

Studi Performa dan Analisis Kerusakan Sistem Hidrolik *Excavator Mini Excavator Zhugimada*

Muhammad Hisyam Ar-Rizqi¹, Braam Delfian Prihadianto^{1*}, Sugiyanto¹, Nyayu Aisyah¹

¹Departemen Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

*Corresponding author. braam.delfian@ugm.ac.id

Abstract

The hydraulic system plays a vital role in supporting excavator performance by transmitting power through pressurized fluid to actuate the boom, arm, and bucket. However, fluid leakage can significantly reduce operational efficiency and performance. This study aims to analyze the hydraulic system performance of the Zhugimada mini excavator trainer unit before and after repair. Tests were conducted on three main parameters: silinder drift, silinder speed, and silinder pressure, under three load conditions zero capacity, struck capacity, and heaped capacity. The results show that leakage was caused by damage to the fittings on the arm and bucket silinders, the seal on the boom silinder, the valve connecting the tank and pump, and an electric motor speed exceeding the standard (1,491 rpm). The leakage impact was indicated by a decrease in silinder speed 1.41% for the boom, 1.34% for the arm, and 0.51% for the bucket and a 16.28% pressure drop in the boom under no-load conditions. After the repair, system performance improved significantly, with boom speed increasing by 0.92%–2.04% and arm speed by 0.82%–1.77%. The repair effectively addressed both internal and external leakage and improved the overall efficiency of the hydraulic system.

Keywords: hydraulic system, leakage, mini excavator, cylinder drift, cylinder performance.

Abstrak

Sistem hidrolik merupakan bagian penting dalam mendukung kinerja *excavator*, berfungsi mentransmisikan daya melalui fluida bertekanan untuk menggerakkan *boom*, *arm*, dan *bucket*. Namun, kebocoran fluida menjadi salah satu permasalahan yang dapat menurunkan performa dan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa sistem hidrolik pada alat peraga *mini excavator Zhugimada* sebelum dan sesudah perbaikan. Pengujian dilakukan terhadap tiga parameter utama: silinder *drift*, silinder *speed*, dan silinder *pressure* dengan tiga variasi beban (*zero capacity*, *struck capacity*, dan *heaped capacity*). Hasil menunjukkan bahwa kebocoran disebabkan oleh kerusakan pada *fitting* silinder *arm* dan *bucket*, *seal* silinder *boom*, *valve* penghubung tangki-pompa, serta putaran motor listrik yang melebihi standar (1.491 rpm). Dampak kebocoran terlihat dari penurunan kecepatan silinder boom (1,41%), arm (1,34%), dan bucket (0,51%), serta tekanan silinder boom sebesar 16,28% pada kondisi tanpa beban. Setelah perbaikan, performa sistem mengalami peningkatan signifikan, di mana kecepatan silinder *boom* naik 0,92%–2,04% dan *arm* naik 0,82%–1,77%. Perbaikan terbukti efektif dalam mengatasi kebocoran internal dan eksternal serta meningkatkan efisiensi sistem hidrolik secara keseluruhan.

Kata kunci: sistem hidrolik, kebocoran, *mini excavator*, silinder *drift*, performa silinder

1. Pendahuluan

Excavator merupakan alat berat yang berperan vital dalam berbagai sektor industri dengan fungsi utama dalam pekerjaan seperti penggalian, pengangkatan, serta pemindahan material dalam volume besar. Performa operasional *excavator* sangat bergantung pada sistem hidrolik sebagai sistem utama yang mentransfer daya melalui media fluida bertekanan. Sistem ini berfungsi untuk menggerakkan aktuator

hidrolik seperti *boom*, *arm*, dan *bucket*, sehingga memungkinkan tercapainya efisiensi kerja yang tinggi dan presisi dalam pengendalian gerakan alat. Namun demikian, sistem hidrolik tidak terlepas dari permasalahan, salah satunya adalah kebocoran fluida, yang dapat berdampak langsung terhadap penurunan performa serta efisiensi operasional unit[1].

Kebocoran pada sistem hidrolik *excavator* umumnya disebabkan oleh

berbagai faktor teknis yang berkaitan dengan kondisi komponen penyekat. Salah satu faktor utama adalah degradasi fungsi *seal* atau *gasket* yang berperan sebagai elemen penyekat dalam sistem hidrolik. Keausan pada komponen tersebut dapat terjadi akibat akumulasi masa pakai, tekanan operasi yang melebihi spesifikasi desain, maupun kesalahan saat proses pemasangan. Kelebihan tekanan dalam sistem juga berpotensi menimbulkan kerusakan mekanis, seperti deformasi, retakan, hingga kegagalan struktural pada *seal* maupun komponen pendukung lainnya, yang pada akhirnya memicu terjadinya kebocoran fluida kerja. Kontaminasi fluida oleh partikel asing, seperti kotoran padat maupun air, juga mempercepat degradasi komponen internal sistem hidrolik. Tidak hanya itu, sambungan yang tidak rapat (*fitting*), kerusakan pada selang, serta keausan pada elemen fungsional seperti pompa dan katup turut menjadi penyebab umum terjadinya kebocoran pada sistem hidrolik excavator [2].

