

**ANALISIS KEAUSAN DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN
UNDERCARRIAGE EXCAVATOR PINDAD SK-200 DENGAN
METODE FMEA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin



Disusun oleh:

Benidika Marjuki

195214010

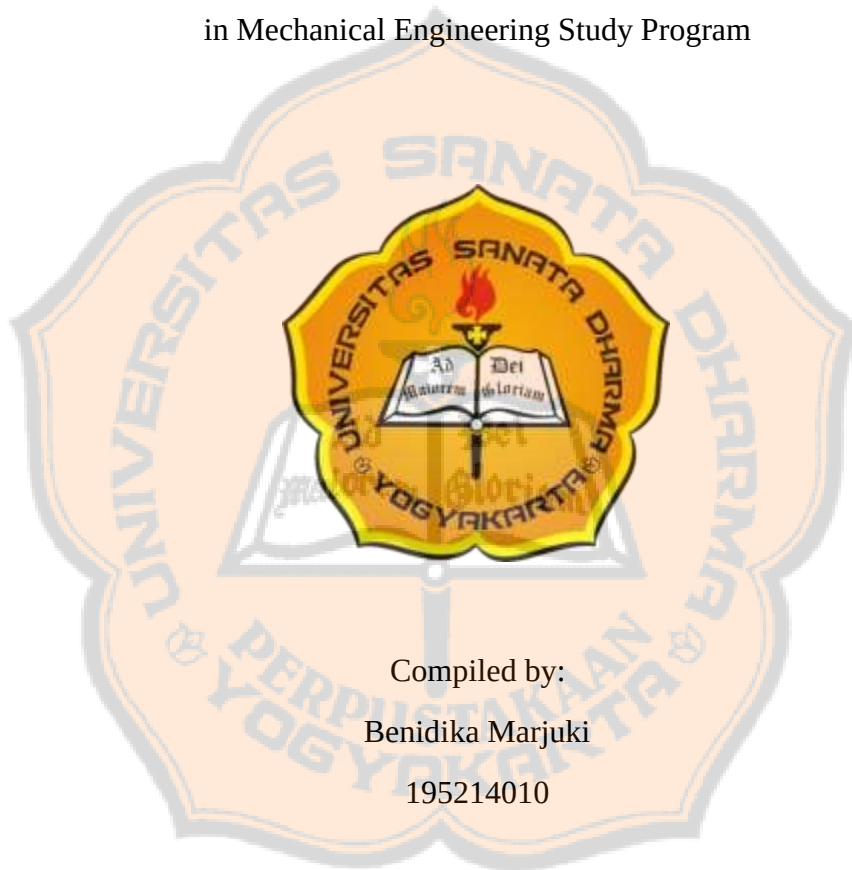
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2024

**ANALYSIS OF WEAR AND REMAINING SERVICE LIFE OF
UNDERCARRIAGE COMPONENTS ON THE PINDAD SK-200
EXCAVATOR USING THE FMEA METHOD**

THESIS

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a Sarjana Teknik
in Mechanical Engineering Study Program



Compiled by:
Benidika Marjuki
195214010

**FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA**

2024

**HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING
SKRIPSI**

**ANALISIS KEAUSAN DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN
UNDERCARRIAGE EXCAVATOR PINDAD SK-200 DENGAN
METODE FMEA**

Oleh:

Benidika Marjuki

195214010

Telah disetujui oleh:

Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Budi Sugiharto

26 Juli 2024

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KEAUSAN DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN
UNDERCARRIAGE EXCAVATOR PINDAD SK-200 DENGAN
METODE FMEA**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Benidika Marjuki

195214010

Telah dipertahankan dan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 19 Juni 2024

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Tanda Tangan

Ketua : Ir. Rines, M.T.
Sekretaris : Heryoga Winarbawa M. Eng.
Anggota : Dr. Ir. Budi Sugiharto



Yogyakarta, 29 Juli 2024

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma

Dekan,



Ir. Drs. Haris Sriwindono, M.Kom., Ph.D

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Dengan ini penulis menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

**ANALISIS KEAUSAN DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN
UNDERCARRIAGE EXCAVATOR PINDAD SK-200 DENGAN
METODE FMEA**

Dibuat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Strata Satu, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma. Se jauh yang penulis kerjakan, penelitian ini bukan merupakan tiruan dari tugas akhir maupun penelitian yang sudah dipublikasikan di Universitas Sanata Dharma atau diperguruan tinggi manapun, kecuali bagian informasi yang dicantumkan dalam daftar pustaka sebagai layaknya karya ilmiah.

Yogyakarta, 12 Juni 2024

Penulis,



Benidika Marjuki

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertandatangan di bawah ini, saya mahasiswa Universitas Sanata Dharma:

Nama: Benidika Marjuki

NIM: 195214010

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada perpustakaan Universitas Sanata Dharma karya ilmiah yang berjudul:

**ANALISIS KEAUSAN DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN
UNDERCARRIAGE EXCAVATOR PINDAD SK-200 DENGAN
METODE FMEA**

Dengan demikian saya memberikan hak kepada perpustakaan Universitas Sanata Dharma untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengolah dalam bentuk pangkalan data, mempublikasikan di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin kepada saya selama masih mencantumkan nama saya sebagai penulis. Dengan pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di Yogyakarta

Pada tanggal: 12 Juni 2024

Yang menyatakan,



Benidika Marjuki

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keausan dan sisa umur pakai komponen *undercarriage* pada *excavator* Pindad SK-200 menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Komponen yang dianalisis meliputi *track link*, *sprocket*, dan *idler*. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk *track link* sebesar 294, *sprocket* sebesar 448, dan *idler* sebesar 120. Setelah melewati 840 jam kerja, pada bagian kanan *sprocket* mengalami keausan sebesar 64,4% dan memiliki sisa umur pakai selama 162 jam kerja. Sedangkan untuk bagian sisi kiri *sprocket* mengalami keausan sebesar 68,2% dan sisa umur pakai selama 139 jam kerja. Pada komponen *track link* setelah 840 jam kerja, sisi kanan mengalami keausan sebesar 67,25% dan memiliki sisa umur pakai selama 221 jam kerja, sedangkan pada sisi kiri mengalami keausan sebesar 65% dan sisa umur pakai selama 242 jam kerja. Komponen *idler* mengalami keausan sebesar 60,33% dan sisa umur pakai selama 272 jam pada sisi kanan. Sedangkan untuk sisi kiri, *idler* mengalami keausan sebesar 60,33% dan sisa umur pakai selama 272 jam kerja. Sisa umur pakai yang lebih rendah terdapat pada komponen *sprocket*, terutama di sisi kanan yaitu 162 jam kerja serta memiliki nilai RPN paling tinggi dibandingkan komponen lainnya itu sebesar 301, hal ini menunjukkan bahwa *sprocket* lebih cepat untuk dilakukan pergantian.

Kata kunci: *undercarriage*, *excavator*, Pindad SK-200, FMEA, sisa umur pakai.

ABSTRACT

This study aims to analyze the wear and remaining service life of undercarriage components on the Pindad SK-200 excavator using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method. The components analyzed include the track link, sprocket, and idler. The results obtained show an average Risk Priority Number (RPN) of 294 for the track link, 448 for the sprocket, and 120 for the idler. After 840 working hours, the right side of the sprocket experienced 64.4% wear and has a remaining service life of 162 working hours. The left side of the sprocket experienced 68.2% wear and has a remaining service life of 139 working hours. For the track link component, after 840 working hours, the right side experienced 67.25% wear and has a remaining service life of 221 working hours, while the left side experienced 65% wear and has a remaining service life of 242 working hours. The idler component experienced 60.33% wear and has a remaining service life of 272 working hours on the right side. For the left side, the idler experienced 60.33% wear and has a remaining service life of 272 working hours. The sprocket component has the lowest remaining service life, especially on the right side with 162 working hours, indicating that the sprocket is more susceptible to wear and damage compared to other components.

Keywords: undercarriage, excavator, Pindad SK-200, FMEA, remaining service life

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ANALISIS KEAUSAN DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN *UNDERCARRIAGE EXCAVATOR* PINDAD SK-200 DENGAN METODE FMEA” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik dari program studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.

Selama proses penelitian, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan, dukungan, saran dan nasehat dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penulis dapat menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Drs.Haris Sriwindono M.Kom, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma.
2. Bapak Ir. Budi Setyahandana, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
3. Bapak Dr. Ir. I Gusti Ketut Puja selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran, nasehat serta waktu untuk penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Dr. Ir. Budi Sugiharto selaku dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia memberikan bimbingan, saran, nasehat, hingga waktu kepada penulis selama menyelesaikan skripsi.
5. Kedua orangtua dan adik yang selalu memberikan kekuatan dan doa untuk penulis selama penulis mengerjakan skripsi.
6. Anggita Dewi yang selalu menemani, memberikan semangat, bantuan, mendengarkan keluh kesah dan menghibur selama penulis mengerjakan skripsi.
7. Rekan-rekan Troublemaker 19, LOWBATH, dan Gino Crew yang sudah menghibur selama penulis mengerjakan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki. Segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis demi penyempurnaan dikemudian hari. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat, baik bagi penulis maupun pembaca.

Yogyakarta, 29 Juni 2024



Benidika Marjuki



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
INTISARI.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 <i>Excavator</i>	5
2.3 <i>Undercarriage</i>	6
2.4 Komponen-Komponen <i>Undercarriage</i>	6
2.4.1 <i>Track link</i>	6
2.4.2 <i>Idler</i>	7
2.4.3 <i>Sprocket</i>	8
2.4.4 <i>Track shoe</i>	9
2.4.5 <i>Track roller</i>	10
2.4.6 <i>Carrier roller</i>	10
2.4.7 Jenis Keausan Pada <i>Sprocket</i> , <i>Track link</i> dan <i>Idler</i>	11
2.4.8 Perhitungan Persentase Keausan <i>Undercarriage</i>	16
2.4.9 Perhitungan Prediksi Sisa Umur Pakai	17
2.4.10 <i>Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	18

BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Obyek dan Tempat Penelitian	26
3.2 Alur Penelitian.....	27
3.3 Alat Bantu Penelitian.....	28
3.4 Pengumpulan Data.....	29
3.4.1 Pengamatan dan Pengukuran	29
3.5 Pengolahan Data	29
3.6 Pengambilan Kesimpulan.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Pengukuran Komponen	33
4.1.1 Pengukuran <i>Idler</i>	33
4.1.2 Pengukuran <i>Sprocket</i>	34
4.1.3 Pengukuran <i>Track link</i>	35
4.2 Perhitungan Persentase Keausan Komponen	35
4.2.1 Persentase Keausan <i>Idler</i>	35
4.2.2 Persentase Keausan <i>Sprocket</i>	36
4.2.3 Persentase Keausan <i>Track link</i>	37
4.3 Perhitungan Prediksi Sisa Umur Pakai.....	37
4.3.1 Prediksi Sisa Umur Pakai <i>Idler</i>	38
4.3.2 Prediksi Sisa Umur Pakai <i>Sprocket</i>	40
4.3.3 Prediksi Sisa Umur Pakai <i>Track link</i>	42
4.4 Analisis Keausan Menggunakan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	44
4.5 Hasil dan Pembahasan.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Track link</i>	7
Gambar 2.2 <i>Idler</i>	8
Gambar 2.3 <i>Sprocket</i>	9
Gambar 2.4 Struktur <i>Track shoe</i>	9
Gambar 2.5 <i>Track roller</i>	10
Gambar 2.6 <i>Carrier roller</i>	11
Gambar 3.1 Bagian <i>idler</i> yang diteliti.....	26
Gambar 3.2 Bagian <i>sprocket</i> yang diteliti.....	27
Gambar 3.3 Bagian <i>Track link</i> yang diteliti	27
Gambar 3.4 Diagram Alur Penelitian.....	28
Gambar 3.5 Jangka Sorong	30
Gambar 4.1 Grafik Persentase Keausan <i>Idler</i>	54
Gambar 4.2 Grafik Persentase Keausan <i>Sprocket</i>	55
Gambar 4.3 Grafik Persentase Keausan <i>Track link</i>	55
Gambar 4.4 Grafik Sisa Umur Pakai Setelah 840 Jam Kerja.....	56
Gambar 4.5 Perbandingan Nilai Rata-rata RPN.....	57
Gambar 4.6 Perbandingan Nilai Rata-rata RPN	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Keausan Pada <i>Sprocket</i>	12
Tabel 2.2 Faktor Keausan Pada <i>Track link</i>	14
Tabel 2.3 Faktor keausan pada <i>idler</i>	16
Tabel 2.4 Nilai <i>Standard value</i> (S_v) dan nilai standar maksimum (W_l)	17
Tabel 2.5 Nilai <i>factor component</i> bagian-bagian <i>undercarriage</i>	18
Tabel 2.6 Contoh skala tingkat keparahan (S)	23
Tabel 2.7 Contoh skala peringkat kemungkinan terjadinya kegagalan (O)	24
Tabel 2.8 Contoh skala kemungkinan kegagalan deteksi	25
Tabel 4.1 Data <i>Idler</i> (R/H).....	33
Tabel 4.2 Data <i>Idler</i> (L/H)	34
Tabel 4.3 Data <i>Sprocket</i> (R/H).....	34
Tabel 4.4 Data <i>Sprocket</i> (L/H)	34
Tabel 4.5 Data <i>Track link</i> (R/H)	35
Tabel 4.6 Data <i>Track link</i> (L/H).....	35
Tabel 4.7 Hasil Persentase Keausan Pada <i>Idler</i>	36
Tabel 4.8 Hasil Persentase Keausan Pada <i>Sprocket</i>	37
Tabel 4.9 Hasil Persentase Keausan Pada <i>Track link</i>	37
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Sisa Umur Pakai <i>Idler</i>	40
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Sisa Umur Pakai <i>Sprocket</i>	42
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Sisa Umur Pakai <i>Track link</i>	44
Tabel 4.13 Skala Peringkat Keparahannya (S)	45
Tabel 4.14 Skala peringkat kemungkinan terjadinya kegagalan (O)	46
Tabel 4.15 Skala peringkat kemungkinan kegagalan deteksi (D).....	47
Tabel 4.16 Skala Peringkat RPN.....	48
Tabel 4.17 Lembar Kerja FMEA	51

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi dan pertambangan merupakan sektor yang sangat bergantung pada kinerja optimal mesin berat, termasuk *excavator*. Komponen *undercarriage* pada *excavator*, yang meliputi *track link*, *idler*, *sprocket*, dan komponen lainnya, sangat penting untuk menjaga stabilitas, kinerja, dan umur pakai mesin. Kegagalan atau keausan berlebihan pada komponen *undercarriage* dapat mengakibatkan *downtime* yang tinggi, biaya perawatan yang mahal, dan potensi kecelakaan atau kerusakan lebih lanjut pada mesin (Maulana *et al.*, 2017).

Undercarriage merupakan bagian bawah *excavator* yang bersentuhan langsung dengan tanah dan fungsi dari *undercarriage* sendiri adalah untuk menggerakkan unit *excavator* dan sebagai penopang beban saat *excavator* sedang dioperasikan. *Undercarriage* akan berfungsi dengan maksimal apabila dilakukan perawatan dengan baik karena performa kerja *excavator* sangat bergantung pada komponen *undercarriage* (Praditya, 2021).

Excavator merupakan salah satu mesin berat yang sering digunakan dalam berbagai proyek konstruksi di Indonesia. Untuk memastikan keandalan dan efisiensi operasionalnya, perlu dilakukan evaluasi secara menyeluruh terhadap komponen *undercarriage*. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan persentase keausan pada komponen *undercarriage* yang kemudian akan dilakukan perhitungan untuk memprediksi sisa umur pada setiap

komponen. Setelah dihitung persentase keausan dan sisa umur pakainya kemudian dianalisis penyebab dan dampak keausan setiap komponen menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menjadi salah satu metode yang diharapkan relevan untuk dapat mengidentifikasi potensi kegagalan, penyebabnya, dan dampaknya terhadap kinerja serta umur pakai *excavator*.

Dengan fokus pada analisis keausan dan sisa umur pakai, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengelolaan dan pemeliharaan mesin berat, khususnya *excavator* Pindad SK-200, dalam konteks industri konstruksi dan pertambangan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar persentase keausan komponen *track link*, *sprocket*, dan *?*
2. Berapa besar sisa umur pakai komponen *track link*, *sprocket*, dan *idler*?
3. Berapa nilai RPN dari hasil FMEA?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu

1. Mengetahui persentase keausan komponen *track link*, *sprocket*, dan *idler*.
2. Mengetahui sisa umur pakai komponen *track link*, *sprocket*, dan *idler*.
3. Mengetahui nilai RPN dari hasil FMEA.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui persentase keausan komponen *track link*, *sprocket*, dan *idler* memungkinkan penjadwalan pemeliharaan yang lebih terencana dan

penggantian komponen yang tepat waktu. Hal ini dapat mengurangi risiko kegagalan mendadak dan *downtime* operasional, serta meminimalkan biaya perbaikan mendadak.

2. Mengidentifikasi sisa umur pakai komponen memungkinkan perencanaan yang lebih baik untuk pengadaan komponen baru. Hal ini memastikan kelancaran operasi dan menghindari gangguan yang disebabkan oleh kegagalan komponen yang mendekati akhir masa pemakaian.
3. Mengevaluasi nilai RPN dapat mengidentifikasi komponen yang memiliki keausan atau potensi keausan yang paling kritis. Informasi ini memungkinkan untuk fokus pada perawatan atau penggantian komponen yang paling mendesak dan berisiko tinggi. Dengan demikian, perawatan dapat dilakukan secara tepat waktu, memastikan bahwa komponen tetap berfungsi dengan baik hingga mencapai akhir masa pakainya, dan menghindari gangguan operasional yang tidak diinginkan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian dengan judul “Analisa Keausan dan Umur Pakai Komponen *Undercarriage Excavator* PC 200-2 Komatsu Pada Komponen *track shoe*, *track roller* dan *carrier roller* Dengan Diagram *Fishbone*” pernah dilakukan oleh Praditya (2021), hasil perhitungan persentase keausan *track shoe*, *track roller* dan *carrier roller* selama 240 jam yaitu 20.0%, 15.8%, dan 13.0%. Pada 480 jam, persentase keausan untuk *track shoe* sebesar 46.0%, *track roller* yaitu 35.0% dan *carrier roller* hanya 31.0%. Persentase juga dilakukan untuk perhitungan selama 720 jam menghasilkan persentase untuk *track shoe*, *track roller* dan *carrier roller* sebesar 77,0%, 63,3%, dan 57,0%. Nilai prediksi sisa umur pakai komponen *carrier roller* memiliki sisa umur pakai lebih lama yaitu 389 jam, komponen *track roller* 256 jam, dan komponen *track shoe* 215 jam.

Penelitian analisa keausan juga pernah dilakukan oleh Iskandar dkk. (2021) dengan judul “Analisa Kerusakan Hidrolik *Boom Cylinder Excavator* Komatsu PC200-8 Dengan Menggunakan Metode FMEA.” Dalam penelitian ini kerusakan yang paling umum terjadi pada silinder hidrolik *boom excavator* adalah *seal*, dengan jumlah waktu henti operasional tertinggi pada tahun 2014 sebanyak 1536 kali. Pada tahun 2015, kerusakan terutama disebabkan oleh oli, dengan jumlah waktu henti operasional sebanyak 696 kali. Sedangkan pada tahun 2016, kerusakan utamanya kembali terjadi pada *seal*, dengan jumlah waktu henti operasional sebanyak 1224 kali. Berdasarkan perhitungan RPN

tertinggi dari *worksheet* FMEA kerusakan yang paling dominan terjadi kegagalan yaitu *seal*, dengan jumlah RPN 504.

Selain itu, penelitian yang membahas analisa keausan menggunakan metode FMEA dilakukan dengan judul “Analisa Kerusakan Komponen *Undercarriage Excavator* PC 200 Hyundai Dengan Metode FMEA” dilakukan oleh Ama (2020). Penelitian ini menghasilkan persentase keausan untuk jam kerja selama 750 jam pada komponen *sprocket* yaitu 60%, *idler* 50%, *track link* 70,5%. Sedangkan untuk hasil perhitungan prediksi sisa usia pakai komponen *sprocket* yaitu 480 jam, *track link* yaitu 456 jam, *idler* 340 jam. Kemudian untuk nilai RPN (*Risk Priority Number*) untuk komponen *idler* 512, sedangkan komponen *track link* yaitu 343 dan *sprocket* 216.

2.2 Excavator

Excavator adalah salah satu alat berat yang biasanya digunakan dalam bidang konstruksi dan pertambangan. *Excavator* memiliki fungsi yaitu untuk penggalian dan juga pemuatan material ke dalam *truck* atau membuang material yang tidak terpakai ke tumpukan (Yogisworo & Dzulfikar, 2021). Tujuan penggunaan alat berat adalah mempermudah pekerjaan manusia agar menjadi lebih mudah dan mempercepat waktu pengerjaan sehingga dapat menghemat waktu dan biaya oprasional (Iswara, 2021). Pada *excavator* memiliki dua jenis penggerak yaitu *wheel excavator* dan *crawler excavator*. *Wheel excavator* merupakan jenis penggerak yang menggunakan roda dari ban sehingga dapat digunakan pada jalanan yang rata dan padat, sedangkan *crawler excavator* merupakan jenis penggerak dari roda rantai besi yang memudahkan untuk

berjalan di jalanan bebatuan, berlumpur, maupun berpasir (Yogisworo & Dzulfikar, 2021).

2.3 Undercarriage

Undercarriage adalah subsistem integral pada kendaraan berat, terdiri dari sejumlah komponen yang bertanggung jawab untuk menyediakan struktur pendukung dan mekanisme pergerakan. Fungsi utama *undercarriage* adalah memberikan fondasi yang kokoh untuk kendaraan, memungkinkan pergerakan yang stabil dan efisien di atas berbagai jenis medan. Selain itu, fungsi dari *undercarriage* ini juga sebagai penahan dan meneruskan berat dari *excavator* yang bersentuhan langsung ke tanah (Yogisworo & Dzulfikar, 2021).

