



ANALISIS KERUSAKAN POMPA HIDROLIK PADA EKSKAVATOR R 330LC-95

(STUDI KASUS DI RENTAL ALAT BERAT YOGYAKARTA)

Juan Pratama Aditya^{1*}, Danar Susilo Wijayanto¹, Towip¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

E-mail: juanpratam83@student.uns.ac.id

Abstract

The purpose of this study is to: 1) Analyse the factors affecting the damage of medium-sized excavator pumps with type 330LC-9s; and 2) analyse the impact of pump damage on medium-scale excavators with Type 330L C-9s. This type of research is qualitative with purposive sampling techniques. The population of the sample of this research was an employee in the rental workshop of excavators, with with a sample chief mechanic, expert technician, and three operators. The researchers conducted active participation observations. The results of this study are: 1) The factors causing the failure of the hydraulic pump excavators R 330LC-9s are the lack of attention of operators in operations in the field, the use of instruments that do not match their capacity, a lack of periodic service, and mechanical repairs that are not in accordance with procedures. 2) When the hydraulic pump excavators R 330LC-9s have problems, they become low-power, so noise and operational function are not at their maximum. So we need to replace spare parts, replace oil, and regularly maintain both mechanically and procedurally.

Keywords: *Hydraulic pumps, excavators, pump damage.*

A. PENDAHULUAN

Jenis alat berat di dunia pertambangan bermacam-macam disesuaikan dengan aplikasinya, seperti untuk pengangkutan, penggalian, dan sebagainya. Bahkan dalam dunia Konstruksi, *forestry*, *landscaping* dan beberapa kegiatan lain juga turut menggunakan alat-alat berat dalam kinerjanya sehari-hari. Salah satu jenis alat

berat yang banyak digunakan dalam kegiatan pertambangan adalah ekskavator.

Ekskavator adalah sebuah alat berat dengan rangkaian *arm*, *boom*, dan *bucket* yang berfungsi sebagai alat keruk, serta tenaga penggerak hidrolik. alat yang fungsi utamanya untuk menggali, memuat material ke dalam *dump truck* atau *loading*, menciptakan kemiringan atau

sloping, memecahkan batu (*hammering*), dan juga mengebor (*drilling*) agar dapat menghemat waktu pengerjaan (Sarwandy & Royan, 2019).

Seringkali peralatan utama di pertambangan lokal mudah rusak karena kegagalan sistem hidrolik. Salah satu komponen penting yang ada di dalam ekskavator adalah pompa hidrolik. Efendi menyebutkan pompa adalah peralatan mekanis untuk mengubah sebuah energi mekanis dari mesin penggerak pompa menjadi energi tekan fluida, yang dapat memindahkan fluida dari tempat rendah ke tempat yang tinggi elevasinya (Efendi, 2021). Pompa hidrolik adalah komponen yang akan mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dalam bentuk aliran dan tekanan (Salu & Ariyanto, 2022).

Kegagalan pompa hidrolik dapat disebabkan oleh beberapa faktor misalnya, desain sistem yang buruk, penggunaan cairan berkualitas rendah dan kontrol kontaminasi yang buruk. Kondisi ini tentu dapat menghambat kegiatan dan kinerja dari alat berat itu sendiri. *Hydraulic low power* adalah suatu kondisi dimana ekskavator tidak dapat berfungsi dengan baik akibat adanya gangguan pada beberapa bagian dari alat berat ekskavator. Pompa umumnya dikelompokkan menurut

desain, bahan konstruksi, dan cairan yang bekerja pada pompa tersebut sesuai fungsi penggunaannya (McCabe, Lanckton, & Dwyer, 1984).

(Yulianto, Soeleman, & Mulyana, 2014) meneliti mengenai pengaruh beban terhadap tekanan pompa hidrolik pada *reach stacker* saat proses *lifting* petikemas. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui berapa nilai tekanan pompa hidrolik yang diperlukan untuk mengangkat tiap berat peti kemas saat proses *lifting* petikemas dilakukan. dimana hasil yang diperoleh pada saat proses *lifting* petikemas akan dibandingkan dengan nilai batas tekanan maksimum pompa hidrolik untuk mengetahui berapa beban maksimum yang dapat diterima oleh pompa hidrolik. Jadi ketika beban yang diterima melebihi kapasitas pompa maka dapat menyebabkan kerusakan pada pompa hidrolik.

