

PENERAPAN KONSEP SIKLUS *PLAN-DO-CHECK-ACTION* (PDCA) UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *LOAD LUGGER*

Heri Setiawan¹⁾, Supriyadi²⁾

^{1,2)} Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

Email : supriyadi@unsera.ac.id

Abstrak, *Load lugger* merupakan kendaraan yang digunakan untuk menangani internal handling material *customer*. Jenis kendaraan yang terbatas mempunyai pengaruh yang besar dalam kelangsungan proses produksi *customer*. Pada tahun 2019 rata-rata *availability load lugger* adalah 89,6% yang mana nilai itu di bawah target yang sudah ditetapkan yaitu 95%. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab tidak tercapainya nilai *availability* dan memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan kinerja *load lugger*. Perbaikan peralatan menggunakan siklus *plan, do, check, action* (PDCA). Penyebab nilai *availability* tidak sesuai dengan target yang telah ditetapkan adalah sering terjadi kerusakan pada *cover jack, pin rantai hook, ban* serta *cylinder hydraulic lifting arm*. Perbaikan peralatan dengan merubah *design housing* dan *cover cylinder hydraulic jack* serta merubah material *cover hydraulic jack* dari 3 mm menjadi 8 mm mampu meningkatkan nilai *availability* menjadi 96,3%. Penerapan metodologi PDCA pada peralatan mampu mengurangi tingkat kegagalan suatu peralatan yang berdampak pada peningkatan kinerja peralatan.

Kata kunci : *Availability, Cover Cylinder Jack, Load Lugger, PDCA*

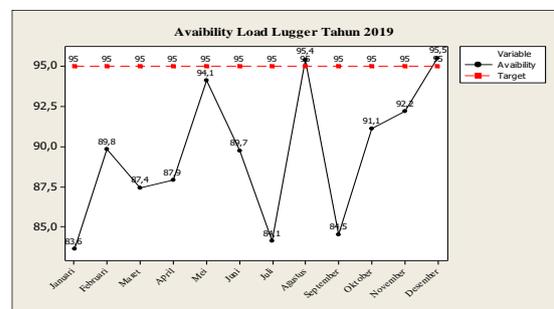
PENDAHULUAN

Load lugger adalah sebuah kendaraan yang berfungsi sebagai alat untuk membuang limbah scrap yang diangkut dalam *scrapbox*. Perbedaan kendaraan ini dengan kendaraan yang lain adalah dengan adanya *lifting arm* yang berfungsi untuk mengangkat *scrapbox* dari lantai ke badan kendaraan. Kendaraan ini jarang yang menggunakan sehingga jika terjadi kerusakan, tidak ada kendaraan lain yang bisa menggantinya karena fungsi dan cara kerjanya yang spesial.

Ketersediaan kendaraan yang hanya tiga unit memberikan dampak yang besar terhadap kelangsungan produksi dari salah satu plant konsumen. *Availability* kendaraan sulit mencapai standar 95% yang disebabkan faktor *lifetime* kendaraan yang sudah lebih dari lima tahun dan semakin tingginya produksi dari *plant customer*. Rata-rata *availability* peralatan selama 1 tahun dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember hanya mencapai 89,6% (Gambar 1) dengan hanya 2 bulan yang bisa mencapai di atas 95%.

Permasalahan *downtime* yang besar perlu cepat diselesaikan untuk meminimalkan tingkat ketidakpuasan konsumen terkait penggunaan *load lugger*. Untuk mengidentifikasi akar penyebab potensial dan tindakan penanggulangan yang tepat, perlu untuk menggunakan siklus PDCA (*Plan, Do, Check and Action*) untuk setiap tingkat kegiatan dan memperjelas

hubungan antara kegiatan teknik lainnya (Fuchino et al., 2007). Siklus PDCA merupakan metode pengembangan perbaikan suatu proses (Maruta, 2012) dengan berfokus pada perbaikan berkelanjutan (Sokovic et al., 2010) dengan fokus terhadap permasalahan yang terjadi. PDCA merupakan filosofi perbaikan berkelanjutan yang bisa diterapkan ke dalam budaya organisasi (Silva et al., 2017) dengan memperhatikan penyimpangan yang mungkin terjadi dengan tujuan utama agar proses menjadi lebih baik (Isniah et al., 2020).