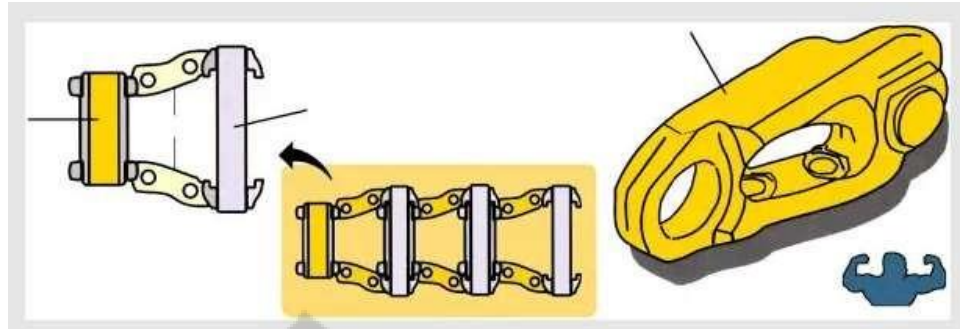
2.4 Komponen-Komponen Undercarriage

2.4.1 Track Link

Track link pada *undercarriage excavator* merupakan komponen yang membentuk rantai yang menghubungkan dan mendukung roda penopang pada bagian bawah mesin berat. *Track link* memiliki peran penting dalam menjaga kontinuitas pergerakan dan stabilitas *excavator* selama operasional di berbagai medan. Dengan memanfaatkan sifat-sifat material dan desain yang tahan aus, *track link* berfungsi sebagai elemen utama dalam sistem pelacakan (*tracking system*) untuk mendukung dan mengarahkan gerakan *excavator*.

Fungsi utama dari *track link* adalah menyediakan landasan pergerakan yang stabil dan tahan lama untuk *excavator*. Selama operasional, *track link* mengalami beban yang signifikan, termasuk tekanan dan gaya tarik, terutama saat *excavator* bergerak di atas tanah yang keras atau kasar. Maka, kualitas dan ketahanan aus *track link* sangat krusial untuk menjaga kinerja *undercarriage*

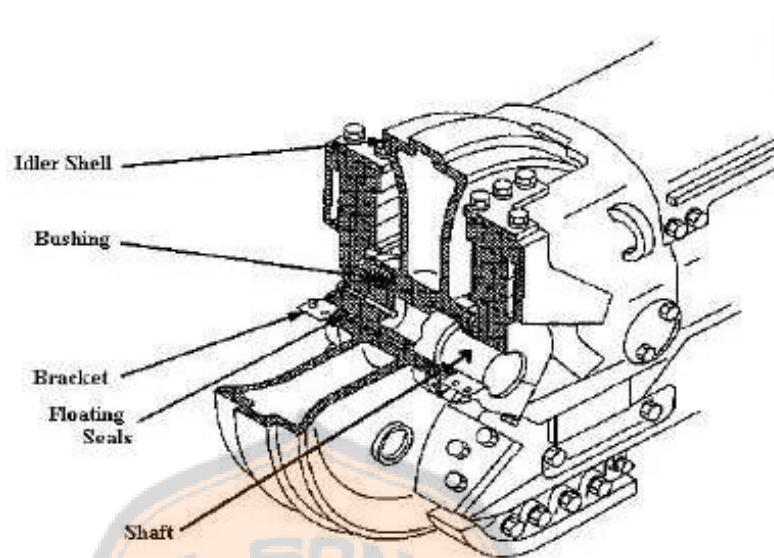
dan mencegah keausan yang berlebihan. (Sambuari & Sidabutar, 2017). Ilustrasi komponen *track link* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Track link* (Tractors, 2012)

2.4.2 Idler

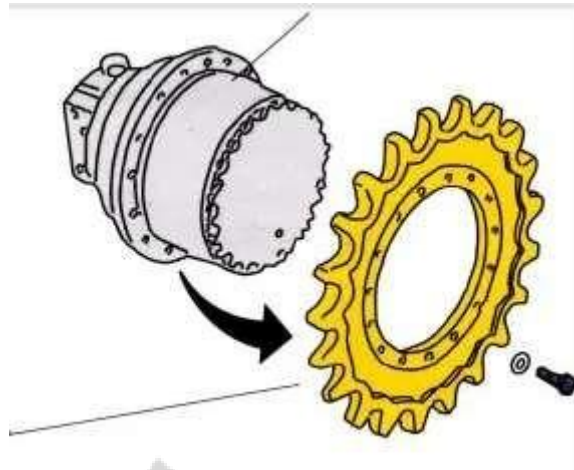
Bagian *idler* pada komponen *undercarriage* adalah roda terletak di bagian depan dari rantai mesin. Fungsinya mirip seperti roda gigi pada sepeda yang membantu menggerakkan rantai dan mempertahankan ketegangan yang tepat pada rantai tersebut. *Idler* membantu mendukung dan mengarahkan *track* agar tetap pada jalurnya dan mencegah tergelincir atau bergeser. Ketika *undercarriage* bergerak, *idler* akan berputar dan mengarahkan *track link* agar sesuai dengan kontur medan yang dilewati. Hal ini bertujuan untuk mencegah pergeseran yang tidak diinginkan dan memastikan bahwa traksi berada dalam kondisi optimal (Sambuari & Sidabutar, 2017). Ilustrasi komponen *idler* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Idler (Tractors, 2012)

2.4.3 Sprocket

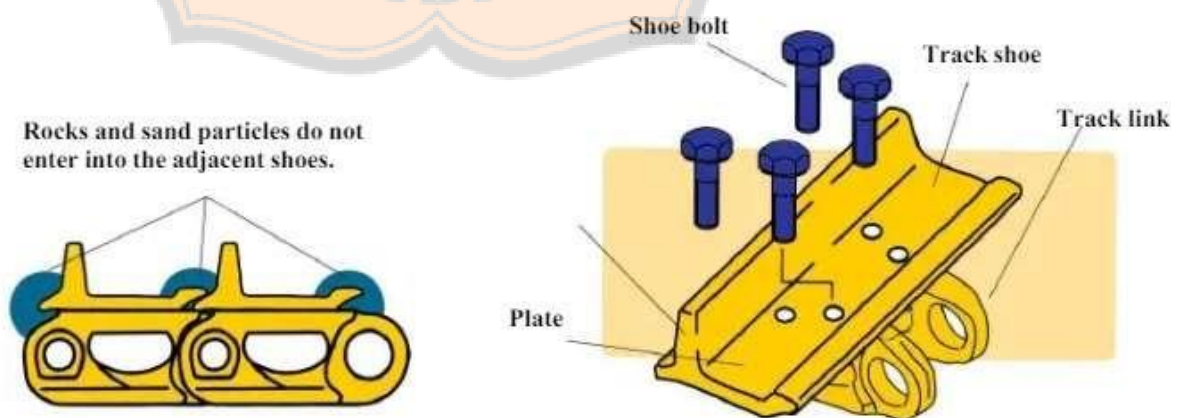
Sprocket pada *undercarriage* adalah roda gigi yang terpasang pada poros penggerak dan berguna untuk menyalurkan gerakan putar dari satu bagian mesin ke bagian lainnya, terutama untuk menggerakkan *track link*. *Sprocket* memegang peran penting dalam sistem *undercarriage* yaitu bekerja sama dengan *track link* untuk mengalirkan tenaga dan memfasilitasi pergerakan mesin. *Sprocket* memiliki gigi-gigi yang bertautan dengan rantai, sehingga ketika *sprocket* berputar, *track link* juga bergerak, memungkinkan kendaraan untuk bergerak. (Sambuari & Sidabutar, 2017). Ilustrasi komponen *sprocket* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sprocket (Tractors, 2012)

2.4.4 Track Shoe

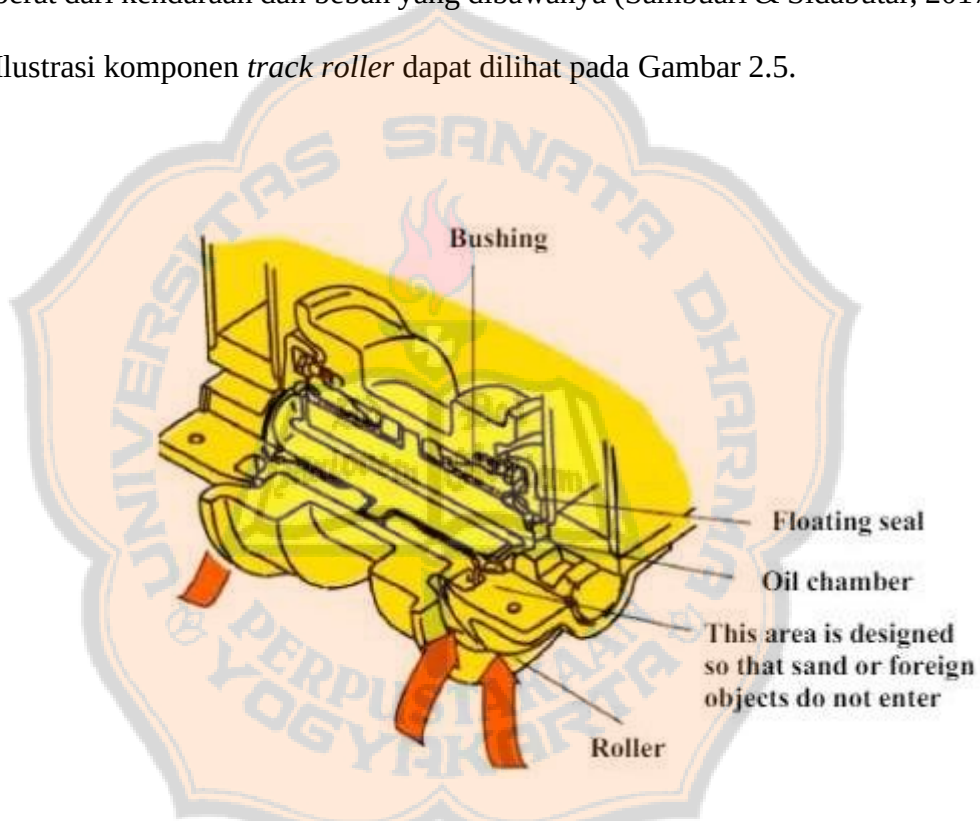
Track shoe pada *undercarriage* adalah komponen logam yang berbentuk pelat dan merupakan bagian dari sistem pelacak atau *tracking system* pada kendaraan beroda rantai, berfungsi sebagai titik kontak utama antara kendaraan dan permukaan tanah. *Track shoe* membantu mendistribusikan berat kendaraan secara merata dan memberikan traksi agar kendaraan dapat bergerak dengan lancar di atas berbagai jenis permukaan tanah (Sambuari & Sidabutar, 2017). Ilustrasi komponen *track shoe* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur *Track shoe* (Tractors, 2012)

2.4.5 Track roller

Track roller adalah roda yang terletak di bagian bawah dan samping dari rantai. Fungsinya adalah menopang berat kendaraan dan memungkinkan rantai untuk bergerak dengan lancar di atas permukaan tanah atau medan kerja. *Track roller* membantu mendistribusikan beban secara merata sepanjang rantai dan ke permukaan tanah. *Track roller* terlibat langsung dalam menanggung tekanan berat dari kendaraan dan beban yang dibawanya (Sambuari & Sidabutar, 2017). Ilustrasi komponen *track roller* dapat dilihat pada Gambar 2.5.