Penelitian yang dilakukan terhadap sistem hidrolik pada *excavator* Hitachi EX 200 LC dengan pendekatan analisis *fishbone* mengungkapkan adanya kerusakan pada beberapa komponen utama, antara lain kebocoran pada *mechanical seal* di area kepala silinder, keretakan pada selang hidrolik, serta tingkat keausan yang signifikan pada *pin bucket*. Melalui hasil inspeksi visual, faktor penyebab kerusakan diidentifikasi mencakup masa pakai *seal kit* yang telah melampaui umur layanan optimal, kontaminasi fluida hidrolik oleh air dan partikel asing, serta kerusakan pada selang penghubung antara boom silinder dan *control valve*. Sementara itu, keausan pada *pin bucket* diketahui disebabkan oleh tersumbatnya *nipple* pelumas serta pelaksanaan prosedur pemeliharaan yang tidak sesuai standar, termasuk kurangnya efektivitas dalam inspeksi rutin. Akumulasi permasalahan ini secara langsung berdampak pada penurunan performa sistem hidrolik serta percepatan kerusakan

komponen akibat lemahnya manajemen pemeliharaan.[3].

Penelitian dengan judul Analisa Kebocoran Oli (*Oil Leaking*) pada Silinder Hidrolik *Excavator* menggunakan metode *performance test* serta pemeriksaan visual dalam mengidentifikasi sumber permasalahan. Fokus utama penelitian ini adalah permasalahan kebocoran oli pada sistem hidrolik. Hasil inspeksi menunjukkan adanya kebocoran pada selang hidrolik yang terhubung ke *travel* motor, serta kebocoran pada silinder hidrolik akibat kerusakan pada komponen *seal*. Setelah proses pembongkaran dilakukan, ditemukan adanya goresan pada batang silinder (*rod*) yang menjadi penyebab utama kerusakan *seal*. Goresan ini diduga berasal dari partikel kotoran atau batu berukuran kecil yang masuk melalui celah pada bagian pangkal tutup silinder, sehingga mengakibatkan abrasi pada permukaan *rod*, merusak tutup silinder, dan pada akhirnya menyebabkan kegagalan fungsi *seal* [4].

Penelitian lain berjudul Analisa Kerusakan Hidrolik *Boom Silinder* Excavator Komatsu PC 200-8 menggunakan pendekatan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dalam mengidentifikasi dan menganalisis sumber kerusakan pada sistem hidrolik. Permasalahan yang diobservasi meliputi munculnya suara benturan di dalam silinder boom hidrolik serta pergerakan silinder *boom* yang tidak berfungsi secara normal. Berdasarkan hasil analisis FMEA, kerusakan yang teridentifikasi mencakup komponen seperti *seal*, oli hidrolik, *bushing*, *silinder head*, piston *rod*, piston, dan *collar*. Komponen dengan tingkat kerusakan tertinggi secara berurutan berdasarkan akumulasi *downtime* adalah *seal* pada tahun 2014 dengan total *downtime* sebesar 1536 jam, oli pada tahun 2015 dengan *downtime* 696 jam, serta *seal* kembali menjadi komponen dominan rusak pada tahun 2016 dengan total *downtime* sebesar 1224 jam. Temuan ini menunjukkan bahwa *seal* merupakan komponen paling rentan terhadap kerusakan dalam sistem

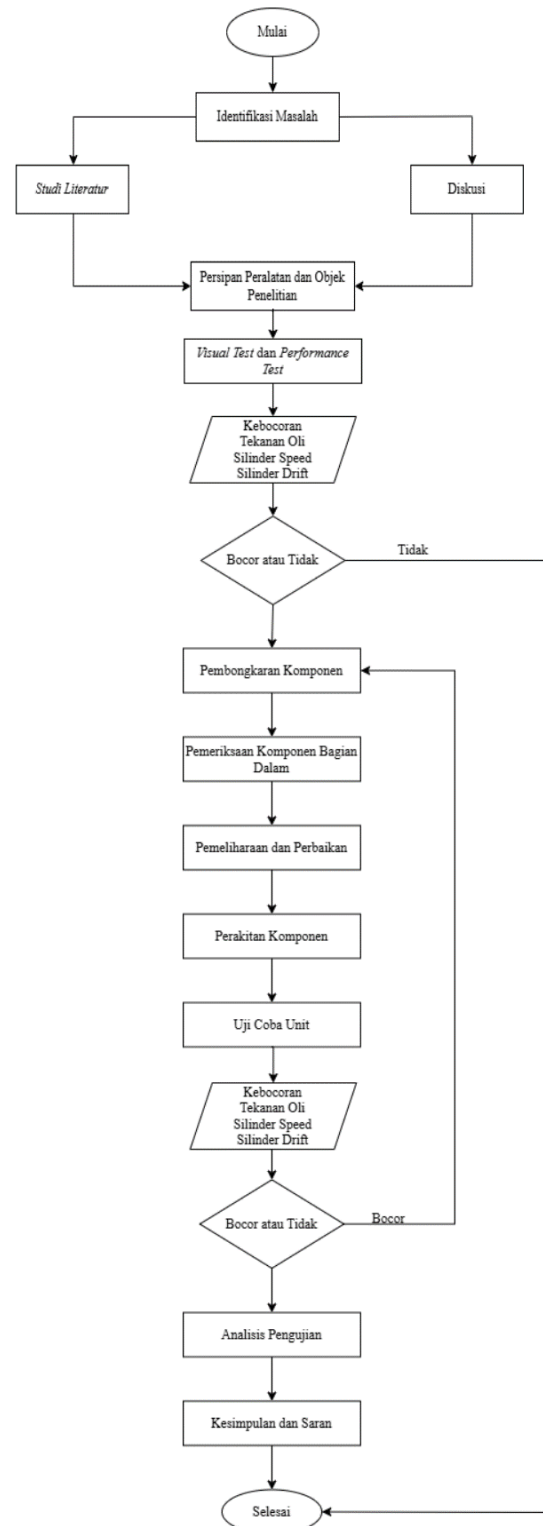
hidrolik *boom silinder* pada *excavator* Komatsu PC 200-8[5].

