

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA
AXLE BOBCAT S450

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

KHAIRUL FAHMI PURBA
2207230142



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

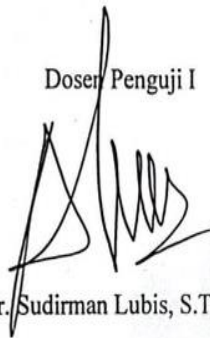
Nama : KHAIRUL FAHMI PURBA
NPM : 2207230142
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Penyebab Kebocoran Pada
Axle Bobcat S450
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Januari 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Sudirman Lubis, S.T., M.T

Dosen Peguji II



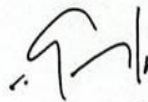
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : KHAIRUL FAHMI PURBA
Tempat/Tanggal Lahir : Tebing Tinggi/ 08 September 2004
Npm : 2207230142
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujur nya,bahwa Tugas Akhir yang berjudul,

“ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA AXLE BOBCAT S450”

Bukan merupakan plagiarism,pencurian hasil karya milik orang lain,hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non – material ataupun segala kemungkinan lain, yang ada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik

Bila kemudian hari di duga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan ,14 Agustus 2026

Saya yang menyatakan



KHAIRUL FAHMI PURBA

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kebocoran pada axle Bobcat S450, menganalisis dampaknya terhadap kondisi komponen dan operasional alat, serta menentukan tindakan perbaikan dan pencegahan untuk meningkatkan keandalan sistem axle. Penelitian dilaksanakan di PT. Waruna Shipyards Indonesia menggunakan metode deskriptif kualitatif. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung pada unit Bobcat S450, wawancara dengan mekanik Heavy Equipment, pemeriksaan visual komponen, pengukuran menggunakan jangka sorong, serta analisis riwayat perawatan dan penggantian komponen. Data dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui hubungan antara kondisi komponen, penyebab kebocoran, dampak yang ditimbulkan, dan tindakan perbaikan yang diperlukan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kebocoran pada axle Bobcat S450 adalah penurunan kualitas oil seal akibat masa pakai sekitar tiga tahun. Kondisi tersebut menyebabkan bibir seal kehilangan elastisitas sehingga tidak mampu menahan oli secara optimal. Permukaan shaft axle juga mulai mengalami keausan akibat gesekan selama pengoperasian, meskipun hasil pengukuran masih berada dalam batas toleransi. Kebocoran menyebabkan berkurangnya volume oli pada chaincase sehingga pelumasan bearing, sprocket, dan shaft menjadi tidak optimal. Kondisi ini dapat meningkatkan gesekan, mempercepat keausan komponen, meningkatkan temperatur kerja, menurunkan efisiensi sistem penggerak, serta meningkatkan biaya pemeliharaan dan downtime unit.

Tindakan perbaikan dilakukan dengan mengganti oil seal, memeriksa kondisi shaft axle dan komponen pendukung, mengisi kembali oli sesuai spesifikasi pabrikan, serta melakukan pengujian setelah perbaikan. Pencegahan dilakukan melalui preventive maintenance berupa inspeksi berkala, pemeriksaan level dan kualitas oli, penggunaan suku cadang sesuai spesifikasi, pemasangan komponen yang tepat, dan pencatatan riwayat perawatan. Penerapan tindakan tersebut diharapkan dapat meningkatkan keandalan axle, memperpanjang umur pakai komponen, dan mengurangi risiko kerusakan lebih lanjut.

Kata Kunci: Bobcat S450, axle, kebocoran oli, oil seal, *preventive maintenance*.

ABSTRACT

This study aims to identify the factors causing leakage in the axle of the Bobcat S450, analyze its impact on component conditions and equipment operations, and determine appropriate repair and preventive measures to improve axle system reliability. The research was conducted at PT. Waruna Shipyard Indonesia using a descriptive qualitative method. Data were collected through direct observation of the Bobcat S450 unit, interviews with Heavy Equipment mechanics, visual inspection of components, measurements using a vernier caliper, and analysis of maintenance and component replacement records. The data were analyzed descriptively to determine the relationship between component conditions, causes of leakage, resulting impacts, and required repair actions.

The results indicate that the primary cause of leakage in the Bobcat S450 axle is the deterioration of the oil seal after approximately three years of service. This condition causes the seal lip to lose elasticity and become unable to retain oil effectively. The axle shaft surface has also begun to experience wear due to friction during operation, although the measurement results remain within the allowable tolerance limits. The leakage reduces the oil volume in the chaincase, resulting in inadequate lubrication of the bearings, sprockets, and shaft. This condition can increase friction, accelerate component wear, increase operating temperature, reduce drive system efficiency, and increase maintenance costs and unit downtime.

Repair actions include replacing the oil seal, inspecting the axle shaft and supporting components, refilling oil according to the manufacturer's specifications, and conducting post-repair testing. Preventive measures include preventive maintenance through periodic inspections, checking oil levels and quality, using spare parts according to specifications, proper component installation, and maintaining maintenance records. These measures are expected to improve axle reliability, extend component service life, and reduce the risk of further damage.

Keywords: Bobcat S450, axle, oil leakage, oil seal, preventive maintenance.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “Analisis Penyebab Kebocoran Pada Axle Bobcat S450”.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra Amirsyahputra Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin Yang telah banyak membimbing dan telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Abdul Rahim Purba dan Ibunda Yusniar telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
6. Saudari kandung saya Khairunnisa Purba, S.Pd, Gr yang telah membantu saya menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman satu kos saya : Ahlad Nawawy MZ, Abdul Fahrizal, Muhammad Alfany, Muhammad Prasetyo Hutagalung, Taufik Wanda, Noval Prasetyo yang telah memberi saran dan dukungan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Rekan Rekan Kerja di Pt Waruna Shipyards Indonesia Divisi Heavy Equipment yang telah banyak memberi ilmu dan pengalaman kerjanya sehingga saya dapat menyusun tugas akhir ini.
9. Teman Teman Kelas C1 Pagi : Hikmah Hidayat, Teza Fajar Mahyuda, Nanda Afif, Bisma Kharunia Ramadhan, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu. Yang telah memberi dukungan dan motivasi dalam penyelesaian, Dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Kepada seseorang yang tak sengaja bertemu di akhir semester ini, terimakasih telah hadir dan menjadi bagian dari perjalanan hidup peneliti. Berkontribusi banyak dalam penulisan proposal skripsi ini, baik waktu maupun tenaga kepada peneliti. Telah mendukung, menghibur, dan mendengarkan keluhan, serta memberikan semangat pantang menyerah untuk menyelesaikan proposal skripsi ini.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesin.

Medan, Januari 2026

Khairul Fahmi Purba

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN

Error! Bookmark not defined.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

ii

ABSTRAK

iii

ABSTRACT

iv

KATA PENGANTAR

v

DAFTAR ISI

vii

DAFTAR TABEL

ix

DAFTAR GAMBAR

x

BAB 1 PENDAHULUAN

1

1.1 Latar Belakang

1

1.2 Rumusan Masalah

3

1.3 Ruang lingkup

3

1.4 Tujuan Penelitian

3

1.5 Manfaat Penelitian

3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

5

2.1 Axle (*Cont'd*)

5

2.1.1 Prinsip Kerja Axle (*Cont'd*)

5

2.2 Spesifikasi – Bobcat S450 Skid – Steer Loader

5

2.2.1 Komponen Axle (*Cont'd*)

7

2.3 Sistem Pelumasan Shaft Axle

12

2.4 Teori keausan komponen shaft axle bobcat

15

2.5 Penyebab kebocoran shaft axle bobcat

16

2.5.1 Kebocoran akibat kegagalan komponen internal

16

2.5.2 Kebocoran akibat kondisi operasional eksternal

17

2.6 Dampak kebocoran shaft axle

18

2.6.1 Dampak operasional

18

2.6.2 Dampak lingkungan dan keselamatan

19

BAB 3 METODE PENELITIAN

17

3.1 Tempat dan Waktu

21

3.1.1 Tempat Penelitian

21

3.1.2 Waktu Penelitian

21

3.2 Bahan dan Alat

22

3.2.1 Bahan penelitian

22

3.2.2 Alat Penelitian

23

3.3 Bagan Alir Penelitian

24

3.4 Rancangan Alat Penelitian

23

3.5 Prosedur Penelitian

24

3.6 Variabel Yang Di Teliti

25

3.7 Pengumpulan Data

27

3.8 Pengolahan Data

27

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Identifikasi Lokasi dan Faktor Penyebab Kebocoran	29
4.1.1 Lokasi Kebocoran	30
4.1.2 Identifikasi Faktor Penyebab Kebocoran <i>Shaft Axle</i>	32
4.2 Dampak Terhadap Komponen	38
4.2.1 Evaluasi Dampak Kebocoran <i>Shaft Axle</i> bobcat	38
4.2.2 Dampak Terhadap Operasional	40
4.3 Tindakan Perbaikan Axle Bobcat	40
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	 46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	47
 DAFTAR PUSTAKA	 49
Lembar Asistensi	
SK Pembimbing	
Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi – Bobcat S450 <i>Skid – Steer Loader</i>	5
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	19
Tabel 4.1 Komponen yang menyebabkan kebocoran axle bobcat	37
Tabel 4.2 Dampak Terhadap Operasional	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Axle (<i>Cont 'd</i>)	5
Gambar 2. 2 Bolt (Baut)	8
Gambar 2. 3 Washer (Ring)	9
Gambar 2. 4 Sporcket	9
Gambar 2. 5 <i>Bearing Axle</i>	10
Gambar 2. 6 <i>Cup Bearing</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Seal Shaft</i>	11
Gambar 2. 8 <i>Bolt Wheel</i>	11
Gambar 2. 9 <i>Hub Wheel</i>	12
Gambar 2. 10 Key (Spi pengunci)	13
Gambar 2. 11 Mur roda	13
Gambar 3. 1 Lem Silikon Red	22
Gambar 3. 2 Solar	22
Gambar 3. 3 Axle	23
Gambar 3. 4 Jangka Sorong	23
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4. 1 Laporan Orderan Perbaikan	29
Gambar 4. 2 Operator menunjukan Lokasi Kebocoran	30
Gambar 4. 3 Roda sisi kana Bobcat	30
Gambar 4. 4 Roda Bobcat Yang Terkena Oli	31
Gambar 4. 5 <i>Housing</i>	32
Gambar 4. 6 Cover/Plug	34
Gambar 4. 8 <i>Bearing Depan</i>	35
Gambar 4. 9 <i>Bearing Belakang</i>	35
Gambar 4. 10 Oli <i>Seal</i>	36
Gambar 4. 11 Oli <i>Seal</i> Yang lama	41
Gambar 4. 12 Oli <i>Seal</i> Yang baru	41
Gambar 4. 13 As Axle Yang Sedang Di Ukur	42
Gambar 4. 14 Baut Axle	43
Gambar 4. 15 Laporan <i>maintanance</i>	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan alat berat dalam sektor konstruksi dan industri menuntut tingkat keandalan dan efisiensi kerja yang tinggi. Salah satu alat berat yang banyak digunakan adalah *skidsteer* loader, khususnya Bobcat S450, yang dikenal memiliki ukuran kompak serta kemampuan manuver yang baik. Komponen utama yang berperan dalam sistem penggerak alat ini adalah axle, yang berfungsi menyalurkan tenaga dari sistem penggerak ke roda. (Alexander, 2003a) Dalam praktik operasional, axle pada Bobcat S450 sering mengalami permasalahan berupa kebocoran oli. Kebocoran ini umumnya terjadi pada bagian *seal*, *bearing*, maupun *housing* axle. Apabila kebocoran tidak segera ditangani, dapat menyebabkan berkurangnya volume oli pelumas, meningkatnya gesekan, serta mempercepat keausan komponen internal axle. Kondisi tersebut tidak hanya menurunkan performa alat, tetapi juga meningkatkan biaya perawatan dan risiko kerusakan lanjutan. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kebocoran pada komponen alat berat umumnya dipengaruhi oleh faktor kualitas material seal, kesalahan pemasangan, kondisi operasional yang berat, serta lingkungan kerja yang ekstrem. Pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus dan analisis sebab-akibat seperti diagram fishbone telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi akar permasalahan kebocoran pada sistem hidrolik dan mekanik alat berat. (Sp, 2019).

Perusahaan Melroe Manufacturing Company membeli hak cipta desain Keller bersaudara pada tahun 1958. Pada tahun 1962, mereka meluncurkan model M440, yang merupakan loader penggerak empat roda pertama. (Redzinski dan Morrell, 1975) Mesin ini menggunakan sistem *skid-steer* (kemudi geser), di mana roda sisi kiri dan kanan beroperasi secara independen. Inilah yang memungkinkan alat ini berputar 360 derajat di tempat yang sama. Pada tahun 1962, model M440 diperkenalkan. (STEFANI, tanpa tanggal) Seorang eksekutif periklanan mengusulkan nama "Bobcat" (kucing hutan) untuk menghormati karakteristik mesin tersebut: tangguh, cepat, dan lincah. Warna putih dipilih agar alat ini terlihat bersih (karena awalnya digunakan di industri peternakan dan pupuk).