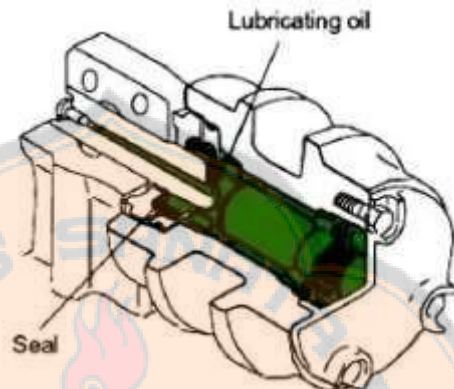


Gambar 2.5 Track roller (Tractors, 2012)

2.4.6 Carrier Roller

Carrier roller atau juga disebut sebagai *upper roller* adalah roda penopang yang terletak di bagian atas dari *undercarriage*. Fungsinya adalah memberikan dukungan pada bagian atas rantai dan memastikan rantai tetap dalam posisi yang tepat. *Carrier roller* membantu menjaga ketegangan rantai

dan mencegah terjadinya kekendoran atau pergeseran yang tidak diinginkan. Peran *carrier roller* juga membantu dalam menstabilkan pergerakan vertikal rantai saat kendaraan bergerak di atas medan yang tidak rata. (Sambuari & Sidabutar, 2017). Ilustrasi komponen *carrier roller* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Carrier roller* (Tractors, 2012)

2.4.7 Jenis Keausan Pada Sprocket, Track Link dan Idler.

2.4.7.1 Keausan pada Sprocket

Keausan pada *sprocket* adalah isu yang umum terjadi pada komponen ini dalam sistem pelacak rantai kendaraan beroda rantai atau mesin berat. Jenis-jenis keausan pada *sprocket* meliputi:

1. Keausan Bagian Tengah: keausan ini terjadi di bagian tengah *sprocket*, yang mungkin kurang terlihat dibandingkan dengan gigi-gigi. Keausan ini dapat mengakibatkan perubahan bentuk *sprocket* dan mempengaruhi pergerakan rantai pelacak di sekitarnya.
2. Kerusakan Gigi: kerusakan gigi pada *sprocket* juga dapat terjadi dimana *sprocket* akan mengalami kerusakan fisik, seperti patah atau retak.

Kerusakan gigi dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam pergerakan dan bahkan dapat merusak rantai itu sendiri.

3. Keausan Lubang Poros: bagian poros di tengah *sprocket* yang digunakan untuk menghubungkannya dengan mesin juga dapat mengalami keausan. Bagian keausan ini dapat mempengaruhi integritas struktural *sprocket* dan memerlukan perhatian khusus selama perawatan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi usia pakai dari *undercarriage* pada komponen *sprocket* terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor Keausan Pada *Sprocket*

Faktor	Penjelasan
Kecepatan Mesin	Kecepatan mesin yang tinggi juga dapat menyebabkan gaya tarik pada rantai <i>undercarriage</i> . Rantai yang bergerak dengan kecepatan tinggi dapat memberikan tekanan ekstra pada gigi <i>sprocket</i> , meningkatkan gesekan dan keausan antara permukaan <i>sprocket</i> dan rantai.
Material	Kekuatan material sangat memengaruhi seberapa baik <i>sprocket</i> mampu menahan tekanan, beban, dan gesekan yang dihasilkan selama operasi. Material yang lebih tahan terhadap tekanan dan gesekan biasanya akan memiliki umur pakai yang lebih panjang.
Tanah Padat	Tanah padat dapat mempengaruhi keausan pada <i>sprocket</i> karena memperkenalkan beban tambahan pada komponen <i>undercarriage</i> dan meningkatkan gesekan antara <i>sprocket</i> dan rantai.
Tanah Keras	Tanah yang keras dapat memberikan tekanan dan beban yang lebih besar pada <i>sprocket</i> , terutama jika <i>sprocket</i> harus beroperasi dalam kondisi tanah yang keras atau berbatu. Hal tersebut dapat menyebabkan keausan lebih cepat pada permukaan <i>sprocket</i> .

2.4.7.2 Keausan pada *Track Link*

Keausan pada *track link* adalah permasalahan umum yang sering terjadi pada komponen ini dalam sistem pelacak rantai kendaraan beroda rantai atau mesin berat. Jenis keausan pada *track link* dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Keausan permukaan: keausan permukaan adalah jenis keausan yang sering terjadi pada *track link*. Ini disebabkan oleh gesekan berulang antara *track link* dan permukaan tanah atau medan yang dilalui oleh kendaraan atau mesin berat. Keausan ini dapat mengakibatkan hilangnya material dari permukaan *track link* dan berpotensi mempengaruhi struktur komponen ini.
2. Keausan lubang pin: *track link* memiliki lubang-lubang tempat pin dan bushing dipasang. Keausan pada lubang-lubang ini bisa terjadi akibat gesekan yang berulang serta tekanan yang diberikan oleh pin dan bushing selama pergerakan. Keausan semacam ini dapat menyebabkan pergerakan yang tidak stabil dan memengaruhi kinerja rantai pelacak secara keseluruhan.
3. Keausan sisi: keausan sisi terjadi saat *track link* mengalami gesekan atau tumpukan material yang tidak diinginkan selama kendaraan atau mesin berat dalam operasi. Ini dapat mengakibatkan aus pada sisi *track link* dan berdampak terhadap stabilitas dan kinerja sistem pelacak.
4. Kerusakan struktural: di samping keausan, *track link* juga berisiko mengalami kerusakan struktural seperti patah atau retak. Jenis kerusakan semacam ini dapat sangat mengganggu kinerja rantai pelacak dan bahkan berpotensi menghentikan operasi kendaraan atau mesin berat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi usia pakai dari *undercarriage* pada komponen *track link* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor Keausan Pada *Track link*

Faktor	Penjelasan
Kecepatan Mesin	Saat mesin berputar dengan kecepatan tinggi, <i>track link</i> pada <i>undercarriage</i> akan mengalami gaya sentrifugal yang signifikan. Gaya ini dapat menyebabkan peregangan pada <i>track link</i> dan menyebabkan keausan lebih cepat. Kecepatan tinggi juga dapat meningkatkan tekanan dan gesekan pada permukaan <i>track link</i> , yang dapat mengakibatkan keausan yang lebih besar.
Perjalanan di lereng gunung	Ketika kendaraan atau mesin berat beroperasi di lereng gunung, <i>track link</i> terkena tekanan dan gesekan yang berbeda dari pada operasi di medan datar. Hal ini dikarenakan kemiringan dapat menyebabkan perubahan tegangan pada <i>track link</i> . Peningkatan tegangan dapat terjadi saat kendaraan melawan gaya gravitasi dan harus menanggung beban ekstra. Tekanan yang lebih besar terutama pada trek yang mendaki atau menurun dapat menyebabkan keausan lebih cepat pada <i>track link</i> .
Kekencangan	Kekencangan yang tidak tepat pada <i>track link</i> bisa mengakibatkan ketidakseimbangan beban pada rantai. Ketegangan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan bagian-bagian tertentu pada <i>track link</i> mengalami tekanan yang tidak merata, yang pada gilirannya bisa mempercepat keausan pada area-area tertentu.
Material	Kekuatan material memainkan peran penting dalam menentukan seberapa baik <i>track link</i> dapat menahan tekanan, beban, dan gesekan selama operasi. Material yang lebih lemah atau kurang tahan aus akan cenderung lebih cepat mengalami keausan.
Tanah Berbatu	Tanah berbatu sering kali memberikan tekanan yang lebih besar pada <i>track link</i> . Gesekan yang konstan dan tekanan tinggi pada <i>track link</i> ketika berinteraksi dengan batuan dapat mempercepat keausan.
Tanah Berlumpur	Tanah berlumpur sering kali mengandung partikel halus yang dapat menempel pada permukaan <i>track link</i> . Saat kendaraan atau mesin berat beroperasi di tanah berlumpur, partikel tersebut dapat mengakibatkan pengikisan dan abrasi pada permukaan <i>track link</i> karena gesekan berulang.

2.4.7.3 Keausan Pada *Idler*

Jenis keausan pada *idler* dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Keausan permukaan: keausan permukaan adalah jenis keausan yang sering terjadi pada *idler*. Ini disebabkan oleh gesekan berulang antara permukaan *idler* dan permukaan tanah atau medan yang dilewati oleh kendaraan atau mesin berat. Keausan ini bisa menyebabkan hilangnya materi dari permukaan *idler* dan mempengaruhi kinerja serta stabilitas komponen ini.
2. Keausan lubang bantalan: *idler* memiliki lubang-lubang tempat bantalan *roller* atau bantalan berputar dipasang. Keausan pada lubang-lubang ini bisa terjadi akibat gesekan dan tekanan yang diberikan oleh bantalan selama *idler* bergerak. Keausan semacam ini bisa mengganggu pergerakan *idler* dan berdampak pada kinerja sistem pelacak secara keseluruhan.
3. Keausan sisi: keausan sisi terjadi saat *idler* mengalami gesekan atau tumpukan material yang tidak diinginkan selama kendaraan atau mesin berat beroperasi. Ini bisa mengakibatkan aus pada sisi *idler* dan mempengaruhi stabilitas serta kinerja sistem pelacak.
4. Kerusakan struktural: selain keausan, *idler* juga dapat mengalami kerusakan struktural seperti patah atau retak. Jenis kerusakan seperti ini dapat sangat mengganggu pergerakan *idler* dan bahkan berpotensi menyebabkan masalah serius pada sistem pelacak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi usia pakai dari *undercarriage* pada komponen *idler* terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor keausan pada *idler*

Faktor	Penjelasan
Kecepatan Mesin	Kecepatan mesin yang tinggi dapat meningkatkan tekanan dan gesekan pada <i>idler</i> . Saat <i>idler</i> berputar dengan kecepatan tinggi, tekanan dan gesekan yang dihasilkan bisa menyebabkan keausan pada bagian-bagian <i>idler</i> .
Perjalanan di lereng gunung	Perjalanan di lereng gunung sering kali melibatkan kondisi medan yang tidak merata. <i>Idler</i> harus menyesuaikan diri dengan perubahan elevasi dan medan yang beragam, menyebabkan beban operasional yang tidak konsisten pada <i>idler</i> .
Kekencangan	Kekencangan yang berlebih pada <i>idler</i> dapat menyebabkan gesekan yang lebih tinggi pada bagian-bagian <i>idler</i> . Gesekan yang berlebih dapat menyebabkan keausan pada permukaan <i>idler</i> , terutama di titik-titik tertentu yang mengalami tekanan tinggi.
Material	Kualitas material yang digunakan dalam pembuatan <i>idler</i> memainkan peran penting dalam ketahanan dan daya tahan terhadap gesekan, tekanan, dan keausan. Material yang tidak tahan aus atau kurang kuat akan cenderung mengalami keausan lebih cepat.
Tanah Padat	Saat kendaraan atau mesin berat melintasi tanah padat, tekanan dan gesekan yang dihasilkan pada <i>idler</i> akan lebih tinggi. Tekanan yang besar dapat menyebabkan keausan pada permukaan <i>idler</i> karena gesekan yang konstan dengan tanah padat.
Tanah Berlumpur	Tanah berlumpur cenderung menempel pada <i>idler</i> dan meresap ke dalam komponen. Penumpukan lumpur pada <i>idler</i> dapat meningkatkan gesekan yang mempengaruhi permukaan <i>idler</i> , mempercepat keausan karena adanya gesekan konstan.