Penelitian terkait analisa kerusakan sistem hidrolik pada *boom cylinder excavator* XGMA XG822EL mengidentifikasi permasalahan utama berupa kebocoran pada silinder *boom*. Setelah dilakukan inspeksi, ditemukan bahwa kebocoran disebabkan oleh kerusakan pada *seal* dan *O-ring*, serta adanya goresan pada *rod* dan ruang silinder. Goresan ini terjadi akibat benturan tidak disengaja antara batang piston dan benda keras selama operasi, yang pada akhirnya merusak komponen penyekat. Untuk mengatasi masalah tersebut, solusi yang disarankan dalam penelitian ini adalah mengganti *seal* dan *O-ring* yang rusak dengan komponen baru, serta melaksanakan pemeriksaan harian (*daily check*) secara menyeluruh dan sesuai dengan prosedur pada *Standard Operation & Maintenance Manual* (OMM). Tindakan ini dianggap penting untuk mencegah kerusakan serupa dan menjaga keandalan sistem hidrolik. [6].

Mini *excavator* Zhugimada merupakan alat peraga *mini excavator* bertenaga listrik yang dikembangkan oleh Universitas Gadjah Mada (UGM) sebagai bagian dari inovasi di bidang industri. Meskipun telah mengalami berbagai tahap pengembangan, unit ini masih memiliki sejumlah kekurangan, salah satunya adalah permasalahan kebocoran pada sistem hidrolik. Kebocoran oli masih ditemukan di beberapa titik, termasuk pada komponen silinder *boom*. Penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kebocoran, menganalisis dampak yang ditimbulkan dari kebocoran tersebut.

2. Metode Penelitian

Alur pelaksanaan penelitian yang dilakukan tersaji pada Gambar 1 dengan metode pengamatan langsung dan pengujian silinder hidrolik.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Data primer dalam penelitian ini diperoleh melalui serangkaian pengujian terhadap parameter silinder *drift*, silinder *speed*, dan silinder *pressure* dengan melibatkan tiga variasi kondisi beban

material pada *bucket*, yaitu *zero capacity*, *struck capacity*, dan *heaped capacity*. Pada pengujian *silinder drift* dilakukan tiga kali percobaan di setiap variasi bebannya, pada pengujian *silinder speed* dan *silinder pressure* di setiap variasi beban akan dilakukan sebanyak lima kali untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Informasi terkait massa material serta variasi volume bucket disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data volume dan berat bucket

Variabel Pengangkutan	Volume (m^3)	Berat (kg)
<i>Zero Capacity</i>	0	25
<i>Struck Capacity</i>	0,012	41,8
<i>Heaped Capacity</i>	0,017	48,8

Pengambilan data dalam studi ini dilakukan di Laboratorium Alat Berat, Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada. Proses penelitian dilaksanakan selama periode 14 April hingga 14 Mei 2025. Adapun objek yang menjadi fokus analisis adalah unit alat peraga *mini excavator Zhugimada*, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sejumlah perangkat dan material yang telah didaftar secara rinci pada bagian alat dan bahan.:

- a. *Pressure gauge*
- b. Meteran
- c. *Stopwatch*
- d. *Toolbox*
- e. *Tachometer*
- f. Timbangan

Pada penelitian ini setiap parameter akan di uji dalam dua kondisi yaitu sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan. Pada pengujian *silinder speed* data yang diambil yaitu waktu aktual pergerakan dari titik minimum menuju titik maksimum batang silinder. Pada pengujian *silinder pressure*, tekanan akan diukur menggunakan *pressure gauge*, dan pada pengujian *silinder drift* unit akan didiamkan selama 35 menit untuk pengujian kebocoran silinder hidrolik dan

akan diukur perubahan Panjang dari batang silinder menggunakan meteran.

Langkah berikutnya adalah melakukan pengolahan data hasil pengujian silinder nsebelum dan sesudah perbaikan. Data yang didapatkan dari pengujian tersebut adalah berupa kecepatan silinder, tekanan silinder, dan silinder *drift*. Analisis dilakukan menggunakan metode komparatif dengan membandingkan hasil sebelum perbaikan dan setelah perbaikan sehingga dapat diketahui efektifitas perbaikan dengan melakukan perbandingan terhadap literatur dan spesifikasi teknis standar.



Gambar 2. Alat peraga *mini excavator zhugimada*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Silinder *speed*

Pengujian kecepatan kerja (*silinder speed*) pada komponen *boom*, *arm*, dan *bucket* dilaksanakan secara langsung pada unit tersebut dengan menggunakan alat ukur berupa *stopwatch* digital. Pengukuran difokuskan pada fase *extend* silinder hidrolik, yakni pergerakan batang silinder dari posisi terpendek menuju posisi terpanjang. Setiap pengujian dilakukan sebanyak lima kali untuk masing-masing aktuator, kemudian dihitung nilai rata-ratanya sebagai data akhir. Adapun panjang stroke masing-masing silinder adalah 0,15 meter untuk *boom*, 0,4 meter untuk *arm*, dan 0,35 meter untuk *bucket*. Data hasil pengujian kecepatan silinder sebelum perbaikan disajikan pada tabel 2, sementara hasil pengujian kecepatan silinder setelah perbaikan ditampilkan pada tabel 3.

Berdasarkan hasil pengujian kecepatan silinder sebelum perbaikan, diperoleh bahwa rata-rata kecepatan silinder *boom* berada di kisaran 0,02911–0,02964 m/s, silinder *arm* pada kisaran 0,05777–0,05861 m/s, dan silinder *bucket* antara 0,0745–0,07632 m/s untuk tiga kondisi pembebanan: *zero capacity*, *struck capacity*, dan *heaped capacity*.