Sejak saat itu, logo kucing Bobcat yang ikonik mulai digunakan. Ukuran dan Mobilitas: Bobcat Loader memiliki panjang sekitar 3-4 meter, lebar 1,5-2 meter, dan tinggi 2 meter, tergantung model. Beratnya berkisar 2.000-5.000 kg. Mesin ini dilengkapi roda atau track (rantai) untuk traksi tinggi, memungkinkan manuver di ruang sempit dengan radius putar kecil (kurang dari 2 meter). (Alexander, 2003b) Dapat dikendalikan oleh satu operator dari kabin tertutup atau terbuka. Sistem hidrolik memungkinkan kontrol presisi, dengan *joystick* untuk menggerakkan loader arm dan lampiran. Salah satu keunggulan utamanya adalah kemampuan mengganti lampiran cepat (*quick-attach system*), seperti *bucket* untuk menggali tanah, *fork* untuk mengangkat *pallet*, *auger* untuk bor, atau *broom* untuk menyapu. Ini membuatnya multifungsi. Dilengkapi mesin diesel (biasanya 25-100 hp), dengan opsi listrik atau hibrida di model terbaru untuk efisiensi bahan bakar dan emisi rendah. (Claar dan Yan, 1988).

Bobcat bekerja dengan sistem mekanik dan hidrolik yang kompleks, meliputi mesin diesel, sistem transmisi, sistem hidrolik, axle, serta komponen pendukung lainnya. Kinerja optimal Bobcat sangat bergantung pada kondisi setiap komponen tersebut. Apabila salah satu komponen mengalami kerusakan atau penurunan performa, maka produktivitas alat akan menurun dan berpotensi menimbulkan kerugian operasional. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada Bobcat adalah gangguan pada sistem mekanik dan hidrolik, seperti kebocoran oli, keausan komponen, serta kerusakan pada sistem penggerak. Permasalahan ini umumnya disebabkan oleh faktor usia pakai, beban kerja berlebih, kualitas pelumasan yang tidak sesuai, serta kurangnya perawatan berkala. Jika tidak ditangani dengan baik, kerusakan tersebut dapat berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius dan meningkatkan biaya perbaikan. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang sistematis dan mendalam terhadap permasalahan yang terjadi pada Bobcat, khususnya dari sudut pandang teknik mesin. Analisis ini penting untuk mengetahui penyebab utama kerusakan, pola kegagalan komponen, serta langkah perawatan dan perbaikan yang tepat. Dengan adanya kajian yang terstruktur, diharapkan

dapat meningkatkan keandalan Bobcat, memperpanjang umur pakai alat, serta mendukung efisiensi dan keselamatan kerja di lapangan.(Haddock, 2008).

1.2 Rumusan Masalah

Berasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja penyebab utama kebocoran pada axle bobcat S450?
2. Apa Dampak kebocoran pada axle bobcat S450
3. Bagaimana upaya perbaikan dan pencegahan kebocoran pada axle bobcat S450

1.3 Ruang lingkup

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal-hal berikut ini:

1. Penelitian ini akan difokuskan pada analisis penyebab kebocoran axle pada bobcat S450 yang dilakukan di Pt. Waruna Shipyard Indonesia
2. Kebocoran yang dianalisis terbatas pada kebocoran oli pelumas axle, tidak mencakup kebocoran fluida lain seperti oli hidrolik atau bahan bakar.
3. Analisis penyebab kebocoran berdasarkan data lapangan dari loader bobcat tersebut dan wawancara dengan teknisi loader bobcat.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi faktor – faktor penyebab kebocoran pada axle bobcat S450.
2. Mengevaluasi dampak kebocoran pada axle bobcat S450.
3. Menentukan tindakan perbaikan dan pencegahan yang tepat untuk mengatasi kebocoran pada axle Bobcat S450.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini baik secara akademik, teoritis maupun praktis adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Mesin, khususnya pada sistem axle dan *drivetrain* alat berat.

2. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam bagi mekanik dan teknisi alat berat mengenai faktor-faktor penyebab kebocoran pada axle Bobcat S450.
3. Penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa untuk penelitian lanjutan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Axle (*Cont'd*)

Axle atau poros merupakan komponen mekanis berupa poros sentral yang berfungsi sebagai penopang dan penghubung roda pada kendaraan, baik pada sistem roda tunggal maupun ganda, serta menjadi media utama dalam mentransmisikan momen gaya dari sistem penggerak ke roda. Secara struktural, axle dapat menghantarkan beban vertikal kendaraan, memikul lentur serta torsi yang terjadi selama operasi kendaraan, sehingga desainnya harus mempertimbangkan faktor beban dan kekuatan material untuk mencegah kegagalan mekanis. Dalam konteks kendaraan bermotor berat dan kinerja struktur sumbu, axle tidak hanya berfungsi sebagai elemen rotasi tetapi juga sebagai elemen beban utama yang mempengaruhi distribusi gaya pada sasis dan permukaan jalan. Definisi ini sesuai dengan kajian dasar poros roda dalam literatur teknik kendaraan dan komponen mesin, yang menjelaskan bahwa axle merupakan shaft pusat yang mendukung roda dan memungkinkan pergerakan rotasi roda bersama atau terhadap poros, tergantung pada desainnya.



Gambar 2. 1 Axle (*Cont'd*)

Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

2.1.1 Prinsip Kerja Axle (*Cont'd*)

Prinsip kerja axle (poros penggerak roda) dalam kendaraan bermotor terletak pada kemampuannya untuk mentransmisikan torsi dari differential atau

sistem transmisi ke roda-roda penggerak, sehingga menghasilkan gerak rotasi yang memindahkan tenaga putar mesin ke roda sehingga kendaraan dapat bergerak; pada saat yang bersamaan, poros axle juga harus menahan beban mekanis yang timbul dari gaya torsi, beban lentur (*bending*), dan beban dinamis selama operasi, sehingga distribusi tegangan dan regangan pada shaft menjadi parameter penting dalam evaluasi structural untuk mencegah kegagalan akibat fatigue atau konsentrasi tegangan di titik-titik kritis poros; prinsip kerja ini umumnya dianalisis melalui pendekatan mekanika rekayasa, misalnya simulasi elemen hingga untuk melihat respons tegangan-regangan poros terhadap variasi beban torsi yang diterima saat kendaraan berjalan, mencerminkan hubungan langsung antara torsi input, distribusi tegangan, dan kemampuan axle menjaga integritas strukturalnya di bawah kondisi operasional nyata. (M. V. Hermawan, A. Supriyanto & T. Al Alaa 2021).

2.2 Spesifikasi – Bobcat S450 Skid – Steer Loader

Tabel 2.1 Spesifikasi – Bobcat S450 Skid – Steer Loader

Kategori	Parameter Teknis	Nilai / Detail
Mesin	Tipe mesin	Kubota V2203-M-DI / Bobcat 2.4L (diesel, 4-silinder) (<u>Bobcat Central</u>)
	Tenaga maksimum (Gross)	± 49 hp / 36.4 kW (<u>Bobcat</u>)
	Pendinginan	Cair (<i>liquid cooled</i>) (<u>Bobcat Central</u>)
	Bahan bakar	Diesel (<u>Bobcat Central</u>)
	Kapasitas tangki	~ 54.5 L (<u>Bobcat</u>)
Bobot & Kapasitas	Operating weight (beroperasi)	~ 2365 kg (5 370 lb) (<u>Bobcat</u>)
	Kapasitas angkut (ISO)	~ 608 kg (1 370 lb) (<u>Bobcat</u>)
	<i>Tipping load</i>	~ 1215 kg (2 740 lb) (<u>Bobcat</u>)

Kategori	Parameter Teknis	Nilai / Detail
Performa Operasi	Kecepatan perjalanan	~ 11.4 km/jam (standard) / ~ 14.8 km/jam (opsi 2-speed) (<u>Bobcat Central</u>)
	<i>Auxiliary</i> (hidrolik)	<i>Flow</i> ~ 63.2 L/min (<u>Bobcat</u>)
	Tekanan hidrolik	sistem ~ 224–231 bar (<u>Multi Equipindo Perkasa</u>)
Dimensi	Panjang (tanpa lampiran)	~ 2499 mm (<u>Bobcat</u>)
	Panjang bucket	dengan ~ 3173 mm (<u>Bobcat</u>)
	Lebar	~ 1488 mm (<u>Bobcat</u>)
	Lebar dengan bucket	~ 1575 mm (<u>Multi Equipindo Perkasa</u>)
	Tinggi kabin	~ 1976 mm (<u>Bobcat</u>)
	Tinggi bucket	<i>hinge pin</i> ~ 2781 mm (<u>Multi Equipindo Perkasa</u>)
	Radius putar	~ 1941 mm (<u>Bobcat</u>)
Sistem Hidraulik	Aliran standar	sekunder 63.2 L/min (<u>Bobcat</u>)
	Relief pressure	~ 3300 psi ($\approx$ 227–231 bar) (<u>Bobcat</u>)
Fitur & Opsi	Steering	Tuas atau joystick (opsional)* (<u>Bobcat Central</u>)
	Cab / Kabin	Enklosur opsional (<u>Bobcat Central</u>)
	Sistem kontrol	Bobcat Interlock Control System (BICS) (<u>Bobcat Central</u>)
	Two-speed travel	Opsional (<u>Bobcat Central</u>)
	Ride control (peredam getar)	Opsional (<u>Bobcat Central</u>)

Kategori	Parameter Teknis	Nilai / Detail
Emisi & Regulasi	Standar emisi	Tier 4 / Stage V (tergantung pasar) (Bobcat)

2.2.1 Komponen Axle (Cont'd)

1. Bolt (Baut)

Bolt Merupakan Salah Satu Jenis *Fastener* Mekanis Berulir Yang Terdiri Dari Batang Silinder Dengan Ulir Eksternal Dan Kepala Di Salah Satu Ujungnya, Dirancang Untuk Menyatukan Dua Atau Lebih Komponen Struktural Melalui Gaya Penjepit Ketika Dikencangkan Bersama Dengan Mur (*Nut*) Yang Memiliki Ulir Internal Yang Sesuai; Sambungan Baut Menghasilkan Gaya Jepit Yang Efektif Dalam Menahan Beban Aksial Dan Geser, Serta Memungkinkan Perakitan Dan Pembongkaran Komponen Tanpa Merusak Bagian Yang Disambung.



Gambar 2. 2 *Bolt (Baut)*

Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

2. Washer (ring)

Ring merujuk pada komponen fastener berbentuk cincin yang dirancang untuk menahan posisi komponen lain secara aksial pada poros atau rongga. komponen ini umumnya terbuat dari bahan logam elastis seperti baja karbon atau baja tahan korosi sehingga mampu memberikan gaya radial yang stabil

untuk mencegah pergerakan aksial bagian-bagian seperti roda gigi, bantalan, atau elemen sambungan lainnya selama operasi mesin berlangsung.



Gambar 2. 3 Washer (Ring)

Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

3. Sprocket

Sprocket Axle (roda bergigi penggerak rantai) yang terpasang pada poros (*axle*) sehingga memungkinkan terjadinya pemindahan tenaga putar dari sumber penggerak menuju sistem penerus tenaga melalui interaksi antara gigi sprocket dengan tautan rantai, sekaligus poros itu sendiri berfungsi sebagai dukungan struktural dan elemen rotasi yang menyalurkan torsi ke bagian mesin berikutnya.



Gambar 2. 4 Sprocket

Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

4. Bearing Axle

Bearing adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menopang dan membatasi gerak relatif antara dua komponen mekanik, khususnya antara poros (*shaft*) yang berputar dan rumah (*housing*) yang diam, dengan tujuan utama mengurangi gesekan dan keausan sehingga memungkinkan pergerakan rotasi atau linier yang halus dan efisien dalam sistem mekanik; komponen ini bekerja

melalui pemisahan permukaan kontak oleh pelumasan atau elemen bergulir sehingga gaya gesek dapat diminimalkan.



Gambar 2. 5 *Bearing Axle*

Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

5. *Cup Bearing*

Cup merupakan jenis *rolling-element bearing* yang terdiri dari dua elemen utama *cup* (cincin luar/outer ring) dan *cone* (cincin dalam/inner ring) beserta elemen rol yang berbentuk tirus yang secara geometris memiliki permukaan balapan berbentuk kerucut sehingga garis sumbu elemen-elemen rolnya bertemu pada satu titik pada poros bantalan.



Gambar 2. 6 *Cup Bearing*

Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

6. *Seal Shaft*

Seal shaft atau oli *seal* adalah komponen mekanis yang dirancang untuk menghambat aliran fluida (seperti minyak, pelumas, atau cairan proses) di sepanjang poros yang berputar dalam suatu mesin atau sistem transmisi, sehingga mencegah kebocoran ke lingkungan luar dan masuknya kontaminan yang dapat merusak komponen internal seperti *bearings* atau sistem gearbox.



Gambar 2. 7 *Seal Shaft*

Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

7. *Bolt Wheel*

Bolt Wheel merupakan komponen mekanis *fastener* berulir yang dirancang untuk mengamankan roda terhadap hub atau pelek kendaraan melalui sambungan tumpu langsung pada hub roda, sehingga memastikan hubungan struktural yang kuat antara roda dan sumbu kendaraan serta memindahkan gaya-gaya dinamis seperti torsi, gaya geser, dan beban radial selama operasi kendaraan.



Gambar 2. 8 *Bolt Wheel*

Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

8. *Hub Wheel*

Hub Wheel berfungsi sebagai komponen kunci dalam mentransmisikan torsi mesin melalui sistem transmisi ke roda-roda, sekaligus mendukung beban struktural yang dialami selama operasi beban berat. komponen ini bukan hanya menjadi titik tumpu mekanis roda tetapi juga berperan dalam distribusi beban radial dan torsi melalui mekanisme pengurangan kecepatan internal seperti gigi planet dan diferensial pada *drive axle*.