Penelitian terdahulu juga melakukan penelitian mengenai analisis kerusakan hose sistem hidrolik pada ekskavator tipe EC55B Pro (Riki Irfan & Firmansyah, 2022). Penelitian tersebut dilakukan untuk menganalisa kerusakan, faktor penyebab, cara pemugaran dan pencegahan kerusakan di Sistem hidrolik alat berat ekskavator tipe EC55B pro dan untuk mengetahui kerugian gaya pada silinder hidrolik yang

disebabkan oleh kerusakan sistem hidrolik. Kerusakan yang acap kali terjadi di ekskavator artinya di sistem hidrolik. Langkah perbaikan yg dilakukan dengan mengubah komponen yang mengalami kerusakan secara keseluruhan (*assy*). Tindakan pencegahan dilakukan menggunakan menjalankan *daily check* serta *preventive maintenance sinkron mekanisme*.

Penelitian yang sebelumnya telah dilakukan yaitu analisis tekanan maksimum pada pompa hidrolik ekskavator tipe PC 200-8. Menurut (Salu & Ariyanto, 2022) setiap ekskavator memiliki pompa hidrolik yang berfungsi untuk memindahkan cairan oli hidrolik dari tangki ke setiap silinder. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui daya pompa hidrolik ekskavator, besar daya *boom* ekskavator saat melakukan gerakan, dan untuk mengetahui daya pada arm ekskavator. Untuk mendapat nilai daya maka dilakukan juga perhitungan pada tekanan maksimum pompa hidrolik, Aliran (*flow*) pompa hidrolik, dan daya pompa hidrolik. Dari hasil perhitungan maka dapat disimpulkan tekanan maksimum pada pompa hidrolik dapat menghasilkan daya yang besar. Tekanan pada silinder boom yang kecil akan menghasilkan daya yang kecil demikian juga pada silinder arm

tekanan yang dihasilkan lebih besar dari silinder boom.

(Hidayat et al., 2022) melakukan penelitian mengenai *failure analysis of ekskavator pompa hidrolik*. Kegagalan pompa hidrolik mungkin terkait dengan perangkat keras atau masalah pada oli. Pada penelitian ini, kegagalan pompa hidrolik ekskavator diselidiki dengan menggunakan pengamatan visual dan pengukuran komponen-komponen.

Proses pembongkaran pompa dilakukan dengan mempertimbangkan buku manual pompa hidrolik ekskavator. Keausan abrasif pada sandal pompa dan *swash plate* diamati dengan membandingkan pedoman untuk komponen yang dapat digunakan kembali. Nilai jarak bebas lebih dari 1,07 mm di dalam lubang piston dan silinder diukur kemudian hasilnya melebihi batas yang diizinkan dengan mempertimbangkan buku suku cadang manual. Menganalisis kegagalan komponen dengan benar dapat memberikan informasi berharga tentang apa yang menyebabkan kegagalan dan dengan demikian dapat menghindari waktu henti yang tidak terjadwal di masa depan.

Masalah lain penyebab kerusakan pada pompa hidrolik adalah kebocoran pada *seal* sehingga menyebabkan fluida seharusnya bertekanan tinggi pada pompa

hidrolik justru berkurang. Kebocoran biasanya terjadi pada seal, o-ring, selang, dan lain-lain. Masa pakai oli hidrolik harus diperhatikan dengan cara pengecekan berkala sesuai standar agar pompa dapat bekerja secara normal dan baik. Berdasarkan kajian diatas, maka pompa hidrolik merupakan salah satu komponen dari pompa hidrolik yang sering bermasalah.

Untuk itu, peneliti tertarik untuk menganalisis kerusakan pompa hidrolik pada ekskavator dan peneliti ingin mengenal lebih jauh mengenai alat berat dan juga alat berat tersebut tidak tersedia untuk dipelajari secara umum. Selain itu peneliti juga ingin memberi wawasan lebih mengenai alat berat khususnya ekskavator kepada operator, mekanik, dan masyarakat luas bahwa terdapat banyak permasalahan di dalam ekskavator.