Tabel 2. Data pengujian silinder *speed* sebelum perbaikan

	Silinder Speed (m/detik)		
	Zero Capacity	Struck Capacity	Heaped Capacity
Boom	0,02976	0,02941	0,02929
	0,02964	0,02884	0,02906
	0,02946	0,02890	0,02912
	0,02958	0,02918	0,02929
	0,02976	0,02924	0,02929
Arm	0,05738	0,05772	0,05856
	0,05788	0,05822	0,05865
	0,05813	0,05847	0,05865
	0,05763	0,05856	0,05856
	0,05780	0,05755	0,05865
Bucket	0,07658	0,07608	0,0743
	0,0751	0,07510	0,07462
	0,07625	0,07526	0,07478
	0,07760	0,07575	0,07431
	0,07608	0,07494	0,07446

Tabel 3. Data pengujian silinder *speed* sesudah perbaikan

	Silinder Speed (m/detik)		
	Zero Capacity	Struck Capacity	Heaped Capacity
Boom	0,02976	0,02958	0,02946
	0,02958	0,02958	0,02946
	0,02982	0,03	0,02976
	0,02988	0,02958	0,02952
	0,03055	0,02982	0,0297
Arm	0,05763	0,05865	0,05856
	0,05943	0,05856	0,05908
	0,05908	0,05934	0,0597
	0,05856	0,05899	0,05899
	0,05925	0,05917	0,05917
Bucket	0,07543	0,07608	0,07608
	0,07743	0,07592	0,07658
	0,07709	0,07478	0,07431
	0,07526	0,07543	0,07543
	0,07641	0,07641	0,07431

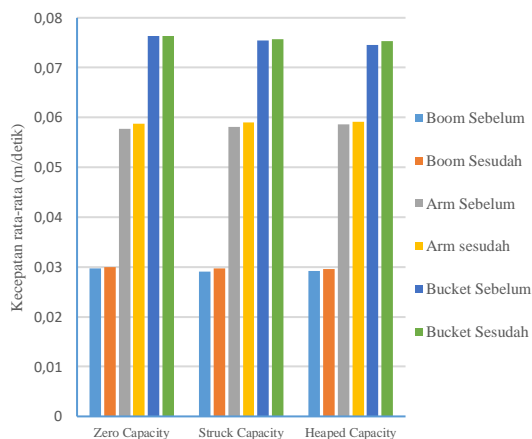
Untuk data *silinder speed* sesudah perbaikan dapat dilihat pada tabel 4 dan data perhitungan rata-rata silinder *speed* sesudah perbaikan dapat dilihat pada tabel 5. Hasil

pengujian kecepatan silinder setelah perbaikan menunjukkan peningkatan performa pada seluruh komponen. Rata-rata kecepatan silinder *boom* berada antara 0,02958–0,02991 m/s, silinder *arm* antara 0,05879–0,0591 m/s, dan silinder *bucket* antara 0,07534–0,07632 m/s pada tiga kondisi pembebanan: *zero capacity*, *struck capacity*, dan *heaped capacity*. Data ini mengindikasikan adanya perbaikan kinerja sistem hidrolik setelah perbaikan. Grafik perbandingan silinder *speed* sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada gambar 3.

Hasil pengujian kecepatan silinder setelah perbaikan menunjukkan peningkatan performa pada seluruh komponen. Rata-rata kecepatan silinder *boom* berada antara 0,02958–0,02991 m/s, silinder *arm* antara 0,05879–0,0591 m/s, dan silinder *bucket* antara 0,07534–0,07632 m/s pada tiga kondisi pembebanan: *zero capacity*, *struck capacity*, dan *heaped capacity*. Data ini mengindikasikan adanya perbaikan kinerja sistem hidrolik setelah perbaikan. Grafik perbandingan silinder *speed* sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada gambar 3. Berdasarkan analisis grafik kecepatan silinder pada komponen *boom*, *arm*, dan *bucket* yang diuji dengan tiga variasi kondisi beban (*zero capacity*, *struck capacity*, dan *heaped capacity*), diperoleh hasil bahwa tindakan perbaikan yang dilakukan berkontribusi terhadap peningkatan kinerja sistem hidrolik. Secara khusus, kecepatan silinder pada bagian *boom* mengalami kenaikan sebesar 0,92% hingga 2,04%, yang mengindikasikan adanya peningkatan efisiensi dalam proses aliran fluida kerja pascaperbaikan.

Silinder *arm* juga mengalami peningkatan sebesar 0,82%–1,77%, yang berkontribusi terhadap percepatan siklus kerja. Sementara itu, peningkatan pada silinder *bucket* relatif kecil (0,002%–1,12%) karena tidak ditemukan kebocoran pada komponen tersebut. Secara keseluruhan, perbaikan terbukti meningkatkan responsivitas dan efisiensi sistem hidrolik

excavator. Secara umum menunjukkan bahwa perbaikan sistem hidrolik berhasil meningkatkan kecepatan kerja silinder pada ketiga komponen utama, yang berdampak langsung pada peningkatan produktivitas melalui percepatan siklus kerja dan pengurangan waktu operasional. Peningkatan ini juga berkontribusi terhadap efisiensi sistem, sehingga dapat mengurangi tingkat keausan komponen. Selain memberikan peningkatan dari sisi performa teknis, perbaikan yang dilakukan juga memberikan keuntungan secara ekonomis, terutama melalui efisiensi waktu operasional dan potensi pengurangan biaya pemeliharaan dalam jangka panjang. Untuk mempertahankan kinerja sistem hidrolik agar tetap optimal, disarankan pelaksanaan program pemeliharaan rutin serta pengujian berkala sebagai bagian dari prosedur monitoring kondisi sistem[7].