Gambar 1. *Availability Load Lugger Tahun 2019*

Implementasi PDCA secara spesifik mampu mengidentifikasi permasalahan haul truck CAT 777 E dengan strategi jangka panjang melakukan overhaul dan jangka pendek seperti *preventive maintenance* setiap minggu, pemberian training kepada operator

serta melakukan pengawasan secara intens terhadap kendaraan (Adiasa et al., 2021). Konsep PDCA mampu mengidentifikasi dan memperbaiki permasalahan loss time sistem lubrikasi menjadi rata-rata 22 menit dari sebelumnya sebesar 96,63 menit (Dermawan & Silaban, 2020). Penerapan 7 langkah metode PDCA mampu mengurangi tingkat downtime *Cooler Misalignment* menjadi 0 dari awal 181 jam dan *downtime Cooler* dari 98,28 jam menjadi 91.36 jam (Surijanto et al., 2017).

Pengukuran keberhasilan implementasi PDCA dalam penelitian ini adalah penurunan *downtime* sesuai penelitian Surijanto et al. (2017) yang akan dikonversikan pada nilai *availability*, *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Perbedaan hanya pada langkah implementasi PDCA fokus pada 4 tahapan yaitu *plan*, *do*, *check* dan *action*, dimana penelitian Surijanto et al. (2017) menggunakan 7 langkah. Penerapan 4 langkah ini diharapkan mampu mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada *load lugger* dan hasil perbaikan mampu meningkatkan nilai *availability* secara keseluruhan.

METODE

Penelitian ini berfokus pada usaha peningkatan kinerja *load lugger* dengan menggunakan siklus PDCA. Pemilihan objek penelitian ini berdasarkan keterbatasan kendaraan sehingga memerlukan penanganan khusus untuk meminimalkan tingkat kerusakan. Penelitian ini menggunakan data operasional kendaraan selama tahun 2019.

Penelitian ini menggunakan parameter *availability*, *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). untuk mengukur tingkat efektivitas kinerja kendaraan *load lugger*. *Availability* adalah tingkat rasio dari aktual operasi kendaraan dengan operasi normal kendaraan. MTBF merupakan interval kerusakan mesin dari mulai operasi setelah perbaikan sampai peralatan mengalami kerusakan kembali (Reza et al., 2017). Semakin lama interval waktu menunjukkan peralatan bekerja lebih optimal. MTTR merupakan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan fungsionalitas peralatan jika terjadi kegagalan.

MTTR terdiri dari waktu untuk persiapan, verifikasi kesalahan, lokasi kesalahan, pengadaan suku cadang, perbaikan aktual, pengujian dan pekerjaan administrasi, dll (Gupta et al., 2013).

$$A = \frac{TWH}{WH} \times 100\% \quad (1)$$

$$MTBF = \frac{\text{Normal Working Hour}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \quad (2)$$

$$MTTR = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \quad (3)$$

PDCA secara umum mempunyai 4 langkah yaitu *plan*, *do*, *check* dan *action*. *Plan* merupakan fase identifikasi peluang perbaikan dan perbaikan prioritas. Penentuan proses analisis menggunakan data yang konsisten, penentuan penyebab masalah, dan solusi yang mungkin diusulkan untuk menyelesaikannya (Realyvásquez-Vargas et al., 2018). Pada fase ini, penyebab kerusakan *load lugger* akan diidentifikasi untuk mengetahui penyebab kerusakan dengan menggunakan diagram pareto. *Do* adalah proses pelaksanaan implementasi dari rencana aksi yang dilakukan untuk mencapai target yang telah ditentukan dengan mempertimbangkan kemungkinan yang terduga. *Check* merupakan analisis hasil perbaikan yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan. *Action* adalah tahap pengembangan yang bertujuan untuk melakukan standarisasi perbaikan yang telah dilakukan (Realyvásquez-Vargas et al., 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kendaraan *load lugger* adalah sebuah kendaraan yang berfungsi sebagai alat untuk membuang limbah *scrap* yang diangkut dalam *scrap box*. Perbedaan kendaraan ini dengan kendaraan yang lain adalah dengan adanya *lifting arm* yang berfungsi untuk mengangkat *scrapbox* dari lantai ke badan kendaraan. Kendaraan ini mempunyai spesifikasi Volvo FMX 370 dengan torsi 1770 NM dan kapasitas 25 Ton. Penelitian ini menggunakan data operasional (*actual working hour*, *ritase* dan *tonase*) dan data *maintenance* (*frekuensi breakdown*, *breakdown*, *preventive* dan *corrective*) selama tahun 2019 (Tabel 1).