Untuk menghindari meluasnya atau memperparah masalah yang akan terjadi, maka peneliti akan membahas masalah yang hanya berkaitan dengan prosedur perawatan, langkah awal yang dilakukan jika terjadi kerusakan, dan faktor-faktor yang bisa memperparah kerusakan pompa, antara lain:

1. Penelitian dilakukan di bengkel rental Ekskavator yang beralamat di Jl.

Ringroad Barat No. 35, Yogyakarta 55291

2. Objek penelitian adalah Ekskavator ukuran *medium* dengan tipe 330LC-9s.
3. Pompa hidrolik yang jenisnya pompa piston.

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Bermanfaat secara akademis, diharapkan dapat mengembangkan Pengetahuan dalam ilmu Pendidikan Teknik Mesin terutama yang berkaitan dengan alat berat.
2. Bermanfaat secara praktis, agar dapat memberikan informasi lebih mengenai analisa kerusakan pompa hidrolik pada ekskavator ukuran medium dengan tipe 330LC-9s kepada industri alat berat, mahasiswa Teknik mesin, maupun masyarakat luas. Dengan mengetahui informasi tersebut diharapkan dapat membantu dalam mengetahui penyebab kerusakan pompa hidrolik pada ekskavator.

B. METODE

Penelitian ini dilakukan di dilakukan di bengkel rental Ekskavator yang beralamat di Jl. Ringroad Barat No. 35, Yogyakarta 55291. Tempat ini dipilih karena cocok dengan tema penelitian selain itu sudah mengenal kurang lebihnya lingkungan dan

sarana prasarana yang sudah menjadi bekal awal dalam penelitian. Sedangkan waktu untuk pengumpulan data, analisis, dan laporan ialah 3 bulan.

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain penelitian Kualitatif. Mencoba menggali makna menurut para partisipan, sehingga peneliti harus terjun langsung ke dalam lingkungan atau suasana alamiah partisipan untuk mengambil berbagai macam data, baik melalui wawancara, observasi maupun dokumen-dokumen. Penelitian kualitatif mencoba untuk mencari gambaran menyeluruh dari isu yang diteliti, sehingga bisa saja pelaksanaan penelitian ini lebih luas dari rencana penelitian yang telah disusun sebelumnya (Cresswell, 2009).

Data kualitatif, yaitu data yang disajikan dalam bentuk kata verbal bukan dalam bentuk angka (Muhadjir, 1996). Dalam penelitian ini data diperoleh melalui proses wawancara dan observasi yang dilakukan di tempat penelitian yaitu dilakukan di bengkel rental ekskavator yang beralamat di Jl. Ringroad Barat No. 35, Yogyakarta 55291. Data dibagi menjadi dua yaitu data :

1. Sumber data primer di dalam penelitian ini adalah Bapak A sebagai Kepala bengkel, bapak B sebagai

teknisi ahli, dan bapak C, D, E sebagai operator.

2. Data sekunder ini merupakan data yang sifatnya mendukung keperluan data primer seperti buku-buku panduan alat-alat ekskavator, literatur dari penelitian sebelumnya, bacaan, dan dokumentasi di lapangan.

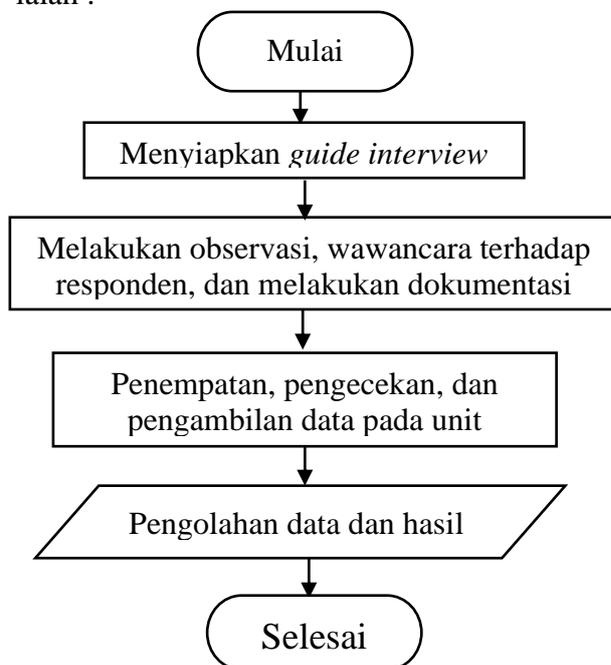
Dalam memperoleh subjek penelitian, peneliti menggunakan teknik pengambilan sampel *purposive sampling*. Populasi dari sampel penelitian ini adalah karyawan di bengkel rental ekskavator dengan sampel penelitian bapak A selaku kepala mekanik, bapak B selaku teknisi ahli, dan bapak C, D, E selaku operator.