Gambar 3. Pebandingan rata-rata silinder speed sebelum dan sesudah perbaikan

3.2 Silinder pressure

Pengujian tekanan pada silinder hidrolik pada komponen *boom*, *arm*, dan *bucket* dilakukan secara langsung pada unit zhugimada dengan memanfaatkan instrumen pengukuran berupa *pressure gauge* untuk mencatat tekanan kerja. Pengukuran mencakup dua fase gerakan silinder hidrolik, yaitu *extend* (dari posisi minimum ke maksimum) dan *retract* (dari posisi maksimum ke minimum). Hasil pengujian sebelum dan sesudah perbaikan akan dibandingkan untuk menilai efektivitas

perbaikan. Selain itu, dilakukan analisis guna mengevaluasi dampak kebocoran hidrolik terhadap perubahan tekanan pada masing-masing silinder.

Tabel 4. Data pengujian silinder pressure *extend* sebelum perbaikan

Silinder	Silinder pressure (bar)		
	Zero Capacity	Struck Capacity	Heaped Capacity
Boom	17,2	20,68	20,68
	17,2	20,68	20,68
	17,2	20,68	20,68
	17,2	20,68	20,68
	17,2	20,68	20,68
Arm	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
Bucket	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57
	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57
	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57
	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57
	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57

Tabel 5. Data pengujian silinder pressure *extend* sesudah perbaikan

Silinder	Silinder pressure (bar)		
	Zero Capacity	Struck Capacity	Heaped Capacity
Boom	20	20,68	20,68
	20	20,68	20,68
	20	20,68	20,68
	20	20,68	20,68
	20	20,68	20,68
Arm	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
Bucket	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57
	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57
	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57
	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57
	20,68-	20,68-	20,68-
	27,57	27,57	27,57

Pengukuran tekanan pada silinder hidrolik dilakukan secara langsung menggunakan *pressure gauge* dan *stopwatch* sebanyak lima kali percobaan untuk setiap kondisi. Nilai yang diperoleh kemudian dirata-rata untuk dijadikan hasil akhir pengujian. Panjang *stroke* masing-masing silinder diketahui sebesar 0,15 meter untuk silinder *boom*, 0,4 meter untuk silinder *arm*, dan 0,35 meter untuk silinder *bucket*. Data *silinder pressure* pada gerakan *extend* sebelum perbaikan dapat dilihat pada tabel 4 dan data *silinder pressure* pada gerakan *extend* sesudah perbaikan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 6. Data pengujian silinder *pressure retrack* sebelum perbaikan

Silinder	Silinder pressure (bar)		
	Zero Capacity	Struck Capacity	Heaped Capacity
Boom	17,2	17,2	13,78
	17,2	17,2	13,78
	17,2	17,2	13,78
	17,2	17,2	13,78
	17,2	17,2	13,78
Arm	82,73	82,73	82,73
	82,73	82,73	82,73
	82,73	82,73	82,73
	82,73	82,73	82,73
	82,73	82,73	82,73
Bucket	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39

Berdasarkan hasil pengujian tekanan silinder hidrolik sebelum dan sesudah perbaikan, diketahui bahwa hanya silinder *boom* yang menunjukkan peningkatan tekanan, yakni dari 17,2 bar menjadi 20 bar pada beban *zero capacity* saat gerakan *ekstend*. Sementara itu, pada beban *struck* dan *heaped capacity*, tekanan silinder *boom* tetap berada di angka 20,68 bar tanpa perubahan. Untuk silinder *arm*, tekanan tercatat konstan di 72,39 bar pada semua variasi beban, baik sebelum maupun sesudah perbaikan. Hal serupa juga terjadi pada silinder *bucket*, dengan rentang tekanan yang stabil antara 20,68 hingga 27,57 bar di seluruh kondisi pengujian.

Temuan ini mengindikasikan bahwa perbaikan hanya berdampak pada peningkatan tekanan silinder *boom*, sementara tekanan pada silinder *arm* dan *bucket* tidak mengalami perubahan signifikan. Untuk data *silinder pressure* pada gerakan *extend* sebelum perbaikan dapat dilihat pada tabel 6 dan data *silinder pressure* pada gerakan *extend* sesudah perbaikan tabel 7.

Tabel 7. Data pengujian silinder *pressure retrack* sesudah perbaikan

Silinder	Silinder pressure (bar)		
	Zero Capacity	Struck Capacity	Heaped Capacity
Boom	20	17,2	13,78
	20	17,2	13,78
	20	17,2	13,78
	20	17,2	13,78
	20	17,2	13,78
Arm	82,73	82,73	82,73
	82,73	82,73	82,73
	82,73	82,73	82,73
	82,73	82,73	82,73
	82,73	82,73	82,73
Bucket	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39
	72,39	72,39	72,39

Hasil pengujian tekanan silinder saat gerakan *retrack* menunjukkan bahwa setelah perbaikan, terjadi peningkatan tekanan pada silinder *boom* untuk beban *zero capacity* dari 17,2 bar menjadi 20 bar, sementara pada beban *struck* dan *heaped capacity* tekanannya tetap konstan masing-masing di 17,2 bar dan 13,78 bar. Pada silinder *arm* dan *bucket*, tekanan *retrack* untuk semua variasi beban tidak mengalami perubahan, tetap berada di angka 82,73 bar untuk *arm* dan 72,39 bar untuk *bucket*. Secara keseluruhan, perbaikan hanya berdampak pada peningkatan tekanan *retrack* pada silinder *boom* untuk beban ringan, sedangkan tekanan pada *arm* dan *bucket* cenderung stabil.