Gambar 2. 9 *Hub Wheel*

Sumber : PT. Waruna Shipyards Indonesia

9. Key (Spi pengunci)

Key (spi) merupakan elemen mekanis yang berfungsi sebagai sambungan torsi antara poros (*shaft*) dan komponen yang dipasang di atasnya (seperti gear, pulley, atau hub), dengan tujuan mentransmisikan momen gaya (*torque*) secara efisien tanpa tergelincir.

Key berbentuk batang kecil yang masuk ke dalam alur (*keyway*) pada poros dan alur pasangan di komponen, sehingga momen torsi dapat ditransfer melalui kontak geser antar permukaan alur *key*.



Gambar 2. 10 Key (Spi pengunci)
Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

11. Mur roda

Mur roda (*wheel nut*) adalah komponen *fastener* mekanis berulir yang dirancang secara khusus untuk mengamankan roda kendaraan pada stud atau poros hub melalui gaya penjepit yang memadai, sehingga roda dapat menahan beban radial, lentur, dan momen torsi yang timbul selama operasi kendaraan tanpa terjadi pelonggaran atau pelepasan komponen roda dari axle.



Gambar 2. 11 Mur roda
Sumber : PT. Waruna Shipyard Indonesia

2.3 Sistem Pelumasan Shaft Axle

Sistem pelumasan pada drive axle loader, seperti pada Bobcat S450, merupakan rangkaian pelumas yang dirancang untuk menjamin distribusi pelumasan ke komponen-komponen bergerak pada poros, *bearing*, dan *final drive* sehingga mengurangi gesekan antar permukaan logam yang berputar dan mencegah keausan serta overheating, pelumasan yang efektif sangat penting untuk mendukung beban torsi tinggi dan beban dinamis yang bekerja pada axle selama operasi beban material, serta mempertahankan lapisan film pelumas yang meminimalkan kontak metal-to-metal antara komponen *gear* maupun *roller/bearing* di dalam sistem transmisi penggerak roda. Pelumas (minyak atau

grease) diarahkan melalui saluran internal dan ruang *housing* axle sampai ke bearing serta gear yang saling bergesekan, di mana pemilihan jenis, viskositas, dan interval penggantian pelumas disesuaikan dengan kondisi operasional dan rekomendasi pabrikan untuk menjaga kinerja dan umur layanan komponen *drivetrain* alat berat. Penelitian pada karakterisasi pelumasan bantalan *slip/gear* menunjukkan bahwa kondisi pelumasan, baik hidrodinamik maupun pelumasan boundary, sangat berpengaruh terhadap distribusi tegangan dan keausan komponen berputar, sehingga pemantauan pelumasan menjadi aspek penting dalam pemeliharaan axle loader.

Sistem pelumasan pada *shaft axle* berperan penting dalam meminimalkan gesekan dan keausan antar permukaan logam yang bergerak, khususnya di dalam *drive axle housing* di mana poros axle, gear serta bearing beroperasi di bawah beban torsi tinggi dan kondisi dinamis. Pelumasan yang efektif menciptakan lapisan film pelumas yang memisahkan permukaan kontak, sehingga mengurangi kontak *metal to metal* yang dapat mempercepat degradasi komponen, sekaligus membantu mengurangi panas yang dihasilkan dari gesekan saat operasi berkepanjangan. Dalam sistem axle kendaraan, pelumas berperan pada distribusi energi, pengaturan suhu, serta pencegahan korosi komponen internal seperti spiral *bevel gears*, *differential*, dan *roller bearings* axle loader. Konsep efisiensi distribusi pelumas ini juga dibahas dalam penelitian yang menggunakan pemodelan *fluid dynamics* untuk mengoptimalkan aliran oli di dalam *housing* axle guna meningkatkan efisiensi transmisi daya dan mengurangi kerugian yang disebabkan oleh *churning loss* pelumas di dalam sistem (*vehicle axle lubrication system*).

Pelumasan pada *shaft axle* melibatkan dua konteks utama: pelumasan gear dan pelumasan *bearing*, yang masing-masing mengikuti regime pelumasan yang berbeda tergantung pada kecepatan dan beban operasional. Pada gear *hypoid* atau spiral bevel dalam *axle*, oli pelumas dengan sifat aditif *extreme pressure* (EP) digunakan untuk mempertahankan lapisan film pelumas di antara gigi-gigi yang saling bergesekan, sehingga menanggulangi beban tinggi dan kontak sliding yang intens. Studi ilmiah mengenai perilaku gesekan oli gear menunjukkan bahwa

sifat fisik dan aditif pelumas sangat mempengaruhi karakteristik gesekan dalam berbagai regime pelumasan, termasuk *mixed lubrication* dan *boundary lubrication* saat kejadian beban dan suhu meningkat. (*Axle gear oils: Friction behaviour under mixed and boundary lubrication regimes*)

2.4 Teori keausan komponen shaft axle bobcat

Keausan pada *shaft axle* merupakan fenomena tribologis di mana material permukaan poros secara progresif hilang akibat interaksi kontak bergulir atau geser dengan elemen lain seperti *bearing*, *gear*, atau *housing* selama operasi, yang dipicu oleh gaya gesek, beban siklik, dan kondisi pelumasan yang tidak ideal. Secara umum, keausan dapat dipahami sebagai akibat dari gesekan antara dua permukaan yang saling bergerak relatif, dimana volume material yang hilang berbanding lurus dengan usaha gesek yang terjadi pada kontak tersebut, sebagaimana dirumuskan dalam model hukum keausan klasik seperti *Archard wear equation* di studi tribologi. Keausan ini tidak hanya mengubah geometri poros secara mikro tetapi juga mempengaruhi performa sistem drivetrain secara keseluruhan, sehingga analisis mekanisme keausan penting untuk memahami umur layanan dan kegagalan komponen shaft axle.

Mekanisme keausan pada shaft axle dapat terjadi melalui beberapa proses, seperti keausan abrasif yang diakibatkan partikel asing atau permukaan kasar yang mengikis material, keausan adhesif yang terjadi ketika terjadi transfer material antar permukaan saling bergesekan, serta kelelahan permukaan akibat siklus tegangan berulang. Faktor-faktor seperti tingkat beban torsi, kecepatan rotasi poros, ketidakmampuan pelumasan yang efektif, dan struktur mikro material poros sangat memengaruhi laju dan mode keausan yang terjadi, sehingga material dan metode pelumasan dipilih secara ilmiah untuk meminimalkan kehilangan material akibat kontak tribologis yang intensif. Hal ini sejalan dengan pembahasan umum dalam tribologi mengenai dampak kondisi operasi terhadap tingkat keausan pada permukaan komponen mekanis yang mengalami gerak relatif.

Analisis keausan pada komponen shaft axle menjadi penting dalam konteks perancangan dan pemeliharaan karena peningkatan keausan secara

signifikan dapat mengurangi integritas struktural dan umur layanan poros axle, khususnya di bawah beban dinamis dalam kendaraan berat seperti loader, sehingga mempercepat kegagalan komponen atau meningkatkan frekuensi perbaikan. Penelitian keausan yang menggunakan teknik tribologi seperti uji *pin-on-disc* mengidentifikasi hubungan antara kondisi tribologis dan laju kehilangan material sehingga dapat diterapkan untuk memprediksi masa pakai material di kondisi kerja nyata. Dengan mengintegrasikan pemahaman teori keausan dengan strategi pelumasan dan material tahan aus, desain shaft axle dapat dioptimalkan untuk meningkatkan keandalan dan umur pakai komponen dalam sistem driveline. (Archard wear equation).

2.5 Penyebab kebocoran shaft axle bobcat

2.5.1 Kebocoran akibat kegagalan komponen internal

Kebocoran pada *shaft axle* sering kali merupakan konsekuensi dari kegagalan komponen internal seperti seal poros (*axle seal*) dan permukaan poros yang aus, yang berfungsi mencegah pelumas internal seperti oli gigi keluar dari housing axle. Ketika *seal* mengalami deformasi, retak, atau kehilangan elastisitas akibat beban siklik, panas operasi, atau pemasangan yang tidak tepat, celah antara *seal lip* dan permukaan poros akan terbentuk sehingga pelumas dapat merembes melalui celah tersebut. Hal ini selaras dengan temuan bahwa kebocoran bergantung pada kondisi viskoelastisitas *seal* serta adanya gap dinamis akibat eksentrisitas gerak poros, yang meningkatkan peluang terbentuknya jalur kebocoran saat komponen berputar di bawah beban operasional.

Ketika kebocoran terjadi pada *shaft axle*, terutama melalui kerusakan *seal* atau ketidaksesuaian permukaan poros, hal ini akan menyebabkan penurunan jumlah pelumas internal, yang langsung berdampak pada efektivitas pelumasan gear dan bearing di dalam sistem gandar. Penurunan tingkat pelumasan akan meningkatkan gesekan, mempercepat keausan gigi diferensial dan roller bearing, serta menaikkan temperatur operasi komponen. *Lubricant leakage* tidak hanya mengurangi masa pakai komponen internal tetapi juga berpotensi menyebabkan kegagalan mekanis yang lebih serius seperti patahnya poros atau kerusakan gear akibat kehabisan pelumas yang memadai. Literatur penelitian tentang kebocoran dari *driveshaft radial seal* mengindikasikan bahwa permukaan yang tidak halus

dan misalignment keduanya berkontribusi terhadap laju kebocoran pelumas, sehingga desain permukaan poros dan kualitas seal memainkan peran penting dalam pencegahan kebocoran.

Beberapa faktor utama yang berkontribusi pada kegagalan *seal* internal dan kebocoran pada poros axle mencakup kerusakan material seal akibat usia pakai, kesalahan pemasangan, permukaan poros yang tidak rata, dan eksentrisitas dinamis saat operasi sehingga mengakibatkan celah mikro yang memungkinkan oli keluar. Misalignment antara poros dan *seal* dapat meningkatkan tekanan lokal dan abrasi pada *seal lip*, mempercepat degradasi seal dan mengakibatkan kehilangan pelumas yang signifikan dari housing axle. Penelitian *radial oil seal leakage* menguatkan pemahaman bahwa parameter operasi seperti kecepatan putar dan eksentrisitas berpengaruh signifikan terhadap pembentukan celah kebocoran, sehingga kegagalan *seal* tidak hanya merupakan permasalahan material tetapi juga masalah dinamika komponen dalam sistem driveline. (P. Nomikos et al. 2022).

2.5.2 Kebocoran akibat kondisi operasional eksternal

Kebocoran pada *shaft axle* umumnya terjadi ketika komponen penyegel seperti seal lip atau labirin seal gagal mempertahankan integritasnya akibat pengaruh faktor eksternal selama operasi, sehingga pelumas internal (misalnya oli diferensial) merembes keluar dari housing axle. Kondisi operasional eksternal yang dapat menyebabkan kegagalan ini mencakup fluktuasi temperatur, tekanan internal yang tidak terkendali, getaran dinamis tinggi, serta kontaminasi partikel luar seperti debu dan kotoran yang berinteraksi dengan permukaan seal serta poros berputar. Ketidakseimbangan termal seperti pemanasan berlebih akibat beban tinggi dapat mempercepat degradasi elastomer pada *seal*, sehingga mengurangi kemampuannya untuk mempertahankan sambungan rapat terhadap poros axle yang berputar, dan berpotensi mengakibatkan kebocoran pelumas pada ujung poros. Kondisi seperti ini sejajar dengan kajian sealing dalam sistem tribologi di mana peningkatan temperatur kontak dan gesekan *seal*–poros mempercepat penuaan material *seal* serta menurunkan efektivitas sealing misalnya pada aplikasi gear dan drivetrain.

Selama operasi loader di medan berat, *shaft axle* mengalami eksitasi luar berupa getaran akibat permukaan tanah yang tidak rata, dampak beban berlebih, serta perubahan beban dinamis, yang menghantarkan gaya tak seragam ke housing seal dan permukaan poros. Pengaruh getaran dinamis ini dapat menyebabkan misalignment relatif antara permukaan seal dan poros sehingga film pelumas yang tipis di area kontak terganggu dan celah mikro dapat terbentuk, memfasilitasi jalur kebocoran pelumas dari dalam housing ke lingkungan eksternal. Selain itu, kontaminasi partikel halus atau kotoran yang masuk melalui celah seal memperburuk penetrasi pelumas dan meningkatkan keausan lokal di permukaan sealing lip, sehingga mempercepat kebocoran. Penelitian tribologi seal menunjukkan bahwa kondisi operasi yang melibatkan partikel kontaminan, fluktuasi temperatur, dan pergerakan dinamis relatif dapat menurunkan performa seal dan meningkatkan laju kebocoran secara signifikan, yang relevan terhadap fenomena kebocoran pada sistem axle pada alat berat.

Faktor eksternal lain yang berkontribusi terhadap kebocoran adalah perubahan sifat pelumas akibat temperatur dan tekanan operasi yang ekstrem, dimana pelumas dapat mengalami penurunan viskositas atau degradasi aditif, sehingga film pelumas yang melapisi interface antara seal dan poros menjadi kurang stabil dan lebih mudah tergerus keluar dari celah sealing. Turunnya viskositas oli akibat kenaikan temperatur dapat melemahkan *squeeze film* pelumas pada interface seal–poros, sehingga permukaan seal menjadi rawan terhadap kebocoran terutama di saat operasi beban berat tinggi. Studi eksperimental pada karakteristik seal di bawah variasi temperatur menunjukkan bahwa kondisi lingkungan dan variabel operasional seperti temperatur tinggi secara langsung mempengaruhi interaksi tribologis antara seal elastomer dan permukaan poros, sehingga meningkatkan risiko kebocoran pelumas di sistem rotasi seperti axle drivetrain. (Shabbir, S. 2021).