Dalam melakukan observasi, peneliti menggunakan observasi partisipasi aktif, dimana peneliti ikut terlibat dalam beberapa aktivitas yang dilakukan oleh informan sambil melakukan pengamatan di bengkel rental ekskavator. Maka data yang diperoleh akan lebih lengkap, tajam, dan sampai mengetahui pada tingkat makna dari setiap perilaku yang nampak.

Dokumentasi agar memperkuat data yaitu berasal dari jurnal kegiatan yang ditulis oleh peneliti dan foto-foto hasil wawancara dengan bapak A selaku kepala mekanik, bapak B selaku teknisi ahli, dan bapak C, D, E selaku operator.

Pada penelitian ini uji keabsahan data dilakukan dengan metode triangulasi adalah teknik pemeriksaan keabsahan data yang memanfaatkan sesuatu yang lain di luar data itu untuk keperluan pengecekan atau sebagai pembanding terhadap data itu. Dalam penelitian ini peneliti memakai data triangulation yaitu penggunaan lebih dari satu metode pengumpulan data dalam kasus tunggal yaitu wawancara dan observasi. Selain itu, peneliti menggunakan triangulasi waktu yaitu peneliti mengumpulkan data dengan melakukan lebih dari satu kali wawancara untuk mendapatkan data yang lebih banyak. Seperti peneliti mengambil wawancara kepada kepala bengkel, mekanik ahli, dan tiga operator.

Prosedur penelitian yang dilakukan ialah :



C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertempat di bengkel rental ekskavator yang beralamat di Jl. Ringroad Barat No.35, Kronggahan I, Trihanggo, Kec. Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55291, dengan beberapa pertanyaan utama dan beberapa pertanyaan spontan untuk mendapat informasi dari informan mengenai kerusakan pompa hidrolik pada ekskavator.

Peneliti menganalisis data dari beberapa sumber beralasan :

1. Pak A sebagai kepala bengkel yang sudah bekerja di bengkel di bengkel rental ekskavator selama 15 tahun tentu sudah berpengalaman dalam bidang alat berat serta paham akan bagaimana caranya melakukan analisis kerusakan, dan perawatan yang diperlukan ekskavator.
2. Salah satu teknisi yang menjadi informan bernama pak B yang menjabat sebagai teknisi yang telah bekerja di bengkel selama 6 tahun, sebelumnya beliau juga bekerja sebagai teknisi truck di Negara Brunei Darussalam. Maka dari itu beliau tentunya sudah sangat memahami berbagai permasalahan yang biasanya terjadi di ekskavator.

3. Operator C, D, E yang langsung bersinggungan dengan ekskavator.

Setelah wawancara, dokumentasi, dan observasi dilakukan, peneliti menemukan hasil sebagai berikut :

1. Faktor-Faktor Penyebab

Kerusakan

Seperti yang telah dikatakan oleh narasumber kerusakan pada ekskavator dapat terjadi di bagian manapun, namun yang sering menjadi sorotan adalah rusaknya pompa hidrolis. Rusaknya pompa hidrolis dapat menyebabkan ekskavator menjadi loyo/kurang bertenaga/*low power*, hal tersebut dikarenakan:

- a. Kerusakan pada pompa hidrolis
- b. Kerusakan pada solenoid volvo
- c. Kerusakan *part-part* seperti *seal*, *o-ring*, filter oli