Berdasarkan hasil pengujian tekanan hidrolik pada silinder *boom*, *arm*, dan *bucket* sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan, diperoleh indikasi bahwa tindakan

perbaikan memberikan pengaruh positif terhadap performa sistem, terutama pada silinder *boom*. Terjadi peningkatan tekanan sebesar 16,28% pada silinder *boom* dalam kondisi beban ringan (*zero capacity*), baik saat fase *extend* maupun *retract*, yang mengindikasikan bahwa perbaikan berhasil memulihkan efisiensi kerja silinder, kemungkinan besar akibat penggantian atau penyesuaian komponen seperti *fitting* dan *seal* yang sebelumnya mengalami kebocoran. Sementara itu, pada silinder *arm* dan *bucket* tidak ditemukan perubahan tekanan yang signifikan pada seluruh kondisi beban (*zero capacity*, *struck capacity*, dan *heaped capacity*), yang menunjukkan bahwa kedua komponen tersebut telah berada dalam kondisi kerja optimal sejak sebelum dilakukan perbaikan.

Tekanan pada silinder *bucket* selama gerakan *extend* menunjukkan pola yang berbeda dibandingkan dengan silinder lainnya, yakni mengalami perubahan tekanan sepanjang pergerakan. Ketika silinder *bucket* mulai melakukan *extend* dan bergerak searah gravitasi (ke bawah), tekanan awal tercatat sebesar 20,68 bar. Namun, saat mendekati posisi maksimum atau terjauh dimana silinder bergerak melawan arah gravitasi tekanan meningkat hingga 27,57 bar. Kenaikan ini disebabkan oleh perlunya gaya tambahan untuk melawan gravitasi. Pola perubahan tekanan ini terjadi secara konsisten pada seluruh variasi beban yang diuji pada silinder *bucket*[8].

Selain itu, pada kondisi beban *struck* dan *heaped*, tekanan pada silinder *boom* tidak menunjukkan peningkatan, terutama saat melakukan gerakan *retract* yang tetap berada pada nilai rendah sebesar 13,78 bar. Hal ini disebabkan karena arah gerakan *retract* searah dengan gaya gravitasi, sehingga tekanan yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan saat melakukan gerakan *extend*. Selain itu, beban dari silinder *arm* dan *bucket* turut memberikan kontribusi tambahan yang mempercepat gerakan *retract* secara alami. Akibatnya, semakin berat beban yang ditopang oleh *arm* dan

bucket, maka semakin kecil tekanan yang dibutuhkan oleh silinder *boom* untuk menyelesaikan gerakan *retract*[8].

3.3. Silinder *Drift*

Pengujian silinder *drift* bertujuan untuk mengevaluasi tingkat pergerakan tak terkendali (*drift*) pada silinder hidrolik serta mengidentifikasi kemungkinan adanya kebocoran internal. Pengujian dilakukan pada silinder *boom*, *arm*, dan *bucket*, masing-masing sebanyak tiga kali, menggunakan beban *heaped capacity*. Evaluasi dilakukan dengan memantau perubahan panjang stroke setelah silinder dibiarkan selama 35 menit. Pada silinder *arm* dan *bucket*, posisi awal ditetapkan pada kondisi minimum dan diberi penanda (*marker*) untuk mengamati adanya penambahan panjang *stroke*. Sementara itu, silinder *boom* diposisikan pada kondisi maksimum dan dilakukan pengukuran penurunan panjang stroke setelah 35 menit. Berikut data *silinder drift* sebelum perbaikan dapat dilihat pada tabel 8 dan data *silinder drift* sesudah perbaikan dapat dilihat tabel 9.

Berdasarkan hasil pengujian silinder *drift* sebelum perbaikan ditemukan adanya kebocoran internal dan eksternal pada silinder *arm* dan *boom*, ditunjukkan oleh rata-rata perubahan panjang sebesar 2 mm pada masing-masing silinder. Setelah perbaikan, tidak ditemukan lagi perubahan panjang pada kedua silinder tersebut, yang menandakan bahwa kebocoran telah berhasil diatasi. Sementara itu, pada silinder *bucket* tidak terdeteksi adanya *drift* baik sebelum maupun sesudah perbaikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa silinder *bucket* tidak mengalami kebocoran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa silinder *boom* dan *arm* mengalami perubahan panjang *stroke* baik penurunan maupun peningkatan yang menandakan adanya kebocoran fluida. Inspeksi lanjutan mengonfirmasi bahwa silinder *boom* mengalami kebocoran pada area sambungan (*fitting*) serta kerusakan pada elemen penyekat (*seal*), sedangkan silinder *arm* menunjukkan kebocoran yang berlokasi

pada bagian *fitting*. Sebaliknya, silinder *bucket* tidak menunjukkan adanya perubahan panjang stroke selama pengujian, dan pemeriksaan lebih lanjut memastikan bahwa komponen tersebut berada dalam kondisi kedap dan bebas dari kebocoran.[9].