2.6 Dampak kebocoran shaft axle

2.6.1 Dampak operasional

Kebocoran pelumas pada *shaft axle* yang terjadi selama operasi kendaraan atau alat berat, seperti pada loader Bobcat, berdampak langsung pada penurunan volume pelumas internal yang tersedia untuk melapisi permukaan kontak antara

poros, gear, dan bearing. Akibat kekurangan pelumasan ini, lapisan film pelumas yang semestinya memisahkan permukaan logam saling bergesekan menjadi tipis atau bahkan hilang, sehingga kontak metal-to-metal meningkat. Dampak kebocoran pelumas pada axle shaft tidak hanya terbatas pada keausan permukaan tetapi juga pada meningkatnya kerugian energi dalam sistem driveline. Ketika film pelumas tidak mencukupi, gesekan internal antara gigi gear, roller, dan poros meningkat, sehingga untuk mempertahankan putaran dan torsi yang sama sistem harus mengeluarkan lebih banyak energi. Hal ini menyebabkan kenaikan temperatur operasi lokal dan global pada housing axle, yang selanjutnya dapat mempercepat degradasi material logam dan seal, serta meningkatkan risiko kegagalan prematur komponen. (Lorenz Braumann et al. 2025).

Dalam jangka panjang, kebocoran pelumas yang dibiarkan pada *shaft axle* dapat meningkatkan kebutuhan perawatan dan biaya operasional serta menurunkan keandalan keseluruhan sistem kendaraan atau alat berat. Ketika pelumasan tidak adekuat menjadi kebiasaan operasional, komponen seperti bearing dan gear akan mengalami akselerasi kelelahan permukaan, pitting gear, serta kemungkinan kerusakan drastis akibat hilangnya film pelumas yang menjaga integritas kontak bergulir dan sliding.

2.6.2 Dampak lingkungan dan keselamatan

Kebocoran pelumas dari *shaft axle* yang terjadi selama operasi kendaraan atau peralatan berat dapat menyebabkan kontaminasi lingkungan secara signifikan, karena pelumas yang umumnya berbasis minyak mineral mengandung hidrokarbon petroleum dan aditif kimia yang bersifat toksik dan sulit terurai di alam. Ketika pelumas tersebut tersebar ke tanah, badan air, dan sistem perairan melalui limpasan atau infiltrasi, komponen-komponennya dapat menghambat lapisan oksigen terlarut di air, merusak fisiologi organisme akuatik, serta mengganggu keseimbangan ekosistem mikroba dan tumbuhan yang sangat sensitif terhadap polutan hidrokarbon.

Selain dampak ekologi, kebocoran pelumas yang berasal dari *shaft axle* juga dapat menjadi ancaman terhadap keselamatan dan kesehatan manusia, terutama bagi pekerja pemeliharaan dan operator di area kerja alat berat. Paparan langsung atau berkepanjangan terhadap pelumas mineral dan senyawa aditifnya

dapat menyebabkan iritasi kulit, gangguan pernapasan akibat uap atau kabut minyak halus yang terhirup, serta potensi akumulasi bahan kimia berbahaya dalam jaringan organisme jika kontak terjadi secara terus-menerus. *Lubricating oils* yang terlepas ke lingkungan juga dapat menyebabkan kontaminasi air minum atau tanah pertanian jika tidak dikelola dengan benar, dampak kebocoran pelumas pada *shaft axle* tidak hanya bersifat lingkungan dan kesehatan, tetapi juga dapat memperburuk keselamatan operasional kendaraan atau alat berat itu sendiri. (Odusote dkk., 2023)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Waruna Shipyard Indonesia tepatnya di Workshop Heavy Equipmant dan Bobcat S450 Bersama mekanik Heavy Equipmant.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sahkannya pengajuan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara yang akan dikerjakan selama kurang lebih 5 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Waktu penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■	■				
2	Studi Literatur		■	■	■		
3	Penulisan Laporan			■	■	■	
4	Seminar Proposal				■	■	
5	Revisi Proposal					■	
6	Pengumpulan Data Penelitian					■	
7	Penulisan Laporan Akhir					■	
8	Sidang Sarjana						■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan penelitian

1. Lem Silikon Red

Silikon adalah bahan sealant yang digunakan untuk menempelkan packing ke komponen dan untuk menutup celah-celah kecil yang berpotensi mengalami kebocoran oli pada Axle bobcat



Gambar 3. 1 Lem Silikon Red

2. Solar

Berfungsi untuk menghilangkan kotoran oli dan greas yang mengering pada komponen Axle, serta membantu proses pembersihan komponen Axle agar terbebas dari residu pelumas yang dapat mengganggu kinerja saat perakitan atau pemeriksaan



Gambar 3. 2 Solar

3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang di gunakan dalam proses penelitian ini adalah :

1. Axle

Axle dalam penelitian ini berfungsi sebagai objek utama untuk mengkaji penyebab kebocoran pada roda bobcat yang dimana kebocoran mengurangi efesiensi. Axle berperan penting dalam mengerakkan roda dan 1uplai oli pelumas dengan tekanan dan volume tertentu ke berbagai komponen kritis mesin seperti bearing dan crankshaft, sehingga menjaga kinerja dan mencegah kerusakan.



Gambar 3. 3 Axle

2. Jangka Sorong

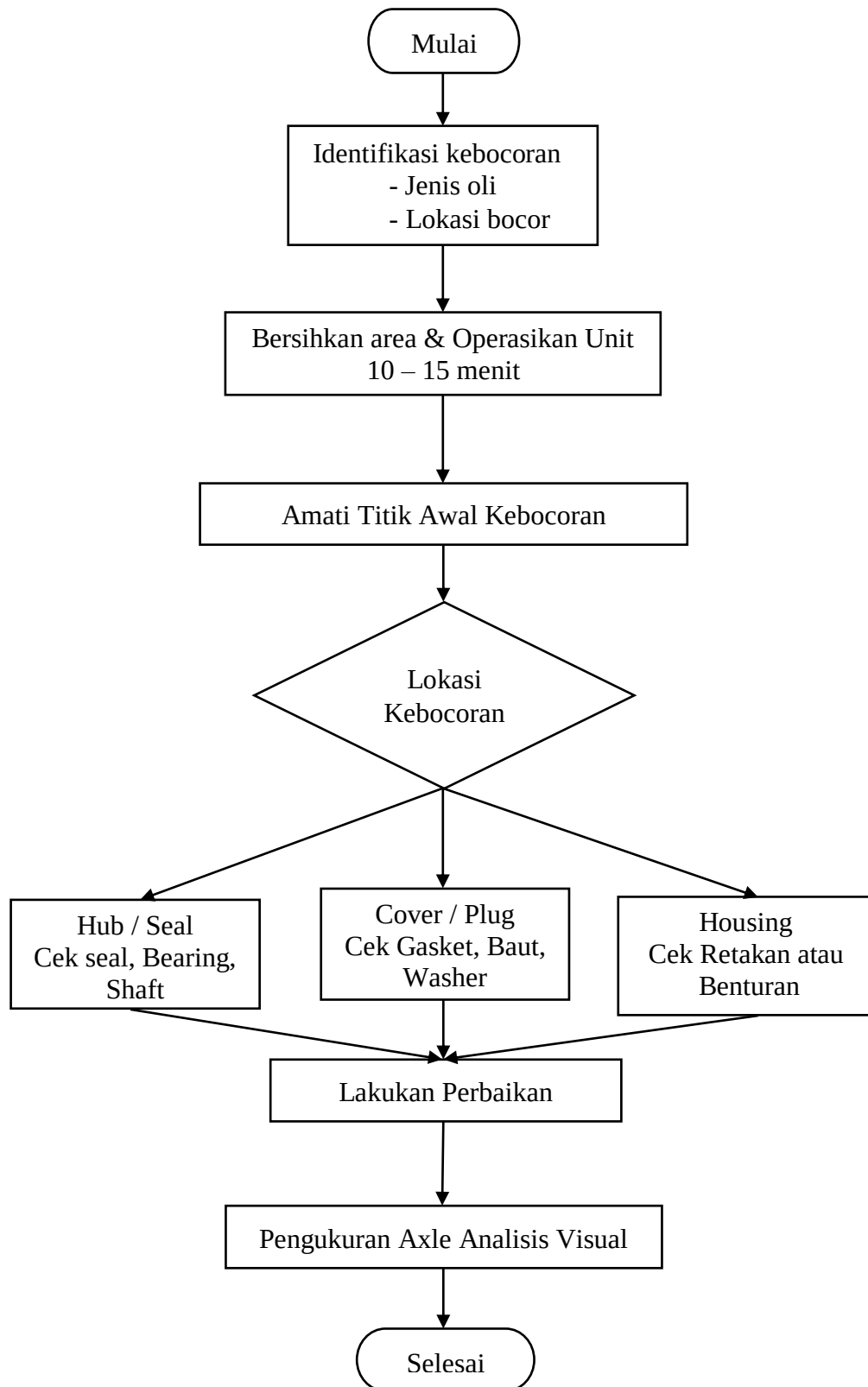
Jangka sorong (dalam bahasa Inggris disebut Vernier Caliper) adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur panjang, diameter luar, diameter dalam, dan kedalaman suatu benda dengan tingkat ketelitian tinggi, biasanya hingga 0,02 mm atau 0,05 mm tergantung jenisnya. Alat ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu rahang tetap dan rahang geser, serta dilengkapi dengan skala utama dan skala nonius (vernier scale) untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat.



Gambar 3. 4 Jangka Sorong

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir Penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Rancangan alat penelitian ini dibuat untuk menjelaskan bentuk, fungsi, dan cara pengukuran pada komponen Axle Bobcat menggunakan alat ukur jangka sorong. Pada gambar ditunjukkan *Shaft Axle Bobcat* yang menjadi Objek Penelitian.

Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan keseragaman ketebalan dan mendeteksi adanya keausan atau ketidakseimbangan pada permukaan *Shaft Axle Bobcat*. Hasil pengukuran ini menjadi dasar dalam proses analisis kondisi komponen serta penentuan langkah dan rekomendasi perawatan atau perbaikan selanjutnya.



Gambar 3. 5 Shaft Axle

Pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur jangka sorong adalah bagian yang menahan oli, seperti oli seal pada *shaft axle* tersebut. Setelah terukur barulah diketahui bahwa *Shaft Axle* tersebut bukan hanya mengalami kerusakan pada oli seal yang menyebabkan kebocoran tetapi juga pada *Shaft Axle* tersebut yang sudah terkikis bagian *Shaft* tempat oli seal tersebut.



Gambar 3. 6 Axle diukur

3.5 Prosedur

Penelitian

Prosedur penelitian ini disusun untuk memastikan proses analisis penyebab kebocoran pada axle bobcat yang dilakukan secara sistematis, dan sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan penelitian dilaksanakan secara berurutan mulai dari identifikasi masalah hingga penyusunan kesimpulan dan rekomendasi perbaikan. Adapun beberapa prosedur penelitian yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi kebocoran pada axle bobcat

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi kebocoran pada axle bobcat. Identifikasi dilakukan berdasarkan laporan kerusakan, keluhan operator, serta indikasi gangguan kinerja unit, seperti kebocoran pada shaft axle bobcat. Tahap ini bertujuan untuk menentukan fokus penelitian dan memastikan bahwa diketahuinya penyebab kebocoran pada shaft axle bobcat.

2. Observasi Awal Kondisi Unit

Observasi awal dilakukan secara langsung pada unit Bobcat S450 untuk mengetahui Dimana lokasi kebocoran oli tersebut sebelum dilakukannya pembongkaran. Observasi meliputi pengamatan visual terhadap adanya kebocoran, yang dimana membuat roda depan bobcat terkena oli yang membuat kesulitan mengoperasikan bobcat tersebut dikarenakan licin. Operator akan menunjukan kondisi unit dan letak dimana terjadinya kebocoran pada bobcat yang menyebabkan roda terkena oli.

Operator menunjukan lokasi kebocoran unit dan operator akan membuat Laporan perbaikan untuk di tinjak lanjuti oleh mekanik agar tidak terjadi Downtime dan kerusakan komponen lainnya pada shaft Axle Bobcat. Dengan di tunjukannya lokasi kebocoran oleh operator mekanik akan mengetahui dari manakah asal oli tersebut dan jenis oli apa yang bocor tersebut, tetapi juga dilakukannya pembersihan di area yang terjadi kebocoran sehingga nampak dengan jelas daerah yang bocor tersebut dan bagaimana keadaannya saat di lihat dari luar.

Setelah melakukan observasi unit operator akan membuat laporan perbaikan dengan memintanya ke admin alat berat dan melaporkannya kepada mekanik sehingga akan dilakukannya pembongkaran.

3. Pembongkaran Pada Axle Bobcat

Pembongkaran Axle dilakukan setelah benar adanya kebocoran di area tersebut. Proses pembongkaran dilaksanakan sesuai prosedur keselamatan kerja, dengan menggunakan alat dan perlengkapan yang sesuai. Pembongkaran bertujuan untuk membuka akses ke komponen internal axle sehingga dapat dilakukan pemeriksaan secara menyeluruh terhadap kondisi fisik dan fungsional setiap komponen.