2.4.8 Perhitungan Persentase Keausan *Undercarriage*

Untuk menentukan berapa persentase keausan dari komponen *undercarriage* maka dapat menggunakan Persamaan 2.1:

$$W_r = \frac{S_v - M_w}{S_v - W_l} \times 100 \quad (2.1)$$

Keterangan:

W_r = (Wear rate) persentase keausan (%)

S_v = (Standard value) nilai standar (mm)

W_l = (Wear limit) standar maksimum keausan (mm)

M_w = (Measured wear rate) hasil pengukuran keausan (mm)

Untuk nilai standar (S_v) dan nilai standar maksimum (W_l) di

dapatkan berdasarkan Tabel 2.4 (Tractors, 2012):

Tabel 2.4 Nilai *standard value* (S_v) dan nilai standar maksimum (W_l)

Nama Komponen	Standard Value (S_v) (mm)	Standard Limit (W_l) (mm)
Track Shoe	26	16
Trach Roller	156	144
Carrier Roller	140	130
Link Pitch	190,5	194,2
Idler	20	26
Bushing O.D	59,3	54,3
Heigh of Link	129	117
Sprocket	50	60
Track Link	35	27

2.4.9 Perhitungan Prediksi Sisa Umur Pakai

Dengan memprediksi umur pakai komponen, penggantian atau perawatan yang diperlukan dapat dijadwalkan saat jadwal *downtime* yang direncanakan. Hal ini mengurangi kemungkinan kejutan terkait kegagalan komponen yang bisa mengganggu operasi yang sedang berjalan. Dalam perhitungan sisa usia pakai dibutuhkan nilai *factor component* dari setiap

komponen *undercarriage*. Nilai *factor component* (K) dari setiap komponen dapat dilihat pada Tabel 2.5 (Akbar & Baharrudin, 2019).

Tabel 2.5 Nilai *factor component* bagian-bagian *undercarriage*

Nama Komponen	Nilai “k”
<i>Link Pitch</i>	1,6
<i>Link Height</i>	1,7
<i>Bushing O.D</i>	2,0
<i>Grouser Height (track shoe)</i>	1,0
<i>Carrier Roller</i>	1,3
<i>Idler</i>	1,8
<i>Sprocket</i>	2,5
<i>Track Roller</i>	1,5

Prediksi sisa umur pakai dapat dihitung dengan Persamaan 2.2:

$$W_r = a \cdot X^k \quad (2.2)$$

Keterangan :

W_r = (Wear rate) laju persentase keausan (%)

a = Konstanta

X = Nilai *operating hours* (jam kerja)

k = Nilai *factor component*

2.4.10 Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA suatu metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi mode kegagalan dalam suatu sistem atau proses, serta dampaknya terhadap kinerja keseluruhan dan tujuan yang diinginkan. (Hanif *et al.*, 2015). Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dalam bahasa

Indonesia dikenal sebagai Analisis Mode dan Dampak Kegagalan, adalah suatu pendekatan sistematis yang digunakan dalam rekayasa, manufaktur, dan pemeliharaan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi mode kegagalan dalam suatu produk, proses, atau sistem. FMEA bertujuan untuk memahami dampak dari berbagai mode kegagalan, sejauh mana kemungkinan mode kegagalan tersebut terjadi, dan seberapa mudahnya mode kegagalan tersebut terdeteksi sebelum mencapai pengguna akhir. Metode ini membantu dalam mengidentifikasi area-area yang rentan terhadap kegagalan, sehingga langkah-langkah perbaikan dan pencegahan dapat diambil (Alijoyo *et al.*, 2018).

Prosedur dalam langkah-langkah FMEA dapat dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut ini (Alijoyo *et al.*, 2018):

1. Langkah pertama adalah membentuk tim FMEA yang terdiri dari berbagai ahli yang terkait dengan produk atau sistem yang akan dianalisis. Tim ini dapat mencakup insinyur, teknisi, desainer, operator, dan individu lain dengan pengetahuan yang relevan.
2. Langkah kedua, tim perlu meninjau setiap proses dan menentukan proses mana yang memiliki potensi kegagalan sehingga diperlukan analisis FMEA.
3. Pada tahap ini dilakukan identifikasi penyebab kegagalan yang dapat terjadi di sepanjang proses. Identifikasi penyebab kegagalan perlu dilakukan beberapa kali sampai diperoleh satu daftar yang komprehensif mengenai segala potensi kegagalan yang dapat terjadi dalam proses yang dianalisis.
4. Setelah mengetahui setiap penyebab kegagalan dalam proses, perlu mengidentifikasi dampak kegagalannya. Setiap penyebab kegagalan dapat

terdiri dari satu atau lebih dampak. Semua dampak yang teridentifikasi harus ditampilkan dalam daftar dampak.

5. Sebelum melangkah pada tahap menilai setiap parameter S (*severity*), O (*occurrence*) dan D (*detection*), perlu terlebih dahulu membuat kriteria untuk masing-masing parameter. Setiap parameter dapat disusun secara kualitatif kemudian ditafsirkan secara kuantitatif dengan menggunakan skala peringkat numerik, misalnya skala 1 – 10 atau skala 1 - 5. *Severity* pada FMEA mencerminkan tingkat serius atau dampak dari suatu mode kegagalan terhadap sistem atau proses. Dampak ini diukur dengan mempertimbangkan konsekuensi potensial terhadap fungsi, kinerja, keselamatan, atau tujuan yang diinginkan. Pada Tabel 2.6 merupakan contoh skala nilai untuk parameter *severity*. *Occurrence* dalam FMEA merujuk pada tingkat kemungkinan atau frekuensi munculnya suatu mode kegagalan dalam kondisi operasional normal. Parameter ini mengukur seberapa sering suatu kegagalan dapat terjadi dalam sistem atau proses. Pada Tabel 2.7 merupakan contoh skala nilai untuk parameter *occurrence*. Parameter *Detection* dalam FMEA mencerminkan kemampuan suatu sistem atau metode deteksi untuk mengidentifikasi atau mendeteksi suatu mode kegagalan sebelum mencapai akibat yang signifikan. Pada Tabel 2.8 merupakan contoh skala nilai untuk parameter *detection*.
6. Di tahap ini melakukan penilaian tingkat keseriusan dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan yang terjadi berdasarkan kriteria parameter S yang telah disusun. Tingkat keseriusan dampak memiliki hubungan yang searah dengan tingkat keparahan. Misalnya, apabila keseriusan dampak

yang timbulkan bersifat kritis, maka nilai tingkat keparahan akan tinggi, begitu pun sebaliknya.

7. Sama seperti tahap keenam, di tahap melakukan penilaian kriteria parameter O untuk menilai seberapa sering kemungkinan suatu kegagalan dapat terjadi.
8. Di tahap ini melakukan penilaian terhadap kriteria parameter D untuk menilai atau mengukur kemampuan mengendalikan penyebab kegagalan dengan mempertimbangkan segala aspek pengendalian dan indikator – indikator lainnya yang melekat pada proses yang sedang dianalisis. Jika pengendalian atau indikator deteksi tidak ada atau rendah, maka kemampuan deteksi juga rendah.
9. Untuk mengurutkan peringkat kekritisian dapat membuat suatu kategori kekritisian, misalnya tinggi, sedang dan rendah. Pemeringkatan kekritisian perlu dilakukan untuk mempermudah menentukan prioritas penanganan dan kendali untuk setiap potensi kegagalan. Misalnya, dengan adanya peringkat kekritisian, maka dapat segera menentukan bahwa kegagalan yang masuk kategori kritis sedang dan kritis tinggi harus diberikan rekomendasi tindakan penanganan atau pengendalian. Mengurutkan peringkat kekritisian ini dilakukan dengan menghitung nilai RPN (*Risk Priority Number*) menggunakan hasil nilai skor pada masing-masing parameter. Perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan (2.3):

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.3)$$

10. Pada tahap ini yaitu menentukan tindakan penanganan untuk tujuan mengurangi peringkat dari satu atau lebih parameter (S, O dan D). Tindakan

penanganan diberikan untuk setiap penyebab kegagalan yang telah ditentukan prioritasnya. Penekanan di tahap ini adalah pastikan bahwa tindakan yang dibuat mampu mengurangi peringkat keparahan dan atau kemungkinan keterjadian risiko atau deteksi.

11. Setelah rekomendasi tindakan penanganan atau pengendalian diberikan dan dilakukan, maka perlu dilakukan pengukuran ulang dengan cara menilai kembali peringkat keparahan (S), peringkat kemungkinan terjadi (O) kegagalan dan peringkat kemungkinan kegagalan deteksi (D). Setelah itu, hitung nilai RPN dan pastikan nilai RPN setelah penanganan turun cukup signifikan ke tingkat yang aman atau masuk dalam kategori kekritisitas rendah.

Contoh tabel untuk menentukan skala nilai parameter tingkat keparahan dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Contoh skala tingkat keparahan (S)

Dampak	Kriteria Keparahahan (S)	Peringkat
Bahaya, kegagalan terjadi tanpa peringatan	Tidak sesuai dengan peraturan pemerintah, menghentikan pengoprasian sistem produksi atau layanan jasa	10
Serius, Kegagalan terjadi dengan peringatan	Tidak sesuai dengan peraturan perintah, menghasilkan produk atau hasil jasa yang membahayakan konsumen	9
Ekstrem	Mengganggu kelancaran sistem produksi atau layanan jasa, produk tidak dapat dioperasikan (100% scrap) atau hasil jasa sangat tidak memuaskan (0% Tingkat kepuasan)	8
Lebih berisiko	Sedikit mengganggu kelancaran proses produksi atau layanan jasa, kinerja produksi tidak sempurna tetapi masih bisa difungsikan atau hasil jasa tidak cukup memuaskan tetapi masih bisa diterima konsumen	7
Signifikan	Kinerja produk menurun karena beberapa fungsi tertentu mungkin fungsi kenyamanan tidak terpenuhi	6
Sedang	Kinerja produk atau hasil jasa menurun tetapi masih bisa diperbaiki	5
Rendah	Kinerja produk atau hasil jasa menurun tetapi tidak memerlukan perbaikan	4
Kecil	Dampak kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa atau kinerja produksi atau hasil jasa, masih ada keluhan dari beberapa konsumen	3
Sangat Kecil	Dampak sangat kecil terhadap sistem produksi atau layanan jasa atau kinerja produk atau hasil jasa, masih ada keluhan hanya dari konsumen tertentu	2
Tidak ada Dampak	Tidak ada dampak terhadap sistem produksi atau layanan jasa maupun produk atau hasil kerja	1

Tabel 2.7 di bawah merupakan contoh dalam menentukan skala peringkat kemungkinan terjadinya tingkat kegagalan.