Tabel 8. Data silinder *drift* sebelum perbaikan

Silinder	Silinder <i>drift</i> sebelum perbaikan (mm)		
	Sebelum dimatikan	Sesudah dimatikan	Selisih
Boom	150	148	2
	150	148	2
	150	148	2
Arm	0	2	2
	0	2	2
	0	2	2
Bucket	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Tabel 9. Data silinder *drift* sesudah perbaikan

Silinder	Silinder <i>drift</i> sesudah perbaikan (mm)		
	Sebelum dimatikan	Sesudah dimatikan	Selisih
Boom	150	150	0
	150	150	0
	150	150	0
Arm	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Bucket	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0

Setelah dilakukan beberapa uji performa, diketahui penyebab yang membuat performa unit *mini excavator* Zhugimada mengalami penurunan performa adalah:

a. Kebocoran komponen

Pada *mini excavator* Zhugimada terdapat kebocoran pada *valve* terjadi akibat ketidakmampuannya dalam menahan tekanan tinggi yang dihasilkan oleh sistem hidrolik. Selain itu, kebocoran pada sambungan (*fitting*) diidentifikasi sebagai akibat dari keausan komponen, yang menyebabkan penurunan kinerja kecepatan silinder pada komponen *boom*, *arm*, dan *bucket*. Kasus kebocoran *fitting* secara spesifik ditemukan pada silinder *boom* dan *arm*. Sementara itu, kebocoran pada *seal* disebabkan oleh kerusakan berupa sobekan

pada permukaan *seal*, yang memungkinkan fluida hidrolik keluar melalui celah tersebut, sehingga mengganggu kestabilan dan efisiensi sistem.

b. Putaran motor listrik melebihi standar

Motor listrik yang beroperasi pada putaran 1.491 rpm yang berada di atas standar 1.224 rpm. Standar ini diperoleh melalui perhitungan perbandingan dengan unit mini excavator yang memiliki kapasitas bucket sebesar 0,025 m³, yang dianggap paling mendekati kapasitas bucket pada unit mini excavator Zhugimada. Adapun unit Zhugimada memiliki kapasitas *bucket* sebesar 0,017 m³. Putaran yang melebihi rekomendasi tersebut dapat menyebabkan penurunan kinerja serta menurunkan keandalan sistem hidrolik secara keseluruhan[10]. Peningkatan putaran (rpm) secara signifikan dapat menyebabkan tekanan dan laju aliran fluida melampaui kapasitas rancangan, sehingga memicu potensi kebocoran pada elemen-elemen sistem seperti *seal*, *o-ring*, dan selang hidrolik. Selain itu, putaran yang berlebihan akan memicu peningkatan suhu oli secara drastis, yang berpotensi menimbulkan *overheating* serta mempercepat degradasi oli dan kerusakan komponen internal. Menjaga putaran motor dalam batas standar sangat krusial demi menjaga efisiensi, keandalan, dan usia pakai sistem hidrolik secara keseluruhan[11].

c. *Power* motor listrik dibawah standar

Motor listrik pada *excavator* yang diteliti memiliki daya di bawah standar, yaitu sebesar 3 HP, sedangkan standar untuk *mini excavator* zhugimada adalah 7,85 HP standar ini diperoleh melalui perhitungan perbandingan dengan unit mini excavator yang memiliki kapasitas *bucket* sebesar 0,025 m³, yang dianggap paling mendekati kapasitas bucket pada unit mini excavator Zhugimada. Ketidaksiharian antara daya yang tersedia dengan kebutuhan sistem mengakibatkan tekanan serta debit oli hidrolik yang dihasilkan berada di bawah nilai yang dipersyaratkan. Konsekuensinya, aktuator tidak mampu beroperasi dengan kecepatan maupun kapasitas angkat yang

optimal sebagaimana telah dirancang dalam spesifikasi sistem hidrolik[12]. Selain itu ditemukan bahwa kesesuaian antara kecepatan putar motor listrik dan daya (*power*) yang dihasilkan memainkan peran penting dalam menentukan efisiensi serta kinerja sistem hidrolik. Hal ini sejalan dengan kondisi dalam penelitian ini, di mana *excavator* elektrik menggunakan motor dengan putaran 1.491 RPM namun hanya menghasilkan daya 3 HP, di bawah standar 7,85 HP. Hal ini menegaskan bahwa putaran tinggi tanpa dukungan torsi yang memadai akan menghasilkan daya yang tidak mencukupi, sehingga menyebabkan inefisiensi sistem, penurunan performa aktuator, serta meningkatkan risiko kerusakan dan kebocoran pada sistem hidrolik.[13].

d. Tidak ada *filter* oli

Tidak adanya *filter* oli pada *excavator* memungkinkan partikel-partikel kotoran, air, dan kontaminan lain untuk langsung masuk serta bersirkulasi di dalam sistem hidrolik tanpa proses penyaringan. Kondisi ini berpotensi mempercepat terjadinya abrasi, korosi, dan kerusakan pada komponen vital, antara lain katup kontrol, silinder, dan pompa hidrolik. Selain itu, tidak tersedianya *filter* oli juga meningkatkan risiko kebocoran pada *seal*, menurunkan performa *attachment*, serta memperpendek umur operasional sistem hidrolik secara keseluruhan. Filter oli merupakan komponen yang esensial dan tidak dapat diabaikan pada sistem hidrolik *excavator* karena berperan langsung dalam menjaga kebersihan fluida, mencegah kerusakan dini, serta memastikan kinerja sistem hidrolik tetap optimal dan andal[14].

e. Tidak ada perawatan rutin

Absennya kegiatan perawatan rutin menjadi salah satu penyebab utama terdeteksinya kerusakan sistem hidrolik seperti keausan *seal*, retakan komponen, kontaminasi pelumas, dan kebocoran, hanya terlihat setelah terjadi kegagalan fungsi yang signifikan. *Preventive maintenance* yang meliputi pemeriksaan selang, filter, pompa, dan silinder mampu mengidentifikasi tanda