4. Pemeriksaan dan Identifikasi Kerusakan Komponen

Setelah Melakukan Pembongkaran dilakukan Pemeriksaan pada setiap komponen utama, seperti housing, cover/plug, dan seal. Pemeriksaan dilakukan melalui inspeksi visual dan pengukuran sederhana untuk mengidentifikasi keausan, goresan, dan kecacatan benda. Setiap temuan kerusakan dicatat dan dikomentasikan sebagai data penelitian.

5. Pengelompokan Jenis Kerusakan

Kerusakan yang ditemukan pada tahap pemeriksaan selanjutnya dikelompokkan berdasarkan jenis dan karakteristiknya. Pengelompokan dilakukan menjadi kebocoran internal seperti pada seal, kebocoran eksternal seperti pada cover/plug, dan keausan pada as shaft axle. Pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan analisis dan penarikan hubungan antara jenis kerusakan dan faktor penyebabnya.

6. Analisis Faktor Penyebab Kerusakan

Pada tahap ini dilakukan analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kebocoran pada shaft axle. Analisis dilakukan secara kualitatif dengan pemeriksaan dan pengukuran pada as shaft axle, meliputi faktor teknis, operasional, dan perawatan, lingkungan kerja untuk menentukan penyebab kebocoran.

7. Penyusunan Kesimpulan dan Rekomendasi Perbaikan

Tahap akhir penelitian adalah penyusunan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan memuat ringkasan jenis kerusakan dan faktor penyebab utama kerusakan yang mempengaruhi kerusakan shaft Axle. Selain itu, disusun pula rekomendasi perbaikan dan pencegahan yang bersifat aplikatif, meliputi tindakan perbaikan komponen, peningkatan prosedur perawatan, serta saran pengoperasian unit yang lebih aman dan efisien.

3.6 Variabel yang diteliti

Variabel penelitian difokuskan pada beberapa komponen Axle meliputi: Housing, Cover/plug, Seal.

Langkah Langkah pembongkaran axle,

1. hal terpenting yang harus diperhatikan adalah memastikan semua aspek keamanan terpenuhi, termasuk penggunaan sepatu safety, wearpack, dan helm safety. Pastikan juga area kerja dan peralatan kerja dalam keadaan aman dan layak digunakan.
2. Mempersiapkan semua alat kerja yang diperlukan untuk pembongkaran yakni palu, kunci ring dan pas mulai dari 13 sampai 22, Palu, Kunci roda, dan jack 10 Ton peralatan yang layak digunakan.
3. Pastikan proses pembongkaran dilakukan sesuai SOP yang berlaku di PT. Waruna Shipyard Indonesia.
4. Pembongkaran awal dilakukan dengan membuka mur roda dengan kunci roda.
5. Jika Mur roda sudah terbuka, kemudian dongkrak dan ganjal bagian bawah bobcat lalu kita bisa melepaskan roda tersebut.
6. Kemudian buka cabin kemudi dengan cara memakai alat bantu mini crane, seling, v-belt, dan segel.
7. Pastikan dahulu bahwa cabin kemudi di angkat menggunakan mini crane dengan seling, dan segel berkapasitas 1 ton.
8. Setelah mentok sampai batasnya, kaitkan V-belt dan segel dan pastikan kabin terikat dengan aman dan tidak terjatuh.
9. Langkah berikutnya membukan cover tutup gearbox sebanyak 6 baut dengan kunci 15.

10. Kemudian buka baut sporket yang menghubungkan rantai gerbox dengan as roda menggunakan kunci 18.
11. Sediakan Alat tampungan oli kotor.
12. Buka baut 21 plug cover depan, kemudian tampung oli yang keluar.
13. Kemudian keluarkanlah Shaft Axle tersebut meliputi seal, dan bearing.
14. Setelah keluar dan semua komponen terbuka selanjutnya lakukan proses pengumpulan komponen serta cek komponen tersebut manakah yang mengalami kerusakan, dan lakukanlah proses *cleaning*.
15. Setelah melakukan proses *cleaning* pada semua komponen, selanjutnya melakukan proses *cleaning* pada kunci” dan area kerja.
16. Sebelum dilakukan pengukuran pastikan lagi semua komponen dalam keadaan bersih.
17. Siapkan alat untuk mengukur komponen pada Shaft Axle ini dan pastikan alat dalam keadaan baik dan tidak rusak, alat untuk pengukuran komponen ini ialah jangka sorong.
18. Komponen yang akan di ukur ialah Shaft axle.

3.7 Pengumpulan Data

1. Pengumpulan data dilakukan selama 1 bulan di PT. Waruna Shipyard Indonesia.
2. Data yang dikumpulkan meliputi dokumentasi kondisi komponen, hasil pengukuran, serta catatan perawatan sebelumnya.

3.8 Pengolahan Data

Pengolahan Data Langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan, yaitu :

1. Pengolahan kajian terkait kebocoran Oli pada Shaft Axle dan Pengukuran keausan pada komponen Shaft Axle Bobcat S450
2. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keausan yang terjadi pada setiap komponen dan nilai tersebut dibandingkan dengan standar batas toleransi yang telah ditentukan.

3.9 Prosedur tindakan perbaikan dan pencegahan

Menentukan tindakan perbaikan setelah terjadinya kebocoran oli chaincase pada axle bobcat S450 yaitu adalah mengganti komponen yang rusak.

1. Tindakan Perbaikan (Corrective Action)

Dilakukan untuk mengatasi kebocoran yang sudah terjadi.

1. Mencari sumber kebocoran (seal axle, housing, atau baut yang longgar).
2. Bersihkan area axle agar titik kebocoran dapat dipastikan.
3. Ganti komponen yang rusak yaitu oil seal.
4. Periksa kondisi poros shaft
5. Penguncian Baut Dengan merata
6. Pengisian Oli Sesuai Kapasitasnya dan spesifikasinya
7. Uji Operasional Bobcat S450.

2. Tindakan Pencegahan (Preventive Action)

Dilakukan untuk mencegah kebocoran terulang.

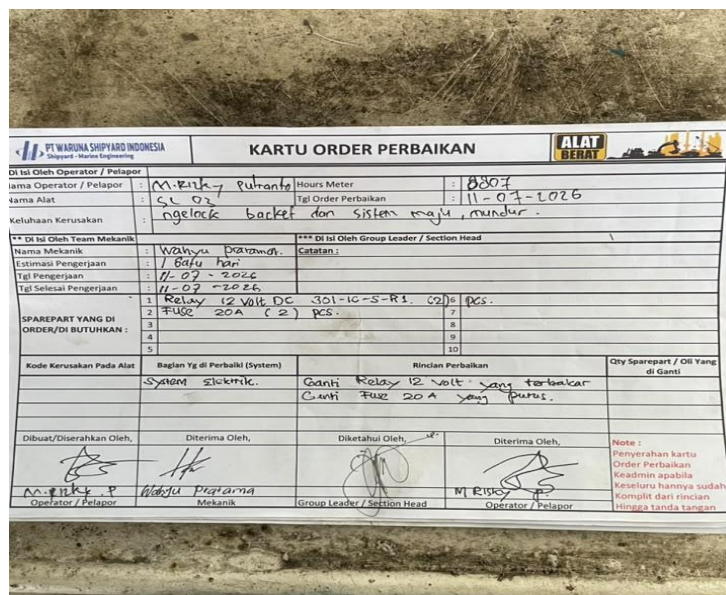
1. Lakukan inspeksi rutin pada axle terhadap tanda-tanda rembesan oli.
2. Periksa level dan kualitas oli axle secara berkala.
3. Ganti oil seal, O-ring, dan gasket sesuai interval perawatan atau ketika mulai menunjukkan tanda keausan.
4. Hindari beban kerja yang melebihi kapasitas alat karena dapat mempercepat kerusakan bearing dan seal.
5. Bersihkan area axle secara berkala agar kotoran tidak merusak seal.
6. Gunakan suku cadang dan pelumas yang sesuai dengan spesifikasi pabrikan.
7. Pastikan pemasangan seal dilakukan menggunakan alat yang benar untuk menghindari kerusakan saat instalasi.
8. Catat setiap kegiatan inspeksi dan perbaikan dalam riwayat perawatan sebagai dasar evaluasi kondisi alat.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Lokasi dan Faktor Penyebab Kebocoran

Bobcat S450 merupakan skid steer loader yang digunakan untuk kegiatan pemindahan material. Salah satu komponen penting pada unit ini adalah axle yang berfungsi meneruskan tenaga dari sistem penggerak ke roda. Berdasarkan laporan operator ditemukan kebocoran oli pada shaft axle sebelah kanan yang menyebabkan penurunan performa unit dan memerlukan tindakan perbaikan.



PT WABUNA SHIPYARD INDONESIA		KARTU ORDER PERBAIKAN	
Di Isi Oleh Operator / Pelapor	M. Rizki Putranita	Hours Meter	8807
Nama Operator / Pelapor	SL 02	Tgl Order Perbaikan	11-04-2026
Nama Alat	Bobcat S450	Keluhan Kerusakan	ngelock baret dan sistem maju, mundur.
** Di Isi Oleh Team Mekanik		*** Di Isi Oleh Group Leader / Section Head	
Nama Mekanik	Wahyu Daryono	Catatan	
Estimasi Pengerjaan	1-2 jam		
Tgl Pengerjaan	11-04-2026		
Tgl Selesai Pengerjaan	11-04-2026		
SPAREPART YANG DI ORDER/DI BUTUHKAN :	1. Relay 12 Volt DC 301-10-S-R1 0215 Pcs. 2. Fuse 20A (2) Pcs.		
Kode Kerusakan Pada Alat	Bagian yg di Perbaiki (System)	Rincian Perbaikan	Qty Sparepart / Oli Yang di Ganti
	System Elektrik	Ganti Relay 12 volt yang terbakar	
		Ganti Fuse 20A yang putus.	
Dibuat/Diserahkan Oleh,	Diterima Oleh,	Diketahui Oleh,	Diterima Oleh,
M. Rizki Putranita	Wahyu Daryono	M. Rizki Putranita	M. Rizki Putranita
Operator / Pelapor	Mekanik	Group Leader / Section Head	Operator / Pelapor

Gambar 4. 1 Laporan Orderan Perbaikan

Operator membuat laporan perbaikan unit dan operator akan menunjukan lokasi kebocoran pada unit untuk di tinjak lanjuti oleh mekanik agar tidak terjadi Downtime dan kerusakan komponen lainnya pada shaft Axle Bobcat. Dengan di tunjukannya lokasi kebocoran oleh operator mekanik akan mengetahui dari manakah asal oli tersebut dan jenis oli apa yang bocor tersebut, tetapi juga dilakukannya pembersihan di area yang terjadi kebocoran sehingga nampak dengan jelas daerah yang bocor tersebut dan bagaimana keadaannya saat di lihat dari luar.

Berikut Gambar lokasi kebocoran unit dan Laporan perbaikan untuk di tinjak lanjuti oleh Tim mekanik agar tidak terjadi Downtime dan kerusakan komponen lainnya pada shaft Axle Bobcat.



Gambar 4. 2 Laporan perbaikan

Gambar 4. 2 Operator menunjukan Lokasi Kebocoran

4.1.1 Lokasi Kebocoran

Dilakukannya identifikasi secara visual terjadinya kebocoran oli pada sisi kanan roda bobcat, yang menyebabkan penurunan performa unit dan bisa menyebabkan incident.



Gambar 4. 3 Roda Sisi Kanan Bobcat

Oli yang bocor berupa chaincase oil yang Dimana oli ini berfungsi untuk melumasi chain poros shaft axle, sehingga akan dilakukan pembongkaran dan pemeriksaan komponen pada shaft axle tersebut.



Gambar 4. 4 Roda Bobcat Yang Terkena Oli

Kebocoran menyebabkan volume oli berkurang sehingga pelumasan Bearing menjadi tidak optimal dan meningkatkan gesekan antar komponen. Untuk Bobcat S450, spesifikasi oli chaincase (final drive transmission/chaincase) adalah:

1. Jenis oli: Oli hidrolik Bobcat (Bobcat All-Season Hydraulic/Hydrostatic Fluid atau Bobcat Synthetic Hydraulic Fluid). Bobcat menggunakan fluida yang sama untuk sistem hidrolik dan chaincase pada model ini, bukan oli gardan SAE 90.
- 2 Viskositas: Mengikuti spesifikasi fluida hidrolik Bobcat (tersedia versi all-season atau synthetic sesuai suhu operasi). Beberapa referensi aftermarket menyebutkan ekuivalen ISO VG 46 (all-season) atau ISO VG 100 untuk fluidayang memenuhi spesifikasi Bobcat.
3. Kapasitas chaincase: 21 liter (total reservoir chaincase).
- 4.Interval pemeriksaan: Periksa level oli setiap 50 jam kerja dan tambahkan bila

diperlukan.

4.1.2 Identifikasi Faktor Penyebab Kebocoran Shaft Axle

Identifikasi masalah kebocoran pada shaft axle bobcat dilakukan melalui pendekatan kombinasi antara wawancara dengan Mekanik Heavy Equipmant, observasi fisik komponen, serta pemeriksaan riwayat perawatan dan durasi penggunaan suku cadang. Berdasarkan wawancara dengan Group Leader Mekanik, kebocoran mulai nampak saat alat sedang berada di workshop saat jam istirahat, Adanya dilakukan ceklis harian alat setiap pagi dan saat itu belum diketahui adanya kebocoran. Berikut pengecekan beberapa komponen utama pada shaft axle bobcat yang dimana komponen tersebut mempengaruhi terjadinya kebocoran dan kinerja alat.