Tabel 2.7 Contoh skala peringkat kemungkinan terjadinya kegagalan (O)

Peluang terjadinya kegagalan	Peringkat
Sangat tinggi dan ekstrem; kegagalan hamper tak terhindarkan	10
Sangat tinggi ; kegagalan berhuungan dengan proses yang gagal sebelumnya	9
Tinggi : kegagalan terus berulang	8
Relatif tinggi	7
Sedang cenderung tinggi	6
Sedang	5
Relatif rendah	4
rendah	3
Sangat rendah	2
Hampir tidak mungkin terjadi kegagalan	1

Contoh dalam menentukan peringkat pada skala kemungkinan terjadinya kegagalan deteksi dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Contoh skala kemungkinan kegagalan deteksi

Kemungkinan Kegagalan Terdeteksi	Kriteria berdasarkan rancangan pengendalian saat ini	Peringkat
Hampir mustahil	Tidak ada kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	10
Sangat kecil	Terdapat sangat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	9
Kecil	Terdapat sedikit kendali untuk mendeteksi kegagalan	8
Sangat rendah	Terdapat kendali tetapi sangat kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan	7
Rendah	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan	6
Sedang	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	5
Agak tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi kegagalan	4
Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	3
Sangat tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi potensi kegagalan	2
Hampir pasti	Kendali hampir pasti dapat mendeteksi potensi kegagalan	1

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Obyek dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Yogyakarta. Obyek penelitian ini yaitu komponen *idler*, *sprocket*, dan *track link* pada *undercarriage excavator* Pindad SK-200. Pada Gambar 3.1 menunjukkan bagian *idler* yang diteliti yaitu kedalaman pada bagian *front idler* atau *idler wheel* yang diukur menggunakan jangka sorong. Bagian *sprocket* yang diteliti yaitu jarak ujung gigi *sprocket* yang diukur menggunakan jangka sorong, bagian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 yang diberi tanda garis merah. Bagian lebar permukaan *track link*, dapat dilihat pada Gambar 3.3 yang diberi tanda garis merah.



Gambar 3.1 Bagian *idler* yang diteliti



Gambar 3.2 Bagian *sprocket* yang diteliti

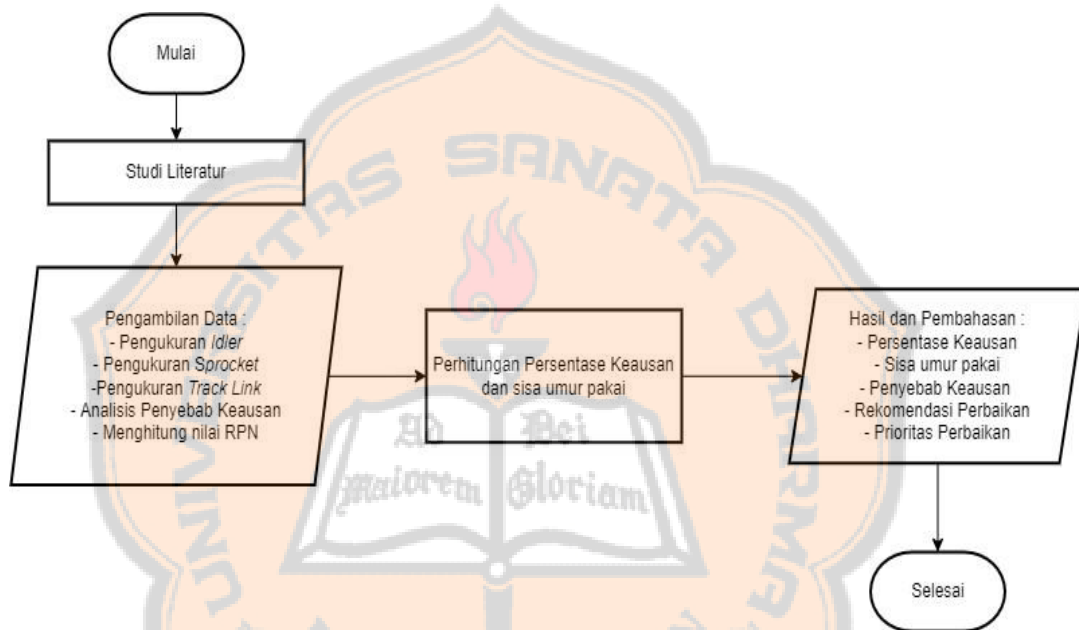


Gambar 3.3 Bagian *Track link* yang diteliti

3.2 Alur Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu identifikasi *failure mode*, persentase keausan, dan prediksi sisa umur pakai. Tahapan penelitian pertama yang dilakukan yaitu melakukan pengumpulan data berupa pengukuran secara langsung menggunakan jangka sorong pada obyek penelitian.

Tahapan selanjutnya itu yaitu menghitung persentase keausan pada bagian *idler*, *sprocket*, dan *track link*. Langkah berikutnya setelah menghitung persentase keausan maka dilanjutkan dengan menghitung prediksi usia pakai bagian-bagian tersebut. Langkah terakhir yaitu melakukan analisis keausan menggunakan metode FMEA sebagai output dari penelitian ini. Alur diagram penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alur Penelitian

3.3 Alat Bantu Penelitian

Jangka sorong atau yang dikenal sebagai *vernier caliper*, adalah alat pengukur yang digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik atau untuk mengukur ketebalan, diameter, atau panjang suatu objek dengan tingkat presisi yang tinggi. Jangka sorong yang digunakan pada penelitian ini menggunakan jangka sorong biasa yang memiliki tingkat presisi 0,02 milimeter.



Gambar 3. 5 Jangka sorong

3.4 Pengumpulan Data

3.4.1 Pengamatan dan Pengukuran

Pengamatan dan pengukuran terhadap komponen yang diteliti dilakukan secara langsung. Pengamatan ini mencakup keadaan fisik, keausan, dan kerusakan komponen *track link*, *idler*, dan *sprocket*. Proses pengukuran juga dilakukan pada proses ini yang dilakukan secara berkala mengikuti dengan jam kerja yang sudah dilalui *undercarriage* yaitu pada jam kerja 480 jam, 600 jam, 720 jam hingga 840 jam. Pengukuran dilakukan dengan alat bantu penelitian berupa jangka sorong. Bagian *idler* yang diteliti yaitu bagian lebar *front idler*, untuk bagian *sprocket* yang diteliti yaitu lebar ujung gigi *sprocket* dan bagian lebar dari *track link*. Selain melakukan pengamatan dan pengukuran secara langsung, beberapa data juga didapatkan melalui hasil wawancara dengan operator terkait jam kerja yang sudah dilalui *undercarriage* ketika pertama kali melakukan pengukuran.

3.5 Pengolahan Data

Proses pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Setelah komponen *track link*, *sprocket*, dan *idler* diukur menggunakan jangka sorong berdasarkan jumlah jam kerja yang sudah dilalui oleh

undercarriage, maka langkah berikutnya yaitu menghitung persentase keausan menggunakan Persamaan (2.1).

- b. Setelah masing-masing komponen memiliki persentase keausan berdasarkan jumlah jam kerja *undercarriage*, maka dilanjutkan dengan menghitung prediksi sisa umur pakai dari masing-masing komponen menggunakan Persamaan (2.2) dengan variabel X atau *operational hours* diisi dengan jam kerja yang sudah dilalui oleh *undercarriage*.
- c. Langkah berikutnya yaitu menganalisis keausan *track link*, *sprocket*, dan *idler* menggunakan metode FMEA. Pada langkah ini dilakukan analisis penyebab kegagalan atau penyebab keausan yang sering terjadi pada proses penggunaan *undercarriage* terutama pada komponen yang sedang diteliti.
- d. Ketika masing-masing komponen sudah dianalisis penyebab keausannya, maka dilakukan identifikasi terkait dampak keausan yang dapat terjadi pada *undercarriage*.
- e. Menentukan skala penilaian untuk setiap parameter S (*severity*), O (*occurrence*) dan D (*detection*). Sebelum melangkah pada tahap menilai setiap parameter S , O dan D , perlu terlebih dahulu membuat kriteria untuk masing-masing parameter. Kriteria pada masing-masing parameter ini menyesuaikan dengan kebutuhan penelitian dalam menilai sebesar besar dampak keausan yang dapat terjadi pada *undercarriage*. Umumnya, penilaian parameter ini menggunakan skala numerik 1 – 10 dimana tingkat risiko dengan nilai 10 dapat diartikan sebagai tingkat risiko yang sangat tinggi, sedangkan tingkat risiko 1 menunjukkan risiko yang sangat rendah.

- f. Di tahap ini melakukan penilaian tingkat keseriusan dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan yang terjadi berdasarkan kriteria parameter S (*severity*) yang telah disusun. Di tahap ini juga melakukan penilaian kriteria parameter O (*occurrence*) untuk menilai seberapa sering kemungkinan suatu kegagalan dapat terjadi. Kemudian melakukan penilaian terhadap kriteria parameter D (*detection*) untuk menilai atau mengukur kemampuan mengendalikan penyebab keausan yang terjadi pada *undercarriage*.
- g. Setelah dilakukan penilaian terhadap masing-masing parameter, maka dilakukan perhitungan nilai RPN menggunakan Persamaan (2.3) untuk setiap penyebab dan dampak keausan pada komponen *idler*, *sprocket* dan *track link*.
- h. Kemudian mengurutkan peringkat kekritisannya berdasarkan nilai RPN yang didapatkan. Untuk mengurutkan peringkat kekritisannya ini dibuat suatu kategori kekritisannya, yaitu tinggi, sedang dan rendah.
- i. Tahap selanjutnya yaitu menentukan tindakan penanganan untuk tujuan mengurangi peringkat dari satu atau lebih parameter (S, O dan D). Tindakan penanganan diberikan untuk setiap penyebab keausan yang telah ditentukan prioritasnya.
- j. Setelah rekomendasi tindakan penanganan atau pengendalian diberikan dan dilakukan, maka perlu dilakukan pengukuran ulang dengan cara menilai kembali peringkat keparahan (S), peringkat kemungkinan terjadi kegagalan (O) dan peringkat kemungkinan kegagalan deteksi (D). Setelah itu, hitung nilai RPN dan pastikan nilai RPN setelah penanganan turun cukup

signifikan ke tingkat yang aman atau masuk dalam kategori kekritisitas rendah.