Tabel 1. Data Operasional dan *Maintenance Load Luger*

Bulan	<i>Actual Working</i> (Jam)	<i>Ritase</i>	<i>Tonase</i> (Jam)	<i>Frekuensi Breakdown</i>	<i>Break-down</i> (Jam)	<i>Preventive</i> (Jam)	<i>Corective</i> (Jam)
Januari	570,5	8424	72996	41	111,6	30	90
Februari	572,7	8736	73164	38	65,3	30	20
Maret	596,3	7548	62664	51	85,7	30	20
April	579,9	6948	51144	39	80,1	30	20
Mei	642,0	8376	75168	24	40,0	30	20
Juni	591,7	8184	63000	29	68,3	30	20
Juli	573,5	7848	61152	54	108,5	30	20
Agustus	650,8	7200	60084	29	31,2	30	20
September	557,8	7920	60612	35	102,2	30	20
Oktober	621,0	7812	61440	35	61,0	30	20
November	608,8	7848	61080	34	51,2	30	20
Desember	651,0	7920	60984	16	31,0	30	20

Data operasional dan *maintenance load lugger* ini digunakan untuk menghitung nilai *availability*, *MTTR* dan *MTBF* untuk mengetahui efektivitas kinerja *load lugger*. Contoh perhitungan ketiga parameter tersebut adalah sebagai berikut:

Actual working hour

$$= \text{Normal Working hour} - \text{breakdown maintenance}$$

Actual working hour

$$= (22 \times 31) \text{ jam} - 111,6 \text{ jam}$$

Actual working hour = 570,5

MTBF

$$= \text{Normal Working Hour} / \text{Frekuensi Breakdown}$$

MTBF = 570,5 / 41

MTBF = 13,9 jam

$$\text{MTTR} = \text{Breakdown} / \text{frekuensi Breakdown}$$

$$\text{MTTR} = 111,55 / 41$$

$$\text{MTTR} = 2,72 \text{ jam}$$

$$\text{Availability} = (570,5 \text{ jam} / 682 \text{ jam}) \times 100\%$$

$$\text{Availability} = 83,6 \%$$

Hasil perhitungan secara keseluruhan menunjukkan nilai *availability* selama tahun 2019 sebesar 89,6%, nilai *MTBF* sebesar 19 jam dan nilai *MTTR* sebesar 1,95 jam (Tabel 2). Nilai *availability* ini masih belum mencapai target perusahaan sebesar 95% yang menunjukkan kinerja peralatan masih belum maksimal (Fitriah et al., 2021). Nilai *MTBF* 19 jam berarti rata-rata tingkat kehandalan beroperasi adalah selama 19 jam. Rata-rata waktu perbaikan (*MTTR*) setiap kerusakan adalah 1,94 jam.

Tabel 2. Nilai *MTBF*, *MTTR* dan *Availability Load Luger* Tahun 2019

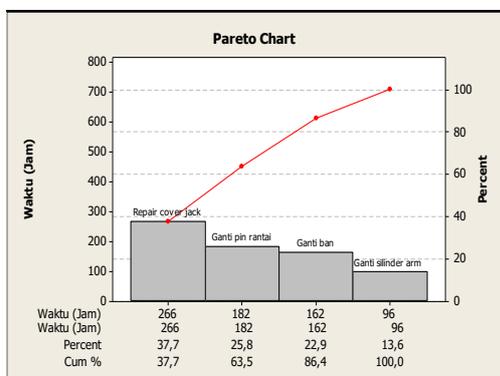
Bulan	<i>MTBF</i> (jam)	<i>MTTR</i> (jam)	<i>Availability</i> (%)
Januari	13,91	2,72	83,6
Februari	15,07	1,72	89,8
Maret	11,69	1,68	87,4
April	14,87	2,05	87,9
Mei	26,75	1,67	94,1
Juni	20,40	2,35	89,7
Juli	10,62	2,01	84,1
Agustus	22,44	1,08	95,4
September	15,94	2,92	84,5
Oktober	17,74	1,74	91,1
November	17,91	1,51	92,2
Desember	40,69	1,94	95,5
Rata-rata	19,00	1,95	89,6