Kerusakan tersebut menyebabkan terjadi kebocoran dan kurangnya oli yang menyebabkan viskositas fluida menurun, dan gaya geseknya semakin tinggi. Penggantian dari oli hidrolis dilakukan setiap 2500 jam kerja. Oli hidrolis yang dipasang di tangki hidrolis ekskavator adalah 1/2 dari semua oli yang digunakan di seluruh sistem hidrolis. 1/2 oli hidrolis yang tersisa disimpan di pompa hidrolis, motor, katup multichannel, silinder hidrolis, dan semua bagian pipa. Lingkungan kerja ekskavator juga

mempengaruhi jadwal pergantian oli. Jika ekskavator Anda digunakan di lingkungan yang kotor, berdebu, atau terkena paparan air yang tinggi, kontaminasi oli dapat terjadi lebih cepat. Dalam kondisi ini, penting untuk memeriksa kondisi oli secara lebih teratur dan mempertimbangkan penggantian yang lebih sering untuk melindungi mesin dari kerusakan akibat kontaminan.

Hal tersebut juga terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh (Isbani, 2021) mengenai analisa kerusakan main pump pada system hydraulic ekskavator komatsu pc200-7. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa kerusakan yang biasa terjadi di main pump ekskavator yaitu *low pressure*, yaitu karena terjadi goresan (*scratch*) pada *swash plate* dan *support swash plate*. Selanjutnya dilakukan penyebab terjadinya goresan (*scratch*).

- a. Kesalahan perawatan, mekanik tidak melakukan *daily check* pada unit mengakibatkan adanya eksternal leak pada sistem hidrolis. Goresan (*scratch*) Goresan (*scratch*)
- b. Terjadi kontaminasi oli, yaitu oli tercampur dengan air.

Dapat diketahui bahwa penyebab kerusakan *main pump* yaitu kesalahan mekanik yang tidak melakukan *daily check* dengan benar sehingga tidak diketahui

adanya external leak pada sistem hidrolik yang mengakibatkan oli hidrolik terkontaminasi oleh air dan merusak *main pump*.

Selain itu penyebab lain adalah berkurangnya oli karena kebocoran yang tidak terkontrol, sehingga tanpa sadar oli yang terdapat pada tangka sudah mengalami penyusutan. Apabila sering terdapat penyusutan oli, hal yang perlu dilakukan adalah melakukan pengecekan pada pipa-pipa atau bagian yang memungkinkan terjadinya kebocoran. Oli yang kotor dapat menyumbat piston pompa, sehingga kinerja pompa hidrolik menjadi tidak maksimal. Hal tersebut bisa disebabkan oleh terbukanya tutup oli pada tangka. Tidak melakukan penggantian oli secara berkala juga dapat menyebabkan oli menjadi kotor sehingga bisa menimbulkan penyumbatan pada piston pompa (Malau, 2019).

2. Penanganan Kerusakan

Part-part seperti *o-ring*, *seal*, dan filter pompa perlu diganti jika sudah mencapai 100 jam, karena jika dipakai sampai batas maksimal 2000 jam kerja maka filter penyaring bisa rusak bahkan lepas dan menyebabkan penyumbatan di dalam filter dan dapat juga menyebabkan low power. Maka dari itu kualitas dari part-part tersebut juga perlu diperhatikan, karena

kualitas dari barang tersebut mempengaruhi awet tidaknya saat digunakan.

Contohnya jika menggunakan barang yang dibawah standar dengan maksud agar biaya pengeluaran bisa lebih murah justru akan membahayakan pompa karena tentunya part yang kualitasnya dibawah standar dipakai secara berlebihan akan menyebabkan kebocoran dengan cepat. Penggantian part yang tidak diperhatikan juga menjadi salah satu penyebab kerusakan, ketika operator mengetahui ada kebocoran namun dibiarkan dan tetap dipakai akan menyebabkan kerusakan fatal yang membuat banyak part ikut rusak dan harus diganti.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Syahid, 2017) mengetahui bahwa penyebab kerusakan *main pump* yaitu kesalahan mekanik yang tidak melakukan daily check dengan benar sehingga tidak diketahui adanya external leak pada sistem hidrolik yang mengakibatkan oli hidrolik terkontaminasi oleh air dan merusak main pump. Untuk mencegah kerusakan pada main pump maka perlu dilakukan beberapa cara, diantaranya:

- a. Melakukan bleeding untuk mencegah terjadi kontaminasi dari udara yang terjebak dalam sistem hidrolik.