1. housing axle

Pengecekan terhadap housing agar tidak terjadinya kebocoran dengan cara melihat kondisinya secara langsung apakah terjadinya keretakan pada housing atau tidak. Jika terjadinya keretakan makan housing tersebut akan di las sehingga tidak adanya kebocoran lagi pada housing tersebut.



Gambar 4. 5 Housing axle

Setelah dilakukannya pemeriksaan terhadap *housing* tersebut akan di lakukan pemeriksaan terhadap komponen lain yaitu cover/plug yaitu tempat rumah bearing yang dimana jika komponen ini retak bisa mengakibatkan kebocoran dan kerusakan pada pergerakan roda.

Ciri-Ciri Kerusakan Housing Axle

1. Kebocoran Oli Gardan: Terlihat rembesan atau tetesan oli di bagian tengah (*differential*) atau sepanjang selongsong housing axle. Kebocoran ini terjadi akibat housing retak atau paking/seal tertekan karena struktur yang berubah bentuk.
2. Arah Roda Tidak Presisi (Miring / *Camber* Buruk): Ban terlihat miring tidak wajar (misalnya bagian bawah melengkung ke luar/dalam). Ini menandakan housing axle mengalami pembengkokan (*bent axle housing*).
3. Aus Ban Tidak Merata: Ban aus secara bergelombang atau hanya terkikis di satu sisi (dalam/luar saja) dalam waktu singkat akibat *wheel alignment* yang berubah total karena housing bengkok.
4. Getaran Hebat Saat Berjalan: Terasa getaran dari bawah lantai kendaraan yang makin terasa keras saat kecepatan bertambah. Hal ini terjadi karena poros as roda di dalam housing berputar tidak sentris (melengkung mengikuti housing).
5. Suara Dengung / Gerungan dari Gardan: Housing yang bengkok memicu pergeseran posisi gigi diferensial (*ring & pinion gear*). Akibatnya, kontak antargigi tidak presisi dan menimbulkan suara berdengung keras.
6. As Roda (*Axle Shaft*) Sering Patah: Jika as roda terus-menerus patah atau *bearing* roda sangat cepat rusak meskipun baru diganti, penyebab utamanya hampir pasti adalah housing axle yang sudah melengkung.

2. Cover/plug

Pengecekan terhadap komponen sangatlah penting apalagi komponen cover/plug yang dimana komponen ini berfungsi untuk rumah lahar, yang dimana kinerjanya akan berkurang jika cove/plug tersebut mengalami keausan seperti cekung, maupun keretakan. Fungsi Cover/plug Perlindungan dari Kontaminasi Luar: Mencegah masuknya debu, air, kotoran, atau benda asing ke dalam rongga internal mesin, port listrik, atau komponen presisi seperti *bearing*.



Gambar 4. 6 Cover/plug

Ciri Kerusakan pada Cover Plug Bearing

1. Rembesan Pelumas (*Grease Leak*): Terlihat lelehan pelumas atau gemuk keluar dari bagian tengah *hub* roda dan menempel di velg.
2. Tutup Penyok, Retak, atau Longgar: Fisik cover plug terlihat rusak secara visual atau mudah terlepas dari dudukannya akibat benturan/umur pakai.
3. Penumpukan Debu dan Kotoran Berlebih: Adanya kerak hitam bertepung di sekitar tutup, menandakan pelumas bercampur dengan debu jalanan.
4. Timbul Karat di Bagian Dalam: Mur pengunci *axle* di balik tutup mulai berkarat karena air berhasil menerobos masuk melalui celah *seal* cover plug yang rusak.

3. Bearing

Bearing Berfungsi Menopang Beban Kendaraan: Menahan beban berat kendaraan secara vertikal sekaligus menahan gaya samping (*lateral load*) saat kendaraan berbelok. Setelah dilakukannya pengecekan Cover/plug akan dilakukan pengecekan terhadap komponen lainnya yaitu bearing Cover/plug tersebut, pengecekan ini dilakukan agar memastikan bagaimana keadaan bearing tersebut. Penumpukan Debu dan Kotoran Berlebih: Adanya kerak hitam bertepung di sekitar tutup, menandakan pelumas bercampur dengan debu jalanan. Timbul Karat di Bagian Dalam: Mur pengunci *axle* di balik tutup mulai berkarat karena air berhasil menerobos masuk melalui celah *seal* cover plug yang rusak.



Gambar 4. 7 *Bearing* Gambar 4.8 *Bearing* belakang

Ciri-Ciri *Bearing* Roda yang Rusak :

1. Suara Gemuruh (*Humming*): Terdengar suara dengung keras dari area roda yang makin nyaring saat kecepatan bertambah.
2. Roda Goyang: Saat kendaraan didongkrak dan roda digoyangkan secara manual (atas-bawah/kiri-kanan), terasa ada *speling* atau jarak longgar.
3. Setir Bergetar: Getaran merambat ke roda kemudi pada kecepatan tertentu.
4. Suhu Hub Panas: Gesekan berlebih akibat keringnya pelumas membuat area tengah roda terasa sangat panas setelah berjalan.

Pengecekan komponen terhadap *bearing* sudah dilakukan dan pengecekan terakhir yaitu komponen oli seal shaft yang dimana oli seal ini yang berperan penting menahan oli.

4. Oli Seal

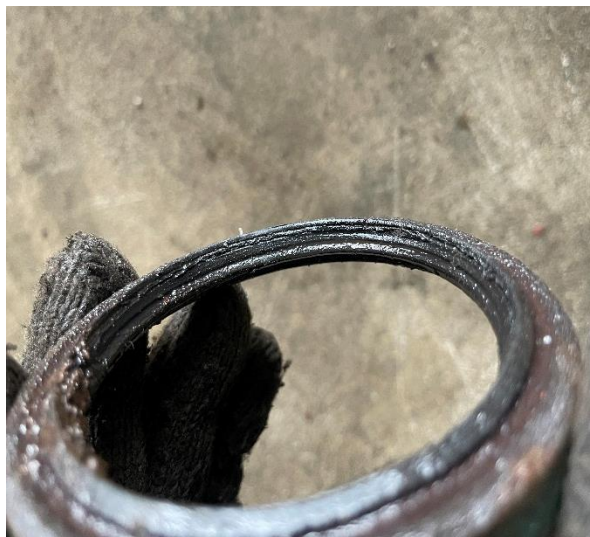
Oil seal (sering disebut *seal* saja) adalah komponen elastis yang umumnya terbuat dari karet sintetis, plastik, atau fluoroelastomer yang diperkuat dengan rangka logam dan pegas *garter*. Komponen ini berfungsi sebagai penyekat pada sambungan antara dua komponen mesin, terutama pada poros (*shaft*) yang berputar.

Ciri-Ciri Kerusakan Seal

1. Rembesan atau Tetesan Oli: Ciri paling umum dan mudah dikenali. Terlihat adanya lelehan, lapisan minyak tebal, atau tetesan fluida di sekitar

area komponen yang menggunakan seal (misalnya ujung poros *crankshaft*, *axle shaft*, atau tabung *shockbreaker*).

2. Karet Seal Mengeras, Getas, atau Retak: Saat diperiksa secara fisik, karet seal tidak lagi lentur melainkan terasa keras dan kaku akibat paparan suhu panas mesin secara terus-menerus.
3. Bibir Seal (*Seal Lip*) Aus atau Sobek: Gesekan terus-menerus dengan poros yang berputar dapat menipiskan atau merusak bibir penyekat seal.
4. Volume Oli Berkurang Cepat: Tinggi oli mesin, oli gardan, atau oli transmisi terus menurun secara signifikan meskipun tidak ada asap putih dari knalpot.
5. Penumpukan Debu dan Kotoran Lengket: Area sekitar seal ditutupi lapisan debu tebal yang menempel akibat bercampur dengan rembesan oli.



Gambar 4. 9 Oli seal

Setelah pengecekan terhadap semua komponen, komponen yang tidak bisa digunakan adalah oli seal yang dimana bibir oli seal sudah mengeras sehingga tidak dapat menahan oli dan bisa merusak dan membuat aus komponen axle dan yang lainnya. Setelah mengetahui kondisi komponen yang akan di ganti saya akan mewawancari mekanikalat berat tentang durasi penggunaan alat,komponen dan bahkan kapan komponen terakhir kali dilakukan pembongkaran. Berikut ini adalah table data berdasarkan wawancara, durasi penggunaan dan kapan terakhir kali dilakukan pembongkaran.

Tabel 4.1 Komponen Yang Menyebabkan Kebocoran Axle Bobcat

No	Komponen	Hasil Wawancara	Durasi penggunaan komponen	Terakhir diperbaiki/diganti	Keterangan
1	Oil seal	Oil seal mulai bocor sejak masuknya alat ke workshop kemungkinan 4 jam setelah alat beroperasi	3 tahun	Diganti pada Oktober 2022	permukaan oil seal sudah robek dan mengeras sudah saatnya di ganti
2	Shaft	Shaft axle sudah termakan atau aus, mungkin kekurangan pelumasan oil	6 tahun	Belum pernah diperbaiki	Dilakukan pengecekan secara visual dan menggunakan sigmat,
3	Bearing	<i>Bearing masih aman karena setahun yang lalu di lakukan pergantian bearing</i>	2 tahun	Diganti pada Oktober 2024	Bearing aman tidak bising karna pelumasannya baik
4	Housing axle	Housing axle masih aman tidak ada cacat atau pun keausan	4 tahun	Belum pernah diperbaiki	Housing hanya akan di cleaning dan tidak ada pergantian sparepart

4.2 Dampak Terhadap Komponen

Kebocoran pada seal axle menyebabkan berkurangnya volume oli di dalam axle housing. Penurunan volume oli mengakibatkan kemampuan pelumasan terhadap komponen-komponen yang bergerak menjadi tidak optimal. Akibatnya, gesekan antarpermukaan komponen meningkat sehingga mempercepat proses keausan dan berpotensi menimbulkan kerusakan yang lebih serius apabila tidak segera dilakukan perbaikan.

1. Berkurangnya Volume Oli

Kebocoran pada seal axle menyebabkan oli keluar dari sistem sehingga volume oli di dalam axle housing terus berkurang. Kondisi ini mengurangi kemampuan oli dalam melumasi, mendinginkan, dan melindungi komponen dari keausan. Apabila dibiarkan, sistem pelumasan tidak mampu bekerja secara optimal sehingga meningkatkan risiko kerusakan pada komponen transmisi daya.

2. Keausan Bearing

Berkurangnya volume oli menyebabkan pelumasan pada bearing menjadi tidak mencukupi. Gesekan langsung antarpermukaan bearing meningkat sehingga mempercepat keausan. Bearing yang mengalami keausan akan menimbulkan suara abnormal, getaran, serta penurunan kinerja sistem axle. Jika kondisi ini terus berlangsung, bearing dapat mengalami kegagalan fungsi dan memerlukan penggantian.

3. Potensi Kerusakan Gear Axle

Gear axle juga bergantung pada pelumasan yang memadai untuk mengurangi gesekan dan menjaga kestabilan suhu kerja. Kekurangan oli akibat kebocoran seal menyebabkan kontak antar gigi gear menjadi lebih besar sehingga mempercepat keausan permukaan gigi. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat mengakibatkan kerusakan pada gear axle, meningkatkan biaya perbaikan, dan menyebabkan unit mengalami downtime yang lebih lama.

4.2.1 Evaluasi Dampak Kebocoran Shaft Axle Bobcat

Berdasarkan wawancara dengan Group Leader Mekanik ada beberapa dampak dari kebocoran oli chancase yang ada di roda, beberapa dampak sebagai berikut:

1. Penurunan volume oli chaincase

Kebocoran menyebabkan jumlah oli di dalam chaincase berkurang, sehingga pelumasan terhadap rantai penggerak, sprocket, bearing, dan komponen berputar lainnya menjadi tidak maksimal.

2. Peningkatan gesekan dan panas berlebih

Berkurangnya oli membuat lapisan pelumas (oil film) menjadi lebih tipis, sehingga kontak antarpermukaan komponen meningkat. Hal ini dapat menyebabkan temperatur kerja naik dan mempercepat keausan komponen.

3. Keausan pada komponen internal chaincase

Kekurangan pelumasan dapat mempercepat kerusakan pada rantai (chain), sprocket, bearing, dan komponen penggerak lainnya karena bekerja dengan gesekan yang lebih tinggi.

4. Oli mengenai ban dan area roda

Oli yang keluar dari area chaincase dapat mengalir ke bagian dalam roda sehingga ban menjadi basah. Kondisi ini dapat menyebabkan permukaan ban menjadi licin, menarik debu dan kotoran, serta menyulitkan proses inspeksi.

5. Penurunan performa dan efisiensi kerja unit

Kerusakan atau peningkatan gesekan pada sistem penggerak dapat menyebabkan tenaga yang diteruskan ke roda menjadi kurang optimal, sehingga kinerja alat dapat menurun.

6. Risiko kerusakan yang lebih besar

Jika kebocoran tidak segera ditangani, kerusakan dapat berkembang dari hanya penggantian seal menjadi kerusakan bearing, shaft, sprocket, atau komponen chaincase lainnya yang membutuhkan biaya perbaikan lebih besar.