PDCA adalah tahapan proses yang terdiri dari proses *Plan, Do, Check, dan Action*. *Plan* terdiri dari kegiatan menentukan tema, menetapkan target, analisa penyebab masalah dan rencana perbaikan. *Do* merupakan kegiatan terkait dengan implementasi perbaikan. *Check* adalah evaluasi hasil perbaikan dan *Action* adalah menetapkan standarisasi

Plan

Langkah awal dalam tahapan ini adalah menentukan tema berdasarkan hasil identifikasi masalah. Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah tidak tercapainya nilai *availability* sehingga mendapatkan komplain dari *customer*. Berdasarkan data *maintenance* diketahui ada 4 masalah dominan yang sering terjadi berulang pada tiga unit *load lugger* yaitu *repair cover jack*, ganti *pin rantai hook*, ganti ban, dan ganti *silinder lifting arm*.

Identifikasi masalah untuk prioritas perbaikan menggunakan *diagram pareto*. Analisis dengan menggunakan *diagram pareto* membantu organisasi untuk fokus dan menyelesaikan permasalahan kegagalan peralatan yang paling kritis (Madu, 2000). Hasil dari *diagram pareto* menunjukkan *repair cover jack* merupakan penyebab yang paling besar pada kegagalan kendaraan *Load Lugger* (Gambar 2). Penelitian ini fokus pada kegiatan *repair cover jack* yang menyumbang kegagalan terbesar yaitu membutuhkan waktu selama 266 jam (37,7). Pemilihan ini dikarenakan ketiga jenis kegiatan lain hanya bersifat pergantian, tidak memerlukan kegiatan perbaikan.



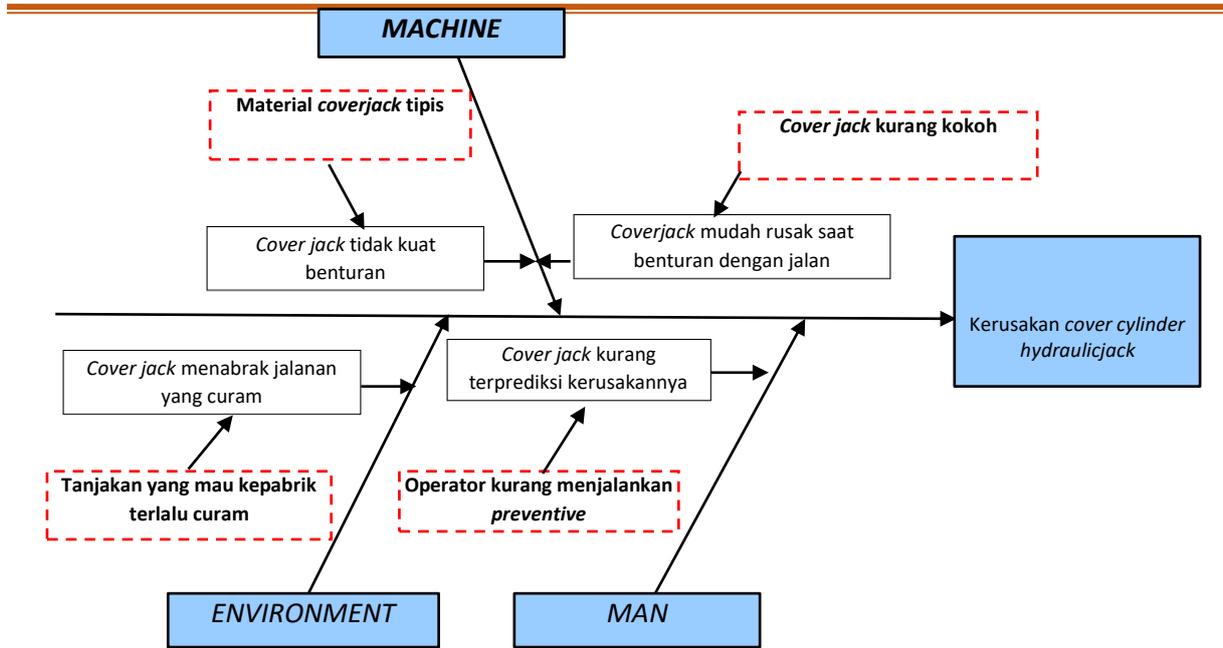
Gambar 2. Diagram Pareto

Masalah utama yang sering terjadi pada unit kendaraan *load lugger* adalah *repair cover cylinder hydraulic jack* yang berdampak pada *delay time*, customer complain, biaya repair karena sering jadi mahal, pelayanan terhadap