- b. Menjaga kebersihan oli hidrolik dengan cara menghindari dari faktor penyebab kontaminasi seperti masuknya udara karena kerapatan yang rendah pada bagian-bagian pertemuan komponen yang dapat mengakibatkan eksternal leak.
- c. Menjaga kebersihan tempat assembling komponen, penyimpanan *inner part* komponen dan saat perakitan.
- d. Memastikan *strainer* dan filter dalam kondisi baik untuk mencegah terjadinya kontaminasi zat padat.
- e. Melakukan *daily check* secara menyeluruh dengan baik dan benar.
- f. Melakukan *preventive maintenance* secara teratur sesuai standar prosedur pada ekskavator.

3. Dampak kerusakan

Ketika terjadi kerusakan *part-part* tentu harus diganti dengan part-part baru, tapi sebelum penggantian pada part tentu harus dilakukan pengecekan dengan cara saat ekskavator bekerja dan oli hidrolik mulai panas akan dilakukan pengecekan jika terjadi *overheating* maka dapat dipastikan bahwa pompa itu rusak.

Penyebab lain adalah penggunaan dari ekskavator yang berlebihan, beberapa perusahaan menginginkan agar pekerjaan yang dilakukan menggunakan ekskavator untuk cepat selesai, namun hal tersebut dapat menyebabkan ekskavator menjadi *overload*. Ketika ekskavator dibuat bekerja keras lebih dari maksimal maka pompa hidrolik juga bekerja diatas kapasitas, dan hal tersebut akan berdampak kepada engine juga ketika *engine overheating* dampaknya akan ke motor hidrolik itu sendiri.

Maintenance yang ditanamkan antara operator, teknisi, dan kepala bengkel juga harus baik dan memenuhi standar perawatan. penggantian oli juga harus tepat waktu, ketika ada part yang mengalami kebocoran harus segera diganti. Selain itu melakukan pengecekan secara berkala menerapkan protokol-protokol yang seharusnya dilakukan untuk merawat dan memberikan *lifetime* yang panjang pada ekskavator.

Salah satu hasil analisis jurnal oleh (Syarifudin & Putra, 2021) menyebutkan beberapa faktor dampak dari rusaknya pompa hidrolik yaitu:

- a. Mesin melebihi standar kapasitas beban

Ketika operator sedang mengoperasikan mesin sering melebihi standar kapasitas beban atau

overload yang menyebabkan tekanan atau *pressure* yang tinggi sehingga menyebabkan pecah/bocor.

b. Kurangnya perawatan pada mesin

Hal ini terjadi karena umur mesin sudah cukup tua dan kurangnya perawatan *preventive maintenance* dan *general preventive*.

c. Salah metode pengoperasian

Hal ini terjadi karena kurang koordinasi antara *leader*, mekanik, dan operator sehingga terjadi kesalahan, dan kurangnya pengetahuan SOP dalam mengoperasikan mesin.

d. Waktu operasi yang lama

Hal ini terjadi karena *hour meter* melebihi jadwal *maintenance*, yang beroperasi dengan waktu lama menyebabkan hidrolik bocor karena kurangnya perawatan secara berkala pada mesin tersebut.

e. Faktor material

Dikarenakan spesifikasi tidak bagus atau tidak sesuai standar. Hal ini terjadi karena pemilihan atau pembelian barang pada supplier dengan harga murah tapi spesifikasi yang kurang bagus. Material yang kurang bagus lebih mudah pecah/bocor karena tidak kuat menahan gesekan, panas dari pompa

hidrolik dan dari tekanan atau *pressure* yang tinggi hidrolik tersebut.