7. Meningkatkan waktu henti alat (downtime)

Kebocoran yang semakin parah dapat menyebabkan unit harus dihentikan untuk pemeriksaan dan perbaikan, sehingga mengurangi produktivitas pekerjaan. Kebocoran pada shaft axle Bobcat S450 tidak secara langsung memengaruhi sistem pelumasan mesin, karena sistem pelumasan mesin dan sistem pelumasan axle merupakan dua sistem yang terpisah. Namun, kebocoran pada axle akan mengurangi volume oli pelumas di dalam axle atau *chaincase*, sehingga pelumasan pada komponen seperti bearing, gear, dan shaft menjadi tidak

optimal. Akibatnya, gesekan dan suhu kerja komponen meningkat, mempercepat keausan, serta meningkatkan risiko kerusakan pada sistem axle. Jika kebocoran terus dibiarkan, keandalan alat secara keseluruhan dapat menurun karena potensi kerusakan yang menyebabkan penghentian operasi (*downtime*) dan meningkatnya kebutuhan perawatan.

4.2.2 Dampak Terhadap Operasional

Adapun dampak terhadap operasional dikarenakan kebocoran pada shaft axle sebelah kanan roda, yang di tulis dalam tabel yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.2 Dampak Terhadap Operasional

NO	Dampak	Pengaruh Terhadap Operasional
1	Kebocoran oli	Volume oli berkurang sehingga efektivitas pelumasan menurun.
2	Kontaminasi komponen	Debu dan lumpur masuk ke sistem sehinggamempercepat keausan komponen.
3	Keausan bearing dan shaft	Bearing serta shaft mengalami kerusakan lebih cepat akibat pelumasan yang tidak optimal.
4	Downtime unit	Unit harus dihentikan untuk proses inspeksi dan perbaikan.
5	Penurunan produktivitas	Target produksi terganggu karena unit tidak dapat beroperasi secara maksimal.
6	Biaya pemeliharaan meningkat	Biaya penggantian seal, bearing, oli, dan tenaga kerja menjadi lebih tinggi.

4.3 Tindakan Perbaikan Axle Bobcat

Menentukan tindakan perbaikan setelah terjadinya kebocoran oli chaincase pada axle bobcat S450 yaitu adalah mengganti komponen yang rusak.

1. Tindakan Perbaikan (Corrective Action)

Dilakukan untuk mengatasi kebocoran yang sudah terjadi.

1. Mengganti part yang mengalami kebocoran (seal axle, housing, atau baut yang longgar).
2. Bersihkan area axle agar titik kebocoran dapat dipastikan.

3. Ganti komponen yang rusak yaitu oil seal.

Oil seal ini akan di ganti meskipun tidak terlihat kerusakannya tetapi dari data histori perawatan seal ini sudah harus diganti dikarenakan faktor usia komponen. Bibir seal ini sudah keras sehingga tidak bisa menahan oli dan menyebabkan kebocoran, Dengan kekerasan bibir seal ini dapat menyebabkan keausan pada shaft axle.



Gambar 4. 10 Oil Seal Yang Lama

Seal yang sudah keras bibirnya tidak akan bisa menaha oli, sehingga untukpart seal tersebut akan di ganti dengan yang baru dengan ukuran yang sama dan kualitas orisinil.



4. Periksa kondisi poros (shaft) dan housing dari goresan atau keausan. Perbaiki atau ganti bila diperlukan.

Dilakukan pengecekan secara visual dan dengan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm, Dan setelah di ukur menggunakan jangka sorong axle tersebut berdiameter 63.5 mm. Shaft axle masih dalam keadaan aman dan belum mengalami keausan tetapi hampir terkikis di karenakan oil seal yang sudah keras.



Gambar 4. 11 Oil Seal Yang Baru

Gambar 4. 12 As Shaft Axle Yang Sedang Di Ukur

5. Kencangkan baut sesuai spesifikasi torsi pabrikan.

Baut axle berukuran M 12 dengan ukuran tersebut bisa memakai kunci shok 19 dan torsi dengan ukuran 20 kg, Disarankan penguncian menggunakan kunci Torsi atau moment agar kekuatannya sama rata dan mencegah baut patah atau slek.

Ciri-Ciri Kerusakan / Kendala pada Baut Axle Shaft

1. Baut Kendur: Terdengar suara *klok-klok* saat akselerasi atau lepas kopling, serta muncul lelehan oli gardan di sekitar flensa roda.
2. Baut Seleks / Dol (*Stripped Thread*): Terjadi akibat pengencangan berlebih (*over-torque*) yang membuat flensa tidak terikat rapat.

3. Baut Patah (*Broken Stud/Bolt*): Disebabkan oleh beban muatan berlebih (*overloading*) atau guncangan keras saat berkendara yang melampaui batas elastisitas baja baut.



Gambar 4. 13 Baut Axle

6. Isi kembali oli axle dengan jenis dan volume yang direkomendasikan.

Bobcat menggunakan fluida yang sama untuk sistem hidrolik dan chaincase pada model ini, bukan oli gardan SAE 90. Untuk melumasi as axle sampai ke poros diperlukan oli 21 L (total reservoir chaincase).



7. Lakukan uji operasional untuk memastikan tidak ada kebocoran setelah perbaikan.

Pengujian Tanpa Beban (*Idle Test*)

- Nyalakan Mesin / Sistem: Hidupkan mesin atau sistem hidraulis dan biarkan beroperasi pada putaran stasioner (*idle*) selama 5–10 menit.
- Pengamatan Awal: Gunakan senter untuk memeriksa secara langsung di sekeliling bibir *seal*. Pastikan tidak ada rembesan atau tetesan oli yang keluar saat komponen baru mulai berputar.

2. Tindakan Pencegahan (Preventive Action)

Dilakukan untuk mencegah kebocoran terulang.

1. Lakukan inspeksi rutin pada axle terhadap tanda-tanda rembesan oli.

Gambar 4. 14 Oli Chaincase

2. Periksa level dan kualitas oli axle secara berkala.
3. Ganti oil seal, O-ring, dan gasket sesuai interval perawatan atau ketika mulai menunjukkan tanda keausan.
4. Hindari beban kerja yang melebihi kapasitas alat karena dapat mempercepat kerusakan bearing dan seal.
5. Bersihkan area axle secara berkala agar kotoran tidak merusak seal.
6. Gunakan suku cadang dan pelumas yang sesuai dengan spesifikasi pabrikan.
7. Pastikan pemasangan seal dilakukan menggunakan alat yang benar untuk menghindari kerusakan saat instalasi.
8. Catat setiap kegiatan inspeksi dan perbaikan dalam riwayat perawatan sebagai dasar evaluasi kondisi alat. Kebocoran pada axle Bobcat S450 umumnya disebabkan oleh keausan oil seal, kerusakan bearing, kerusakan O-ring/gasket, baut yang longgar, atau keausan pada poros. Tindakan perbaikan berfokus pada menghilangkan penyebab kebocoran dan mengganti komponen yang rusak, sedangkan tindakan pencegahan dilakukan melalui inspeksi rutin, perawatan berkala, penggunaan pelumas

dan suku cadang sesuai spesifikasi, serta penerapan prosedur pemasangan yang benar agar kebocoran tidak terjadi kembali.

DAFTAR PERIKSA HARIAN OPERATOR SKEED STEER LOADER

Skid Steer Loader 04
Nama Operator: Ryau.S

Periode: Juli

Pemeriksaan ini harus dilakukan oleh operator Sked Steer Loader setiap hari pada awal shift (Pagi Hari). Pemeriksaan (+) OK, (X) Rusak, (H) Apabila kondisi rusak sama seperti H-1/Hari sebelumnya. Untuk di kolom keterangan di isi dengan Kerusakan apa yang terjadi pada alat.

NO	URUTAN PEMERIKSAAN	Kondisi	Keterangan	Kondisi	Keterangan	Kondisi	Keterangan
01	System Pemasaran : check level oil, check kebocoran pada mesin	✓	9319.5	✓	9321.5	✓	9323.9
02	System Bahan Bakar : check level minyak, check kebocoran	✓		✓		✓	
03	System Pendingin : check level air, pendingin, check kebocoran	✓		✓		✓	
04	System Electrical : check motor starter, check drain starter, check air battery, lampu charging, lampu kerja	✓		✓		✓	
05	Visual Check : check kondisi semua bagian mesin	✓		✓		✓	
06	Hydraulic Oil : check level minyak hydraulic	✓		✓		✓	
07	Hour & Filling : check kondisi dari ke bocoran	✓		✓		✓	
08	Rear & Side : roda penggerak, roda kemudi, roda bebat, dll	✓		✓		✓	
09	Perangkat Koneksi electrical di cable : check ketahanan perangkat, seperti kontrol aksel, wiring, alarm, klakson & api	✓		✓		✓	
10	Bekas Alat : check status alat dan kerusakan dan kebocoran	✓		✓		✓	
11	Chassis Boom, Arm & Bucket : check dari ketahanan, patah, bengkok dan kemiringan	✓		✓		✓	
12	Cabin : check ketahanan, bengkok, kemiringan kaca	✓		✓		✓	
13	Control Hydraulic : di semua fungsi hydraulic boom, arm, bucket, swing dan travel	✓		✓		✓	
14	Slider Boom, Arm, Bucket & Motor Travel : check kebocoran seal pada sistem oli atau	✓		✓		✓	
15	Panel Maintenance : pastikan monitor pada menu kerja, check indikator pada monitor	✓		✓		✓	
16	Motor Travel : check oli, check kebocoran dan fungsinya	✓		✓		✓	
17	Head : Head bekerja dengan baik tidak mengeluarkan bunyi yang tidak normal, tidak mengeluarkan percikan dari exhaust	✓		✓		✓	
18	Angkut & angkat : beroperasi dengan lancar	✓		✓		✓	
19	Indikator Kemudi : Indikator CHECK dipertahankan, tidak memutar tanpa terdapat indikator memutar kemudi	✓		✓		✓	
20	Bucket : Aman, tidak tergelincir, tidak atau sangat sepi	✓		✓		✓	
21	Charger : check kondisi dan fungsinya	✓		✓		✓	
22	Alat Tambahan : check kondisi perangkat tambahan lainnya	✓		✓		✓	

Status Sked Steer Loader

Dibuat oleh: Ryau.S Ryau.S Ryau.S Ryau.S

* Suara Mesin: Normal/Tidak Normal Normal/Tidak Normal Normal/Tidak Normal Normal/Tidak Normal

* Gas Ruang/Kondisi gas buang: Normal/Putih/Kuning Normal/Putih/Kuning Normal/Putih/Kuning Normal/Putih/Kuning

Diperiksa Oleh: _____ Diperiksa Oleh: _____

Tangan: _____

RE Position & Maintenance Section Head

SEKEEPPING PADA ALAT M & SESUDAH MEMAKAI / MENGGUNAKAN ALAT

Legenda:

- Statue Kondisi
- 1. Dalam kondisi aman dan baik
- 2. Terdapat masalah namun masih dapat dipertahankan
- 3. Memerlukan penggantian sparepart, masalah pada sistem bahan bakar hidrolik & kebocoran yang parah
- 4. Bagian/lembar mesin rusak, harus diperbaiki
- 5. Memerlukan Overhaul

Catatan : * Coret yang tidak diisi/diganti

Gambar 4. 15 Ceklis maintanance

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis, pengolahan data, dan wawancara dengan mekanik *Heavy Equipmant* mengenai penyebab kebocoran pada axle bobcat S450 di PT. Waruna Shipyard Indonesia, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyebab utama kebocoran pada axle Bobcat S450 berasal dari kerusakan oil seal yang dipengaruhi oleh usia pakai komponen serta kondisi shaft axle yang mulai mengalami keausan.

Berdasarkan hasil observasi, wawancara dengan mekanik Heavy Equipment PT. Waruna Shipyard Indonesia, serta pemeriksaan terhadap komponen axle, diketahui bahwa kebocoran oli terjadi pada sisi kanan shaft axle Bobcat S450. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa oil seal telah digunakan selama kurang lebih tiga tahun sehingga mengalami penurunan elastisitas pada bibir seal. Kondisi tersebut menyebabkan kemampuan seal dalam menahan oli pelumas menjadi berkurang sehingga terjadi rembesan oli dari dalam housing axle.

Selain faktor usia oil seal, penelitian juga menunjukkan bahwa kondisi permukaan shaft axle mulai mengalami keausan akibat gesekan yang berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Meskipun hasil pengukuran menunjukkan diameter shaft masih berada dalam batas yang dapat digunakan, permukaan shaft telah menunjukkan tanda-tanda pengikisan yang berpotensi mempercepat kerusakan seal. Faktor operasional, seperti lamanya penggunaan komponen dan kurang optimalnya penggantian komponen sesuai interval perawatan, turut berkontribusi terhadap terjadinya kebocoran pada axle Bobcat S450.

2. Kebocoran pada axle Bobcat S450 memberikan dampak terhadap kondisi komponen internal maupun terhadap efektivitas operasional alat berat.

Kebocoran oli menyebabkan berkurangnya volume pelumas di dalam chaincase sehingga kemampuan pelumasan terhadap bearing, sprocket, chain, dan shaft axle menjadi tidak optimal. Berkurangnya lapisan pelumas mengakibatkan meningkatnya gesekan antarpermukaan komponen, kenaikan temperatur kerja,

serta mempercepat proses keausan komponen mekanis. Apabila kondisi tersebut tidak segera ditangani, kerusakan dapat berkembang hingga mengenai bearing, gear, maupun komponen transmisi lainnya yang membutuhkan biaya perbaikan lebih besar.

