pada <i>rod gland</i> untuk mengumpulkan dan mengukur kebocoran cairan dari <i>rod seal</i> . | |
| | | | | | Kontaminasi pada fluida | 5 | <i>Oil Sample</i> , Filter indikator | 7 | 280 | | 2 | 7 | 112 | Mengatur jadwal pengambilan <i>sample oil</i> menjadi lebih kerap dilakukan. Memeriksa kualitas fluida yang digunakan sebelum menambahkannya ke sistem. Pemeliharaan fluida yang tepat serta menjaga kebersihan <i>rod</i> . | |
| | | | | | Temperatur ekstrim | 2 | <i>Temperature sensor</i> | 4 | 64 | | 1 | 4 | 32 | Gunakan bahan <i>rod seal</i> yang sesuai yang dapat menahan suhu tinggi atau rendah tanpa kehilangan sifat-sifatnya, dan Gunakan fluida yang sesuai yang dapat mempertahankan pelumasan dan stabilitasnya pada suhu tinggi atau rendah. | |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari FMEA Sheet terkait sistem hidrolik *dump truck*, dapat diambil kesimpulan bahwa kegagalan-kegagalan dari 8 komponen utama pada sistem hidrolik harus melihat aspek *preventive maintenance* dalam hal ini adalah proses *periodic inspection*. Jangan sampai kerusakan terjadi selama proses produksi, karena akan menimbulkan kerugian yang lebih besar untuk perawatan setelah terjadinya kerusakan dibandingkan dengan melaksanakan program *preventive maintenance* secara tepat. Oleh karena itu sebelum terjadinya *corrective maintenance* yang menyebabkan ketersediaan unit berkurang, maka sebisa mungkin harus dicegah dengan memaksimalkan kegiatan *preventive maintenance* agar tingkat keparahan dari kegagalan maupun kemunculan kerusakan pada komponen, sistem, atau unit itu sendiri dapat diminimalisir dan diketahui sedini mungkin.

SARAN

Pada saran ini, dikarenakan hasil dari mitigasi resiko kerusakan pada sistem hidrolik *dump truck* menggunakan metode FMEA dilakukan berdasarkan pengumpulan informasi dari sumber-sumber tertulis. Maka ditulisnya saran ini dengan harapan bagi para pembaca yang sedang mencari judul atau referensi tugas akhir, untuk dapat melanjutkan ke tahap observasi atau melakukan analisa langsung dilapangan. Namun jauh sebelum melakukan analisa dilapangan, penting juga untuk memastikan tempat/lokasi yang dituju bersedia dan paham terkait analisa yang akan dilakukan. Agar menghindari tertundanya penyusunan hasil dan pembahasan.

REFERENSI

- Abdelbary, A. 2020. *EXTREME TRIBOLOGY Fundamentals and Challenges*. - , USA: CRC Press.
- Alrazzak, F. dkk., 2021. Perawatan Dan Perbaikan Sistem Hidrolik pada Dumping Dump Truck Mitsubishi Fuso 190Ps, Vol. 3 No. 1.
- Azhari, M.C. dan Sopian, M., 2020. ANALISA DISPLACEMENT POMPA RODA GIGI LUAR PADA UNIT SISTEM HIDROLIK FORKLIFT, Vol.15 No.2, pp. 75–83.
- Huzij, R., et al., 2013. *MODERN DIESEL TECHNOLOGY: HEAVY EQUIPMENT SYSTEMS 2ND EDITION*. 2nd edn. New York, USA: Delmar, Cengage Learning.
- Indonesia, B., 2021. Mengenal Dump Truck, Tulang Punggung Konstruksi & Tambang. Available at: <https://www.builder.id/mengenal-dump-truck-tulang-punggung-konstruksi-tambang/1> (Accessed: December 13, 2022).
- McDermott, R.E., et al., 2008. *The Basics of FMEA 2nd Edition*. 2nd edn. -, U.S.: Taylor & Francis Group.
- Milenia, A., 2019. Memahami Komponen dan Cara Kerja Hydraulic System. Available at: <https://annajhmilenia.blogspot.com/2019/10/memahami-komponen-cara-kerja-hydraulic.html> (Accessed: December 26, 2022).
- Rahma, 2015. Pengertian Dump Truck Jenis dan Bagian-Bagiannya. Available at: <https://alat-berat07.blogspot.com/2015/09/pengertian-dump-truck-jenis-dan-bagian.html> (Accessed: December 8, 2022).
- Unwin Hydraulic Engineering Ltd., 2018. Formula to Calculate Gear Pump Displacement. Available at: www.unwinhydraulic.co.uk (Accessed: January 12, 2023).
- Wardana, A. (ed.) 2014. *Pengenalan Alat Berat : 5. Dump Truck*. Available at: <http://visionlink-blog.blogspot.com/2014/10/pengenalan-alat-berat-5dump-truck.html> (Accessed: December 13, 2022).
- Wijarnoko, S.E., dkk., 2020. ANALISIS FMEA PADA UNIT DUMP TRUCK CAT 777E (STUDI KASUS DEPARTEMEN MAINTENANCE DI PT. XYZ), Volume 1 Nomor 2, pp. 11–20.
- YH, V.S. 2017. Unjuk Kerja dan Pemeliharaan Gear Pump pada Unit Excavator 220 LC, Vol. 5 No. 1, pp. 55–66.
- Prasetyo, A. B., Utomo, P., dan Saputro, A. S., 2023. Analisis Kegagalan pada Bearing Block Clinker Cooler PT Semen Baturaja Pabrik 2 menggunakan Failure Mode and Effect Analysis Method (FMEA)., *Jurnal Mesin Nusantara*, Vol. 6 No. 1., pp 47-52.