D. PENUTUP

Faktor yang menjadi penyebab rusaknya pompa hidrolik adalah kurangnya perhatian para operator dalam pengoperasian di lapangan, penggunaan alat yang tidak sesuai kapasitasnya adalah salah satu faktor yang menyebabkan pompa sering mengalami masalah juga kurang rutinnnya melakukan perawatan secara berkala. Terlepas dari itu, dari sudut mekanik juga mengambil peran dalam kerusakan pompa karena terdapat mekanik yang memperbaiki pompa tidak sesuai prosedur yang berlaku.

Dampak yang terjadi jika pompa hidolik mrngalami masalah yaitu ekskavator menjadi *low power* atau daya yang dihasilkan tidak maksimal dan akan timbulnya suara bising pada pompa. Hal yang dilakukan ketika pompa hidrolik rusak adalah dengan mengganti *part* yang sudah harus diganti, mengngnti oli atau melakukan pengecekan secara berkala untuk meminimalisir kerusakan. Perlunya edukasi bagi operator untuk menggunakan alat sesuai dengan kapasitasnya dan bagi mekanik perlu memperbaiki metode perbaikan sesuai dengan prosedur.

Saran

Bagi pihak perusahaan rental alat berat sebaiknya memberi pembekalan dulu terhadap mekanik-mekanik baru agar para mekanik baru dapat melakukan perbaikan sesuai prosedur berdasarkan analisis bukan berdasarkan hafalan.

Sedangkan bagi operator atau pembaca dengan bidang sejenis, dibekali surat ijin mengemudi alat berat dan prosedur penggunaan alat sesuai kapasitasnya agar bisa terhidarnya beban alat yang *overload* termasuk dalam penelitian ini dapat menjadi wawasan pompa hidrolik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cresswell, J. W. (2009). *Research Design (Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed)*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Efendi, A. (2021). *Pompa dan Kompresor* (Ed.I). Yogyakarta: Penerbit ANDI (Anggota IKAPI).
- Hidayat, H., Aviva, D., Muis, A., Halik, A., Sudarsono, S., Pranoto, S., & Cahyadi, D. (2022). Failure Analysis of Excavator Hydraulic Pump. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1212(1), 012052.
- Isbani. (2021). *Analisa Kerusakan Main Pump Pada System Hydraulic Excavator Komatsu PC200-7*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Malau, A. P. (2019). *Analisa Pompa Hidrolik Pada Excavator*. Diss.
- McCabe, R. E., Lanckton, P. G., & Dwyer, W. V. (1984). *Metering Pump Handbook*. Universitas Michigan: Industrial Press.
- Muhadjir, N. (1996). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Yogyakarta: Rakesarasin.
- Riki Irfan, & Firmansyah, F. (2022). Analisis Kerusakan HOSE Sistem Hidrolik pada Excavator Tipe EC55B Pro. *Jurnal Fakultas Teknik Unisa Kuningan*, 3(3), 107–112. Retrieved from <https://jurnal.unisa.ac.id/index.php/jft/article/download/268/266>
- Salu, S., & Ariyanto. (2022). Analisa Tekanan Maksimum Pada Pompa Hidrolik Excavator Tipe Pc 200-8. *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology (JEMMTEC)*, Vol. 01 No, 18–21. Retrieved from <https://journal.atim.ac.id/index.php/jemmttec/article/view/150%0Ahttps://journal.atim.ac.id/index.php/jemmttec/article/download/150/116>
- Sarwandy, M. H. A., & Royan, N. (2019). Produktivitas Alat Berat Excavator Backhoe pada Proyek Perumahan Al Zafa Tegal Binangun Kota Palembang. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, Vol. 07(No. 02), 121–125.
- Syahid, F. (2017). *Analisa Kerusakan Main Pump Excavator Keihatsu 921 C*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Syarifudin, A., & Putra, J. T. (2021). Analisa Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator Komatsu 150lc Dengan Metode FTA dan FMEA Dd PT. XY. *Jurnal InTent*, 4(2), 99–109.
- Yulianto, S., Soeleman, & Mulyana, A. (2014). Pengaruh Beban terhadap Tekanan Pompa Hidrolik pada Reach Stacker Saat Proses Lifting Petikemas. *Sintek Jurnal*, 8(1), vii–viii.