customer jadi terhambat serta *availability* menurun. Kegagalan tersebut disebabkan oleh cover cylinder hidrolik jack cepat rusak. Kerusakan tersebut membutuhkan biaya repair *cover jack* dan perbaikan *cylinder hydraulic jack* selama 12 bulan sebesar Rp. 270.000.000 yang digunakan untuk *repair cylinder* sebanyak 20 pcs dan biaya *repair housing dan cover cylinder* sebanyak 133 kali. Proses *repair cover hydraulic jack* membutuhkan 266 jam selama 1 tahun. Kondisi ini membuat operator selalu khawatir *cover jack* rusak karena harus bolak balik ke *workshop* dan *customer* sering komplain karena tidak mencapai target *tonase* muatan dan terlambat melayani *request*.

Target yang ingin dicapai berdasarkan permasalahan yang ada dari segi *quality* adalah cover cylinder hydraulic jack tidak mudah rusak dengan biaya perawatan yang lebih rendah. Selama 3 bulan diharapkan tidak ada repair cover jack (*delivery*) dan dari segi moral operator tidak khawatir *cover hydraulic jack* rusak dan *customer* tidak komplain. Target akhir adalah tercapainya nilai *availability* dari kendaraan *load lugger* diatas 95 %.

Analisa penyebab masalah *repair cover hydraulic jack* dengan menggunakan *fishbone diagram*. Diagram *Fishbone* dikembangkan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan pemeliharaan yang mengakibatkan kegagalan *cover cylinder hydraulic jack*. Diagram ini akan membantu mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan kegagalan yang ada untuk mendapatkan solusi perbaikan yang efektif (James et al., 2017). Hasil *fishbone diagram* menunjukkan permasalahan yang menyebabkan *cover cylinder hydraulic jack* sering rusak sehingga menyebabkan delay 266 jam serta biaya perbaikan sebesar Rp. 270.000.000 adalah *cover hydraulic jack* desainnya kurang kokoh, material *cover hydraulic jack* tipis, operator kurang melakukan *preventive* dan *cover jack* menabrak jalan yang curam tanjakannya (Gambar 3).



Gambar 3. *Fishbone Diagram*

Perencanaan perbaikan berdasarkan empat penyebab utama dari *cover cylinder hydraulic jack*. Konstruksi *housing cover hydraulic jack* kurang kokoh diperbaiki dengan cara merubah desain *housing cover hydraulic jack* sehingga *housing* dan *cover hidrolic* tidak mudah rusak terkena benturan. Perbaikan untuk material *cover hydraulic jack* tipis adalah merubah material *cover hydraulic jack* dengan plat 8 mm. Perbaikan terkait dengan operator yang kurang melakukan *preventive* dengan mereview SOP pengoperasian kendaraan dan mensosialisasikan ulang semua SOP kepada semua operator supaya operator selalu melakukan *preventive* sebelum mengoperasikan kendaraan. Permasalahan *cover jack* menabrak jalan diselesaikan dengan cara memperbaiki tanjakan jalan yang curam ke arah pabrik dengan merubah sudut jalan supaya landai agar tidak berbenturan dengan *cover jack*.

Do

Dalam langkah ini dilakukan implementasi perbaikan, Proses perbaikan untuk dua masalah pertama dilakukan secara bersamaan karena saling berhubungan, sedangkan untuk masalah yang keempat diusulkan kepada *customer* yang memiliki kewenangan untuk melakukan perbaikan. Sedangkan masalah yang kedua dilakukan secara paralel dengan proses perbaikan yang pertama dan kedua. Modifikasi *cover cylinder*

hydraulic jack diharapkan mampu meningkatkan keandalan peralatan dan bisa meminimalkan kerusakan yang terjadi (Tabel 3). *Housing* dan *cover hidrolic jack* lebih kokoh dan material platnya lebih tebal sehingga tahan terhadap benturan dan dapat melindungi silinder hidrolik tidak mudah rusak.