Dari sisi operasional, kebocoran oli juga berdampak pada menurunnya keandalan dan produktivitas unit Bobcat S450. Oli yang keluar dari housing axle menyebabkan area roda menjadi licin sehingga meningkatkan risiko gangguan keselamatan kerja. Selain itu, unit harus dihentikan untuk proses inspeksi dan perbaikan sehingga menimbulkan downtime yang berdampak pada terganggunya aktivitas operasional perusahaan. Dengan demikian, kebocoran axle tidak hanya memengaruhi kondisi teknis komponen, tetapi juga berpengaruh terhadap efisiensi, biaya pemeliharaan, dan produktivitas kerja.

3. Upaya perbaikan dan pencegahan kebocoran pada axle Bobcat S450 perlu dilakukan melalui tindakan korektif dan preventif secara berkelanjutan.

Tindakan perbaikan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi identifikasi lokasi kebocoran, pembongkaran axle, pemeriksaan kondisi shaft, bearing, dan housing, penggantian oil seal yang telah mengalami penurunan kualitas, pengisian kembali oli sesuai spesifikasi pabrikan, serta pengujian akhir untuk memastikan kebocoran telah teratasi. Langkah-langkah tersebut terbukti mampu mengembalikan fungsi sistem pelumasan axle sehingga komponen dapat bekerja secara optimal.

Selain tindakan korektif, penerapan program perawatan preventif menjadi aspek yang sangat penting dalam mencegah terulangnya kebocoran. Kegiatan seperti inspeksi berkala terhadap kondisi oil seal, pemeriksaan level dan kualitas oli, penggunaan suku cadang sesuai spesifikasi pabrikan, serta pencatatan riwayat pemeliharaan merupakan langkah yang dapat meningkatkan keandalan sistem axle. Dengan penerapan pemeliharaan yang terjadwal dan sesuai prosedur, umur pakai komponen dapat diperpanjang, risiko kerusakan dapat diminimalkan, dan biaya operasional perusahaan menjadi lebih efisien.

5.2 Saran

1. PT. Waruna Shipyard Indonesia disarankan untuk meningkatkan program preventive maintenance pada unit Bobcat S450, khususnya melalui

inspeksi berkala terhadap kondisi oil seal, shaft axle, bearing, serta pemeriksaan level dan kualitas oli chaincase sesuai interval yang direkomendasikan oleh pabrikan.

2. Penggantian komponen seperti oil seal, O-ring, gasket, dan komponen pendukung lainnya sebaiknya dilakukan berdasarkan umur pakai maupun kondisi aktual komponen, tanpa menunggu terjadinya kebocoran. Selain itu, penggunaan suku cadang asli (*genuine parts*) serta pelumas yang sesuai spesifikasi Bobcat perlu dipertahankan untuk menjaga keandalan sistem axle.
3. Penelitian selanjutnya disarankan tidak hanya menggunakan metode observasi dan wawancara, tetapi juga menambahkan analisis kuantitatif, seperti pengujian tingkat keausan material, analisis getaran (*vibration analysis*), pengujian kualitas pelumas (*oil analysis*), sehingga hasil penelitian menjadi lebih komprehensif dan memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, D. (2003a) "Original Equipment.," *Off-Highway Engineering*, 11(2), Hlm. 26–28.
- B. Wan, J. Yang & S. Sun (2020). *A Method For Monitoring Lubrication Conditions Of Journal Bearings In A Diesel Engine Based On Contact Potential. Applied Sciences*, 10(15):5199.
- Claar, P.W. Dan Yan, J. (1988) "Skid-Steer Loader Performance And Static Longitudinal Stability Analysis," *SAE Transactions*, Hlm. 593–613.
- Chen, C. & Liu, L. (2025). *Health Assessment Of Rolling Bearings Based On Multivariate State Estimation And Reliability Analysis. Applied Sciences*, 15(10), 5396.
- Croccolo, D., De Agostinis, M., Fini, S., Khan, M. Y., Mele, M., & Olmi, G. (2023). *Optimization Of Bolted Joints: A Literature Review. Metals*, 13(10), 1708 .
- Farida Ariani & Rizky Juanda (2023). *Analysis Of Maintenance Activities On Drag Chain Machines To Optimize Failure Time Intervals Using Reliability Centered Maintenance (Rcm) Approach, Jurnal Dinamis*.
- Haddock, K. (2008) "BOBCAT SKID STEER LOADER CELEBRATES 50 YEARS.," *Equipment Echoes* [Preprint], (89). Tersedia Pada: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=08975159&asa=N&AN=36571200&H=Dhs9he2n7ori9ifs2dwkxeyc6bfcps91sqf5e3px0wxhmiwjcvtany9bj%2f3e5tiriedpgfian0mkjgogg8clqq%3D%3D&Crl=C> (Diakses: 13 Februari 2026).
- Oduote, J. Dkk. (2023) "Production And Performance Evaluation Of Shea Butter-Based Lubricating Grease," *E3S Web Of Conferences*, 430, Hlm. 01297. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.1051/E3sconf/202343001297>.
- Redzinski, G.E. Dan Morrell, G.A. (1975) *Remote Control Bobcat Loader*. SAE Technical Paper. Tersedia Pada: <https://www.sae.org/gsdownload/?prodcd=750766> (Diakses: 13 Februari 2026).

- Sp, I.Y. (2019) *Analisa Kegagalan As Roda Sebagai Penggerak (Axle Shaft) Pada Kendaraan Mitsubishi Colt Diesel 125 PS*. Phd Thesis. Universitas Islam Riau. Tersedia Pada: <https://Repository.Uir.Ac.Id/Id/Eprint/8704> (Diakses: 13 Februari 2026).
- STEFANI, N. (Tanpa Tanggal) “Manajemen Perawatan Unit Bobcat S570 Skid Steer Loader.” Tersedia Pada: <https://Repository.Pnj.Ac.Id/Id/Eprint/9724/5/Halaman%20Identitas,Bab%201,Bab%205.Pdf> (Diakses: 14 Februari 2026).
- Muhammad Faisal, Dkk. (2025). *Analisis Struktur Mikro Hasil Pengelasan Gesek Logam Axle Shaft*. Jurnal Aplikasi Mekanika Dan Energi (Ame).
- Nur Halimatus Sa’diyah, Siti Shofiah & Riza Phahlevi Marwanto (2024). *Analisis Vehicle Damage Factor Dalam Konteks Konfigurasi Axle Dan Dampak Jalan*. Jurnal Teslink: Teknik Sipil Dan Lingkungan, 6(1), 109–117.
- Rifanli Wahab, Dkk. (2017). *Analisis Kelelahan Axle Shaft Truk Isuzu Elf 125 Ps*. Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat.
- R. Wahab, S. Tangkuman & T. A. R. Arungpadang (2017). *Analisis Kelelahan Axle Shaft Truk Isuzu Elf 125 Ps*. Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat.
- P. C. Chaudhari, V. D. Sonara & P. P. Rathod (2015). *Analysis And Design Of Tractor Rear Axle Using Finite Element Method: A Review*. International Journal Of Advance Engineering And Research Development (Ijaerd).
- Failure Analysis Of The Axle Shaft Of An Automobile (2017). *Materials Today: Proceedings*.
- Croccolo, D., De Agostinis, M., Fini, S., Khan, M. Y., Mele, M., & Olmi, G. (2023). *Optimization Of Bolted Joints: A Literature Review*. Metals, 13(10), 1708 .
- Chen, C. & Liu, L. (2025). *Health Assessment Of Rolling Bearings Based On Multivariate State Estimation And Reliability Analysis*. Applied Sciences, 15(10), 5396.
- Triratna I. Yesankar, Nikhil S. Nichit, Aditya G. Kaware & Chaitanya G. Deshmukh (2021). *Study Of Different Types Of Sprockets And Its Uses*. International Research Journal Of Engineering And Technology (Irjet).

- Farida Ariani & Rizky Juanda (2023). *Analysis Of Maintenance Activities On Drag Chain Machines To Optimize Failure Time Intervals Using Reliability Centered Maintenance (Rcm) Approach*, *Jurnal Dinamis*.
- Grün, J., Feldmeth, S., & Bauer, F. (2022). *Multiphase Computational Fluid Dynamics Of Rotary Shaft Seals*. *Lubricants*, 10(12), 347
- Rando Tungga Dewa, Daffa Mandala Adinata, Ida Farida, Sovyan Aritonang & Hadi Wahyudi (2025). *Fracture And Failure Analysis Of Wheel Bolt On Main Landing Gear Cn235 220m Aircraft*. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 20(1), 9–16
- J. Li, T. Wu, W. Chi, Q. Hu & T. Meen (2019). *Integrated Analysis Of Influence Of Multiple Factors On Transmission Efficiency Of Loader Drive Axle*. *Energies*, 12(23), 4540
- S. Singh & A. K. Sinha (2021). *Analysis Of Spline Shaft For Torque Transmission Using Finite Element Method*. *Journal Of Mechanical Design And Vibration*.
- R. K. Gupta & P. K. Jain (2022). *Comparative Study On Key And Spline Connections For Shaft-Hub Assemblies*. *International Journal Of Engineering Research & Technology (Ijert)*.
- Varin, J. D. (2017). *Wheel Attachment Failures In Light-Duty Vehicles*. *Journal Of Failure Analysis And Prevention*, 17, 660–671.
- B. Wan, J. Yang & S. Sun (2020). *A Method For Monitoring Lubrication Conditions Of Journal Bearings In A Diesel Engine Based On Contact Potential*. *Applied Sciences*, 10(15):5199.
- P. Nomikos Et Al. (2022). *An Investigation Of Oil Leakage From Automotive Driveshaft Radial Lip Seals*.
- Grün, J., & Collaborators (2023). *Multiscale Structural Mechanics Of Rotary Shaft Seals*. *Lubricants*, 11(6), 234.



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila memilih surat ini agar diketahui nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XU/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 270/II.3AU/UMSU-07/F/2026

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik MESIN Pada Tanggal 31 Januari 2026 dengan ini Menetapkan :

Nama : KHAIRUL FAHMI PURBA
Npm : 2207230142
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PADA AXLE
BOBCAT S 450 .

Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 12 Syahban 1447 H
31 Januari 2026 M



Ir. Ade Faisat ST., M.Sc., Ph.D
NIDN: 0123097203



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Penyebab Kebocoran Pada Axle Bobcat S450
Nama : KHAIRUL FAHMI PURBA
NPM : 2207230142
Dosen Pembimbing : Chandru A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	21/2.2024	perbaiki format	1
2.	6/3.2024	perbaiki bab II	1
3.	31/3.2024	Acc. simpul	1

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Penyebab Kebocoran Pada Axle Bobcat S450
 Nama : KHAIRUL FAHMI PURBA
 NPM : 2207230142
 Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	21/2 - 2026	perbaiki format	1
2	6/3 - 2026	perbaiki bab III	1
3	21/3 - 2026	ACC Sempro	1
4	25/5 - 2026	perbaiki format	1
5	21/6 - 2026	perbaiki bab IV	1
6	9/7 - 2026	ACC Semhas.	1

**DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2025-2026**

Nama : Khairul Fahmi Purba
NPM : 2207230142
Judul Tugas Akhir : Analisis Penyebab Kebocoran Pada Axle Bobcat S450

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.

Pembanding - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT

Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	24072301718	Wahy Fajar N	1. 
2	2207230057	REKY IRAWAN	2. 
3	2207230148	NANDA AFIFSYAH	3. 
4	2207230102	ABRI FAHIZAL	4. 
5	2207230041	MUHAMMAD ALFANNY IRAWAN	5. 
6	2207230091	LUTHFI BADRUT TAMAM	6. 
7			7.
8			8.
9			9.
10			10.

Medan, 28 Juli 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Khairul Fahmi Purba
NPM : 2207230142
Judul Tugas Akhir : Analisis Penyebab Kebocoran Pada Axle Bobcat S450
Dosen Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- ☐ 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
☒ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
☐ 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

- Tautan dan pua
- Jelas lebih rapi dan bersih
- Perbaiki bagian lain juga

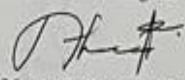
Diketahui:

Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

Medan, 28 Juli 2026

Dosen Pembanding - II


Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Khairul Fahmi Purba
NPM : 2207230142
Judul Tugas Akhir : Analisis Penyebab Kebocoran Pada Axle Bobcat S450
Dosen Pembimbing - I : Chandra Amirsyah P. Siregar, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- ☐ 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
☒ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
☐ 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

- *Lengkapi Dokumentasi penelitian*

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

Medan, 28 Juli 2026
Dosen Pembanding - I


Dr. Sudirman Lubis, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama	: KHAIRUL FAHMI PURBA
Alamat	: Jl Medan KM 9,5 SINAKSAK
Jenis Kelamin	: Laki - Laki
Umur	: 21
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Tempat, Tanggal Lahir	: Tebing Tinggi
Tinggi dan Berat Badan	: 160/60
Kewarganegaraan	: Indonesia
No. Telepon	: +62 813-6279-5376

B. ORANG TUA

Nama Bapak	: ABDUL RAHIM PURBA
Agama	: Islam
Nama Ibu	: YUSNIAR
Agama	: Islam
Alamat	: Jl Melati LK. VI Beringin

C. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2010 – 2016	: SD N 2 091608
2016 – 2019	: SMP N 2 TAPIAN DOLOK
2019 – 2022	: SMK N 2 P. SIANTAR