awal kerusakan, sehingga komponen dapat diperbaiki atau diganti sebelum terjadinya gangguan pada sistem hidrolik. Implementasi *preventive maintenance* sangat penting untuk meminimalkan masalah operasional dan memudahkan mekanik dalam menangani komponen hidrolik yang rentan terhadap kerusakan bila tidak dirawat secara teratur. Selain itu penjadwalan perawatan, pemeriksaan visual dan fungsional terhadap komponen hidrolik dapat meningkatkan *life time* komponen serta menurunkan risiko kerusakan mendadak. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa kegiatan perawatan rutin membantu menjaga kondisi optimal sistem hidrolik dan mencegah kerusakan yang tidak diinginkan melalui inspeksi komponen secara berkala serta penanganan masalah sejak fase awal, sehingga keandalan unit dapat terjaga dan *downtime* dapat diminimalkan [15], [16].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi teknis, kebocoran pada sistem hidrolik alat peraga *mini excavator Zhugimada* diidentifikasi berasal dari kebocoran pada *fitting* silinder *arm* dan *bucket*, kerusakan *seal* pada silinder *boom*, serta kebocoran pada sambungan keran antara tangki dan pompa. Selain itu, faktor pendukung seperti absennya program pemeliharaan rutin, daya motor listrik yang berada di bawah standar, serta kecepatan putaran motor yang melebihi spesifikasi desain turut memperburuk kondisi sistem. Dampak kebocoran tersebut tercermin pada penurunan rata-rata kecepatan kerja silinder, sebesar 1,086% dan penurunan tekanan sebesar 16,28% pada silinder *boom* dalam kondisi tanpa beban serta indikasi kebocoran pada silinder *boom* dan *arm*.

Referensi

- [1] N. Olifanta, Pribadyo, H. Darsan, and A. Et, "Analisis Kerusakan Sistem Hidrolik pada Boom Silinder Unit Eskavator Komatsu PC 200-7 di PT. Wirataco Mitra Mulia," *J. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 5,

- pp. 289–296, 2022, doi: 10.36418/comserva.v2i5.275.
- [2] A. Jannifar, Yuniati, Muslem, and E. Al, “Analisa Partikel Kontaminasi Minyak Hidrolik Excavator Hitachi Pengusaha Galian C Di Aceh Utara,” *J. Polimesin*, vol. 14, pp. 7–13, 2016.
- [3] A. Zarkasyi, Sariyusda, Jufriadi, and Hamdani, “Analisa Kerusakan Silinder Hidrolik Pada Excavator Hitachi EX 200 LC Dengan Metode Fishbone Di PT . Alhas Jaya Group,” *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–4, 2019.
- [4] R. Putra, Y. Irawadi, B. Rahmat, and E. Al, “Analisa Kebocoran Oli (Oil Leaking) Pada Silinder Hidrolik Excavator,” *Zo. Mesin*, vol. xx, 2024.
- [5] A. S. Ismy, Iskandar, Sariyusda, Zaini, and E. Al, “Analisa Kerusakan Hidrolik Boom Cylinder Excavator Komatsu Pc200-8 Dengan Menggunakan Metode FMEA,” *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 8–11, 2021.
- [6] F. Ardianto, “Analisa Kerusakan Sistem Hidraulik Pada Boom Cylinder Unit Excavator XGMA XG822EL,” 2019.
- [7] B. Hartono, R. Waluyo, Fitriani, B. Muhammad, and E. Al, “Analisa Kebocoran Hydraulic Cylinder Telescopic Pada Alat,” vol. 10, pp. 34–38, 2024.
- [8] L. Ge, L. Quan, X. Zhang, J. Huang, and B. Zhao, “High Energy Efficiency Driving of the Hydraulic Excavator Boom with an Asymmetric Pump,” 2018.
- [9] R. Subarkah, S. Pramudita, and G. G. R. Gunadi, “Pengujian Hydraulic Cylinder Pada Simulator Arm Excavator,” *J. Mek. Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 116–122, 2020, doi: 10.32722/jmt.v1i2.3358.
- [10] A. Halim, M. Fadli, Mangkona, and E. Al, “Kinerja Sistem Hidrolik Pada Unit Excavator 320D2,” vol. 15, no. 2, pp. 1165–1174, 2024, doi: 10.21776/jrm.v15i2.1756.
- [11] D. W. F. do N. Santos, D. S. M. Valente, H. C. Fernandes, A. P. de Souza, P. R. Cecon, and E. Al, “Technical, economic, and environmental parameters of excavator-based harvester in function of engine speed and hydraulic pump flow,” *Croat. J. For. Eng.*, vol. 41, no. 2, pp. 1–13, 2020, doi: 10.5552/crojfe.2020.761.
- [12] A. G. Prayoga, D. Suprijanto, D. R. Hartana, D. Sugati, and E. Al, “Perancangan Sistem Hidrolik Excavator Komatsu Pc 200-8Mo,” *Cendekia Mek.*, vol. 01, no. 01, pp. 25–37, 2020.
- [13] O. Gottberg *et al.*, “Energy Balance of Electro-Hydraulic Powertrain in a Micro Excavator,” *2018 Glob. Fluid Power Soc. PhD Symp. GFPS 2018*, 2018, doi: 10.1109/GFPS.2018.8472368.
- [14] D. Aviva, A. Halim, B. Cante, and A. Muis, “Pengaruh Penggunaan Filter Non Original Terhadap Kerusakan Bucket Control Valve Excavator 320D,” *MEDIA Perspekt. J. Technol.*, vol. 13, no. 1, p. 18, 2021, doi: 10.46964/jtmp.v13i1.1349.
- [15] I. Ardiansyah, Sunaryo, and I. Hasan, “Perbaikan dan Perawatan Silinder Hidrolik Bucket Backhoe New Holland B80b di PT Altrak 1978,” *J. Manag. Ind. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2024.
- [16] A. A. Adzhar and D. M. Kamal, “Analisis Perawatan Preventif Unit Excavator Terhadap Sistem Hidrolik,” *Kohesi J. Multidisiplin Saintek*, vol. 10, no. 5, 2025.