Tabel 3. Kondisi Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan

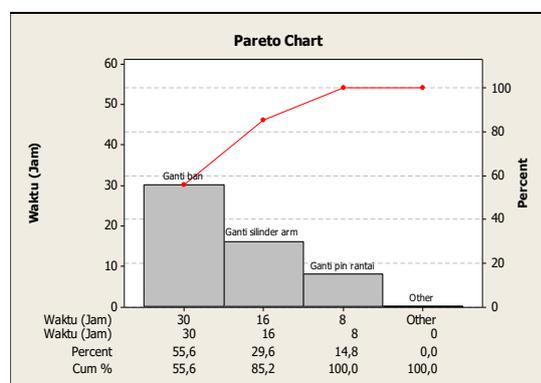
Check

Tahapan check merupakan tahapan evaluasi terhadap perbaikan yang dilakukan dengan membandingkan hasil yang dicapai dengan hasil sebelum perbaikan. Evaluasi hasil perbaikan dilakukan dengan mengecek kembali nilai *availability* selama tiga bulan yaitu bulan Maret sampai Mei 2020. Perbaikan yang telah dilakukan mampu mencapai target *availability* yaitu 96,3% dari target 95%. Peningkatan ini berdampak pada kehandalan peralatan (MTBF) yaitu naik dari 19,00 jam menjadi 30,46 jam serta efisiensi waktu perbaikan (MTTR) dari 1,95 jam menjadi 1,15 jam (Tabel 4).

Tabel 4. Nilai MTBF, MTTR dan *Availability* Maret – Mei 2020

Bulan	MTBF (jam)	MTTR (jam)	Availability (%)
Maret	36,46	1,43	96,2
April	23,37	1,07	95,6
Mei	31,54	0,94	97,1
Rata-rata	30,46	1,15	96,3

Pencapaian selama 3 bulan menunjukkan tidak ada kegagalan yang berkaitan dengan kegiatan *repair cover jack* (Gambar 4). Hal ini menunjukkan design yang telah dilakukan efektif untuk mengurangi tingkat kerusakan peralatan. Beberapa riset juga menunjukkan perbaikan design mampu meningkatkan keandalan suatu peralatan (Hartono & Fatkhurozi, 2021; Kurniawan et al., 2019)



Gambar 4. Diagram Pareto Setelah Perbaikan

Perbaikan yang dilakukan dapat mencapai target yang telah ditetapkan sebelumnya dengan membuat *cover cylinder hydraulic jack* dan *cylinder jack* tidak mudah rusak. Design berdampak pada pengurangan

biaya perbaikan cover jack dan perbaikan *cylinder hydraulic jack* selama 12 bulan Rp. 270.000.000 menjadi Rp. 75.000.000 dari biaya biaya modifikasi tiga *cover cylinder hydraulic jack*. Perbaikan ini membuat tidak ada repair *cover jack* dan ganti *cylinder hydraulic jack* dalam waktu 3 bulan dari sebelumnya yang membutuhkan proses perbaikan *cover jack* dan ganti *cylinder hydraulic jack* 266 jam selama 1 tahun.

Action

Tahap action adalah tahapan standarisasi setelah hasil check dianggap mampu mencapai target yang telah ditetapkan. Adapun *work instruction* pengoperasian *cylinder hydraulic jack* adalah aktifkan tombol PTO (*Power Take Off*), dorong tuas hidrolis ke arah depan untuk menurunkan *cylinder hydraulic jack*, pastikan plate alas *cylinder* sudah menyentuh lantai, setelah selesai mengangkat atau menurunkan *scrap box* naikan *cylinder jack* sampai batas atas maksimal dan matikan tombol PTO.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penyebab terbesar nilai *availability load lugger* tidak tercapai adalah faktor *repair cover jack* yang disebabkan cover hydraulic jack desainnya kurang kokoh, material *cover hydraulic jack* tipis, operator kurang melakukan *preventive* dan *cover jack* menabrak jalan yang curam tanjakannya. Perbaikan dengan cara merubah desain *housing* dan *cover cylinder hydraulic jack* serta mengganti material *cover hydraulic jack* dari 3 mm menjadi 8 mm mampu meningkatkan nilai *availability* dari 89,6% menjadi 96,3%. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan melakukan integrasi metode DELTA dan siklus PDCA untuk memperbaiki permasalahan lain yang terjadi atau implementasi *autonomous maintenance* untuk mengefektifkan sistem perawatan kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiasa, I., Fachri, Y., Suarantalla, R., & Mashabai, I. 2021. *Analisis Preventive Maintenance pada Unit Haul Truck Tipe Cat 777e dengan Menggunakan Siklus Plan, Do, Check, Action (PDCA) Di PT. Lawang Sampar Dodo*. Performa: Media Ilmiah Teknik Industri, 20(1), 29–34. <https://doi.org/10.20961/performa.20.1.44826>
- Dermawan, D., & Silaban, A. R. 2020. *Usulan Perbaikan Loss Time Lubrikasi dengan*