3.6 Pengambilan Kesimpulan

Bagian kesimpulan pada penelitian ini akan memberikan informasi tentang tingkat keparahan, kemungkinan, dan deteksi keausan pada setiap komponen undercarriage berdasarkan identifikasi komponen yang memiliki risiko keausan tinggi dan kemungkinan kegagalan yang signifikan. Pada bagian ini juga akan memberikan tinjauan terhadap hasil analisis sisa umur pakai untuk menilai berapa lama setiap komponen diharapkan dapat berfungsi sebelum mencapai batas umur pakai. Hasil analisis menggunakan metode FMEA akan diberikan dengan informasi terkait rekomendasi perawatan atau perbaikan yang terdapat pada Tabel 4.17 untuk komponen-komponen yang memiliki risiko tinggi atau tingkat keausan yang signifikan berdasarkan hasil prioritas pada komponen-komponen yang memiliki sisa umur pakai lebih pendek.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Komponen

Pengukuran komponen dilakukan secara langsung di lapangan dan hasil wawancara dengan mekanik yang menangani unit *undercarriage excavator* pindad SK-200. Jam kerja di Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak yaitu 8 jam kerja setiap harinya selama 5 hari kerja dalam seminggu. Namun, berdasarkan informasi dari mekanik, *undercarriage* tidak pernah digunakan dalam rentan waktu lebih dari 6 jam per-hari atau hanya menyesuaikan dengan kebutuhan di lapangan. Pengukuran pada *undercarriage* ini dilakukan selama kurang lebih lima bulan untuk mencapai jam kerja selama 840 jam.

4.1.1 Pengukuran Idler

Pengukuran pada *idler* ini pertama kali dilakukan ketika umur pakai komponen sudah berada pada jam kerja 480 jam sejak terakhir pergantian *idler* yang sudah aus. Hasil pengukuran sisi kanan komponen *idler* dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan sisi kiri Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data *idler* (R/H)

Komponen	<i>Life Hours</i> (jam)	Ukuran (mm)
Idler	480 Jam	20,42 mm
	600 Jam	21,26 mm
	720 Jam	22,40 mm
	840 Jam	23,62 mm

Tabel 4.2 Data *idler* (L/H)

Komponen	<i>Life Hours</i> (jam)	Ukuran (mm)
<i>Idler</i>	480 Jam	20,30 mm
	600 Jam	21,22 mm
	720 Jam	22,44 mm
	840 Jam	23,62 mm

4.1.2 Pengukuran *Sprocket*

Pengukuran pada *sprocket* ini pertama kali dilakukan ketika umur pakai komponen sudah berada pada jam kerja 480 jam sejak terakhir pergantian *sprocket* yang sudah aus. Hasil pengukuran sisi kanan komponen *sprocket* dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan sisi kiri Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Data *Sprocket* (R/H)

Komponen	<i>Life Hours</i> (jam)	Ukuran (mm)
<i>Sprocket</i>	480 Jam	50,06 mm
	600 Jam	51,28 mm
	720 Jam	53,46 mm
	840 Jam	56,44 mm

Tabel 4.4 Data *Sprocket* (L/H)

Komponen	<i>Life Hours</i> (jam)	Ukuran (mm)
<i>Sprocket</i>	480 Jam	50,52 mm
	600 Jam	51,62 mm
	720 Jam	53,80 mm
	840 Jam	56,82 mm

4.1.3 Pengukuran *Track Link*

Pengukuran pada *track link* ini pertama kali dilakukan ketika umur pakai komponen sudah berada pada jam kerja 480 jam sejak terakhir pergantian *track link* yang sudah aus. Hasil pengukuran sisi kanan komponen *track link* dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan sisi kiri Tabel 4.6

Tabel 4.5 Data *Track link* (R/H)

Komponen	<i>Life Hours</i> (jam)	Ukuran (mm)
<i>Track Link</i>	480 Jam	34,84 mm
	600 Jam	33,82 mm
	720 Jam	31,76 mm
	840 Jam	29,62 mm

Tabel 4.6 Data *Track link* (L/H)

Komponen	<i>Life Hours</i> (jam)	Ukuran (mm)
<i>Track Link</i>	480 Jam	34,64 mm
	600 Jam	33,62 mm
	720 Jam	31,86 mm
	840 Jam	29,80 mm

4.2 Perhitungan Persentase Keausan Komponen

4.2.1 Persentase Keausan *Idler*

Perhitungan persentase keausan *idler* dilakukan menggunakan Persamaan 2.1 untuk masing-masing *idler* pada bagian kanan dan kiri. Berikut ini merupakan perhitungan persentase *idler* menggunakan data Tabel 4.1 untuk nilai *Mw* atau *measured wear rate* pada pada jam kerja 480 jam untuk bagian kanan *idler*. Nilai *Sv* atau *standard value* dan *Wl* atau *wear limit* di dapatkan dari Tabel 2.4.

Diketahui:

$$S_v = 20 \text{ mm}$$

$$W_l = 26 \text{ mm}$$

$$M_w = 20,42 \text{ mm}$$

Maka,

$$W_r = \frac{20 - 20,42}{20 - 26} \times 100$$

$$W_r = 0,07 \times 100$$

$$W_r = 7\%$$

Idler pada bagian kanan mengalami keausan sebesar 7% pada jam kerja 480 jam. Cara yang sama dilakukan untuk menghitung persentase keausan pada bagian *idler* di setiap jam kerja yang sudah lalui. Hasil perhitungan tersebut dirangkum dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Persentase Keausan Pada *Idler*

Jam Kerja	Keausan (%)	
	<i>Idler</i> (R/H)	<i>Idler</i> (L/H)
480 Jam	7%	5%
600 Jam	21%	20,33%
720 Jam	40%	40,66%
840 Jam	60,33%	60,33%

4.2.2 Persentase Keausan *Sprocket*

Berdasarkan hasil perhitungan persentase keausan pada *sprocket* yang dilakukan dengan proses perhitungan yang sama, didapatkan hasil persentase

keausan pada *sprocket* untuk setiap bagian dan setiap jam kerja yang sudah dilalui terdapat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Persentase Keausan Pada *Sprocket*

Jam Kerja	Keausan (%)	
	<i>Sprocket</i> (R/H)	<i>Sprocket</i> (L/H)
480 Jam	0,6%	0,4%
600 Jam	12,8%	16,2%
720 Jam	34,6%	38%
840 Jam	64,4%	68,2%

4.2.3 Persentase Keausan *Track Link*

Hasil perhitungan persentase keausan untuk komponen *track link* pada setiap bagian dan sesuai dengan jam kerja yang telah dilalui dirangkum dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Persentase Keausan Pada *Track link*

Jam Kerja	Keausan (%)	
	<i>Track Link</i> (R/H)	<i>Track Link</i> (L/H)
480 Jam	2%	4,5%
600 Jam	14,75%	17,25%
720 Jam	40,5%	39,25%
840 Jam	67,25%	65%

4.3 Perhitungan Prediksi Sisa Umur Pakai

Setelah mendapatkan persentase keausan dari masing-masing komponen. Maka, langkah selanjutnya yaitu menghitung prediksi sisa umur pakai untuk mengetahui pada jam kerja seberapa banyak komponen mencapai keausan

sebesar 100%. Perhitungan prediksi sisa umur pakai menggunakan Persamaan

2.2. Nilai k didapatkan dari nilai *factor component* pada Tabel 2.5.

4.3.1 Prediksi Sisa Umur Pakai Idler

Langkah pertama dalam menghitung sisa umur pakai yaitu menghitung nilai konstanta terlebih dahulu. Di bawah ini merupakan perhitungan nilai konstanta untuk keausan idler sebelah kanan yang sudah mencapai 60,5%. Nilai k atau nilai *factor component* didapatkan dari Tabel 2.5.

Diketahui:

$$W_r = 7\%$$

$$X_1 = 480 \text{ jam}$$

$$k = 1,8$$

$$W_r = a \cdot X_1^k$$

$$7 = a \cdot 480^{1,8}$$

$$a = \frac{7}{480^{1,8}}$$

$$a = 0,0001044$$

Setelah mengetahui nilai konstanta (a), langkah selanjutnya yaitu mencari jumlah jam kerja idler pada persentase keausan 100% yang dilambangkan sebagai X_2

$$100 = 0,0001044 \cdot X_2^{1,8}$$

$$\frac{100}{0,0001044} = X_2^{1,8}$$

$$X_2^{1,8} = 957494,277$$

$$X_2 = \sqrt[1,8]{957494,277}$$

$$X = 2103,068 \text{ (dibulatkan menjadi 2103)}$$

Hasil persentase *idler* bagian kanan dengan keausan 100% berada di jam kerja 2103. Untuk mendapatkan sisa umur pakai yaitu dengan cara mengurangkan variabel X_2 sebagai batas usia pemakaian komponen dengan variabel X_1 sebagai jam kerja yang sudah dilalui oleh komponen.

$$\text{Sisa umur} = X_2 - X_1$$

$$\text{Sisa umur} = 2103 - 480$$

$$\text{Sisa umur} = 1623$$

Maka, sisa umur pakai komponen *idler* bagian kanan dengan persentase 7% masih memiliki sisa umur pakai selama 1623 jam. Hasil perhitungan sisa umur pada komponen *idler* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Sisa Umur Pakai *Idler*

Jam Kerja (X_1)	<i>Idler</i> (R/H)			<i>Idler</i> (L/H)		
	M_w (mm)	W_l (mm)	S_v (mm)	M_w (mm)	W_l (mm)	S_v (mm)
480 Jam	20,42	26	20	20,30	26	20
600 Jam	21,26			21,22		
720 Jam	22,40			22,44		
840 Jam	23,62			23,62		
Persentase Keausan dan Batas Usia Pakai						
Jam Kerja (X_1)	Persentase Keausan (%)		Batas Usia Pakai (X_2)			
	<i>Idler</i> (R/H)	<i>Idler</i> (L/H)	<i>Idler</i> (R/H)		<i>Idler</i> (L/H)	
480 Jam	7%	5%	2103 Jam		2535 Jam	
600 Jam	21%	20,33%	1428 Jam		1454 Jam	
720 Jam	40%	40,66%	1198 Jam		1187 Jam	
840 Jam	60,33%	60,33%	1112 Jam		1112 Jam	
Sisa Umur Pakai ($X_2 - X_1$)						
Jam Kerja (X_1)	<i>Idler</i> (R/H)			<i>Idler</i> (L/H)		
480 Jam	1623 Jam			2055 Jam		
600 Jam	828 Jam			854 Jam		
720 Jam	478 Jam			467 Jam		
840 Jam	272 Jam			272 Jam		

4.3.2 Prediksi Sisa Umur Pakai *Sprocket*

Proses perhitungan prediksi sisa umur pakai pada *sprocket* dilakukan dengan langkah-langkah yang sama. Langkah pertama dalam menghitung sisa umur pakai yaitu menghitung nilai konstanta terlebih dahulu. Di bawah ini merupakan perhitungan nilai konstanta untuk keausan *sprocket* sebelah kanan yang sudah mencapai 64,3%. Nilai k atau nilai *factor component* didapatkan dari Tabel 2.5. Diketahui:

$$W_r = 64,4\%$$

$$X = 840 \text{ jam}$$

$$k = 2,5$$

$$W_r = a \cdot X^k$$

$$64,4 = a \cdot 840^{2,5}$$

$$a = \frac{64,4}{840^{2,5}}$$

$$a = 0,00000314$$

Setelah mengetahui nilai konstanta (a), langkah selanjutnya yaitu mencari jumlah jam kerja *sprocket* pada persentase keausan 100%.