- Implementasi PDCA di Paper Machine (PPM# 7)*. Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 3(1), 10–15. <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jutin/article/view/803>
- Fitriah, F., Setiawan, H., Nalhadi, A., Sucipto, E. H., & Supriyadi, S. 2021. *Peningkatan Keandalan Load Lugger dengan Pendekatan Failure Mode and Effect Analysis*. Jurnal Inovasi Dan Kreativitas (JIKA), 1(1), 55–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.30656/jika.v1i1.3290>
- Fuchino, T., Miyazawa, M., & Naka, Y. 2007. *Business model of plant maintenance for lifecycle safety*. In V. Pleşu & P. Ş. B. T.-C. A. C. E. Agachi (Eds.), 17 European Symposium on Computer Aided Process Engineering, Vol. 24, pp. 1175–1180. [https://doi.org/10.1016/S1570-7946\(07\)80220-3](https://doi.org/10.1016/S1570-7946(07)80220-3)
- Gupta, P., Gupta, S., & Gandhi, O. P. 2013. *Modelling and evaluation of mean time to repair at product design stage based on contextual criteria*. Journal of Engineering Design, 24(7), 499–523. <https://doi.org/10.1080/09544828.2013.772955>
- Hartono, H., & Fatkhurozi, F. 2021. *Penerapan Kaizen untuk Mengurangi Loss Time dalam Peningkatan Produktivitas Mesin Infrared Welding (Studi Kasus PT. Mitsuba Indonesia)*. Journal Industrial Manufacturing, 6(1), 1–18. <https://doi.org/10.31000/jim.v6i1.4114>
- Isniah, S., Purba, H. H., & Debora, F. 2020. *Plan do check action PDCA method: literature review and research issues*. Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri, 4(1), 72–81. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v4i1.2186>
- James, A. T., Gandhi, O. P., & Deshmukh, S. G. 2017. *Assessment of failures in automobiles due to maintenance errors*. International Journal of System Assurance Engineering and Management, 8(4), 719–739. <https://doi.org/10.1007/s13198-017-0589-5>
- Kurniawan, W., Susilo, F. A., Purba, H. H., & Aisyah, S. 2019. *Reducing tyre scrap blister under tread with PDCA approach: a case study in manufacturing industry*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 508, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/508/1/012089>
- Madu, C. N. 2000. *Competing through maintenance strategies*. International Journal of Quality & Reliability Management, 17(9), 937–949. <https://doi.org/10.1108/02656710010378752>
- Maruta, R. 2012. *Maximizing Knowledge Work Productivity: A Time Constrained and Activity Visualized PDCA Cycle*. Knowledge and Process Management, 19(4), 203–214. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/kpm.1396>
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. 2018. *Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry*. A Case Study. In Applied Sciences, Vol. 8, Issue 11, pp. 1–17. <https://doi.org/10.3390/app8112181>
- Reza, D., Supriyadi, S., & Ramayanti, G. 2017. *Analisis Kerusakan Mesin Mandrel Tension Rell dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan| SENASSET, 190–195. <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/senasset/article/view/447>
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. 2017. *Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company*. Journal of Cleaner Production, 150, 324–338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. 2010. *Quality improvement methodologies–PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS*. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 43(1), 476–483. http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_vol43_1/43155.pdf
- Surijanto, H., Margianto, M., & Lesmanah, U. 2017. *Implementasi Metode PDCA Seven Step untuk Menekan Frekuensi Gangguan Missalignment Pada Mesin Cooler Tuban-2 di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk*. Jurnal Teknik Mesin, 5(01), 1–8.

<http://www.riset.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/652>