$$100 = 0,00000314 \cdot X^{2,5}$$

$$\frac{100}{0,00000314} = X^{2,5}$$

$$X^{2,5} = 31755016,87$$

$$X = \sqrt[2,5]{31755016,87}$$

$$X = 1001,670 \text{ (dibulatkan jadi 1002)}$$

Hasil persentase *sprocket* dengan keausan 100% berada di jam kerja 1002 jam. Tabel 4.11 merupakan hasil perhitungan sisa umur pakai komponen *sprocket*.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Sisa Umur Pakai *Sprocket*

Jam Kerja (X_1)	<i>Sprocket</i> (R/H)			<i>Sprocket</i> (L/H)		
	M_w (mm)	W_l (mm)	S_v (mm)	M_w (mm)	W_l (mm)	S_v (mm)
480 Jam	50,06	60	50	50,02	60	50
600 Jam	51,28			51,62		
720 Jam	53,46			53,80		
840 Jam	56,44			56,82		
Persentase Keausan dan Sisa Umur Pakai						
Jam Kerja (X_1)	Persentase Keausan (%)		Batas Usia Pakai (X_2)			
	<i>Sprocket</i> (R/H)	<i>Sprocket</i> (L/H)	<i>Sprocket</i> (R/H)		<i>Sprocket</i> (L/H)	
480 Jam	0,6%	0,4%	3715 Jam		4369 Jam	
600 Jam	12,8%	16,2%	1365 Jam		1243 Jam	
720 Jam	34,6%	38%	1100 Jam		1060 Jam	
840 Jam	64,4%	68,2%	1002 Jam		979 Jam	
Sisa Umur Pakai ($X_2 - X_1$)						
Jam Kerja (X_1)	<i>Sprocket</i> (R/H)			<i>Sprocket</i> (L/H)		
480 Jam	3235 Jam			3889 Jam		
600 Jam	765 Jam			643 Jam		
720 Jam	380 Jam			340 Jam		
840 Jam	162 Jam			139 Jam		

4.3.3 Prediksi Sisa Umur Pakai *Track Link*

Persentase keausan track link bagian kanan yaitu 67,25% pada jam kerja 840 jam. Nilai k atau nilai *factor component* didapatkan dari Tabel 2.5.

Proses perhitungan masih menggunakan cara yang sama sebagai berikut:

Diketahui:

$$W_r = 67,25\%$$

$$X = 840 \text{ jam}$$

$$k = 1,7$$

$$W_r = a \cdot X^k$$

$$67,25 = a \cdot 840^{1,7}$$

$$a = \frac{67,25}{840^{1,7}}$$

$$a = 0.0007184$$

Setelah mengetahui nilai konstanta (a), langkah selanjutnya yaitu mencari jumlah jam kerja *track link* pada persentase keausan 100%.

$$100 = 0.0007184 \cdot X^{1,7}$$

$$\frac{100}{0.0007184} = X^{1,7}$$

$$X^{1,7} = 139181,815$$

$$X = \sqrt[1,7]{139181,815}$$

$$X = 1060,807 \text{ (Dibulatkan menjadi 1061)}$$

Hasil persentase *track link* dengan keausan 100% berada di jam kerja 1061 jam. Hasil perhitungan sisa umur pakai *track link* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Sisa Umur Pakai *Track link*

Jam Kerja (X_1)	Track Link (R/H)			Track Link (L/H)		
	M_w (mm)	W_l (mm)	S_v (mm)	M_w (mm)	W_l (mm)	S_v (mm)
480 Jam	34,84	27	35	34,64	27	35
600 Jam	33,82			33,62		
720 Jam	31,76			31,86		
840 Jam	29,62			29,80		
Persentase Keausan dan Sisa Umur Pakai						
Jam Kerja (X_1)	Persentase Keausan (%)		Batas Usia Pakai (X_2)			
	Track Link (R/H)	Track Link (L/H)	Track Link (R/H)	Track Link (L/H)		
480 Jam	2%	4,5%	4793 Jam	2974 Jam		
600 Jam	14,75%	17,25%	1850 Jam	1686 Jam		
720 Jam	40,5%	39,25%	1225 Jam	1248 Jam		
840 Jam	67,25%	65%	1061 Jam	1082 Jam		
Sisa Umur Pakai ($X_2 - X_1$)						
Jam Kerja (X_1)	Track Link (R/H)			Track Link (L/H)		
480 Jam	4313 Jam			2494 Jam		
600 Jam	1250 Jam			1086 Jam		
720 Jam	505 Jam			528 Jam		
840 Jam	221 Jam			242 Jam		

4.4 Analisis Keausan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect*

Analysis

Setelah mengetahui persentase keausan dari masing-masing komponen, langkah selanjutnya yaitu menganalisis penyebab keausan setiap komponen menggunakan metode FMEA. Sebelum memasuki analisis menggunakan

FMEA, diperlukan terlebih dahulu untuk menentukan nilai parameter untuk S (*severity*) atau skala tingkat keparahan, skala nilai untuk *severity* dapat dilihat pada Tabel 4.13. Parameter O (*occurrence*) atau skala tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan yang dapat dilihat pada Tabel 4.14. Parameter D (*detection*) sebagai peringkat kemungkinan kegagalan deteksi terdapat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.13 Skala Peringkat Keparahan (S)

Peringkat	Kriteria Keparahan (S)
10	Kerusakan fatal, mengakibatkan kegagalan penuh dan tidak dapat digunakan lagi
9	Kerusakan kritis, memerlukan perbaikan segera untuk menghindari kegagalan
8	Kerusakan parah, diperlukan perbaikan segera dan dapat menyebabkan kegagalan
7	Kerusakan serius, perlu perbaikan segera dan dapat menyebabkan masalah besar
6	Kerusakan cukup serius, memerlukan perbaikan segera dan dapat mempengaruhi kinerja
5	Kerusakan sedang, memerlukan perbaikan segera dan mungkin memengaruhi kinerja
4	Kerusakan sedang, perbaikan yang diperlukan segera
3	Kerusakan kecil, memerlukan perbaikan minor
2	Kerusakan ringan, tidak mempengaruhi kinerja secara signifikan
1	Tidak ada kerusakan

Tabel 4.14 Skala peringkat kemungkinan terjadinya kegagalan (O)

Peringkat	Peluang terjadi kegagalan
10	Sangat tinggi dan ekstrem kegagalan hampir tak terhindarkan
9	Sangat tinggi hingga kritis, kemungkinan kegagalan kritis dan memerlukan perbaikan mendesak
8	Tinggi, kemungkinan kegagalan tinggi dan dapat menyebabkan masalah serius
7	Relatif tinggi, kemungkinan kegagalan besar dan memerlukan perhatian khusus dalam pemeliharaan
6	Sedang cenderung tinggi, kemungkinan kegagalan cukup besar dan dapat mempengaruhi kinerja
5	Sedang, kemungkinan kegagalan dapat terjadi dengan beberapa indikator resiko
4	Relatif rendah, ada kemungkinan kegagalan yang mungkin terjadi dalam kondisi tertentu
3	Rendah
2	Sangat rendah
1	Hampir tidak mungkin terjadi kegagalan

Tabel 4.15 Skala peringkat kemungkinan kegagalan deteksi (D)

Peringkat	Kemungkinan kegagalan terdeteksi	Deskripsi
10	Hampir mustahil	Tidak ada kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan.
9	Sangat kecil	Terdapat sangat sedikit kendali untuk potensi kegagalan.
8	Kecil	Terdapat sedikit terdapat kendali untuk mendeteksi kegagalan.
7	Sangat rendah	Terdapat kendali tetapi sangat kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan.
6	Rendah	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan.
5	Sedang	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan.
4	Agak tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi kegagalan.
3	Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan.
2	Sangat tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi potensi kegagalan.
1	Hampir pasti	Kendali hampir pasti dapat mendeteksi potensi kegagalan.

Pada skala keparahan (S), semakin tinggi kategori kekritisannya maka semakin besar juga keausan yang dapat dialami oleh *undercarriage*. Untuk skala kemungkinan terjadinya kegagalan (O) atau seberapa sering kemungkinan suatu kegagalan dapat terjadi, semakin tinggi kategori kekritisannya maka semakin sering pula keausan dapat terjadi pada *undercarriage*. Sementara untuk skala kategori kekritisannya kemungkinan kegagalan deteksi (D), semakin keausan dapat terdeteksi maka semakin rendah nilainya.

Setelah menentukan skala nilai masing-masing parameter, maka selanjutnya mengurutkan peringkat kekritisan. Kategori ini disusun dengan cara menghitung nilai RPN tertinggi dan terendah. Pada penelitian ini nilai parameter S, O dan D diberi skala 1-10, maka nilai RPN tertinggi yaitu $10 \times 10 \times 10 = 1000$ dan nilai terendahnya adalah $1 \times 1 \times 1 = 1$. Maka, penyusunan kategori sebagai berikut:

Tabel 4.16 Skala Peringkat RPN

RPN	Kategori Kekritisan
501 – 1000	Tinggi
251 – 500	Sedang
1 – 250	Rendah

Skala peringkat RPN pada Tabel 4.16 akan digunakan pada hasil lembar kerja FMEA sebagai penentu peringkat kategori kekritisan berdasarkan hasil RPN yang terdapat pada Tabel 4.17. Setelah seluruh komponen nilai yang dibutuhkan sudah ditentukan berdasarkan kategorinya, maka akan dibuat lembar kerja FMEA yang meliputi:

1. Daftar penyebab keausan dan dampak keausan pada komponen *undercarriage* yang dianalisis
2. Daftar kekritisitas setiap penyebab keausan yang ditunjukkan oleh nilai RPN
3. Daftar tindakan penanganan yang direkomendasikan untuk mengurangi keparahan dan kemungkinan terjadinya kegagalan, serta meningkatkan kemampuan deteksi akan kegagalan yang mungkin terjadi.

Tabel 4.17 merupakan lembar kerja metode FMEA. Lembar kerja ini digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi risiko keausan pada komponen *excavator* dengan mengevaluasi penyebab keausan, dampak keausan, kemungkinan terjadinya kegagalan, hingga kemampuan dalam mendeteksi keausan yang mungkin terjadi.

Di bawah ini merupakan tahap dalam membaca Tabel 4.17:

1. Identifikasi komponen yang dianalisis. Misalnya, pada komponen pertama yaitu *Idler*.
2. Kemudian, Identifikasi penyebab atau jenis keausan yang terjadi pada komponen. Misalnya pada komponen *idler* penyebab keausannya yaitu pada permukaan yang disebabkan oleh gesekan berulang antara permukaan *idler* dan permukaan tanah atau medan yang dilalui.
3. Identifikasi dampak keausan yang diakibatkan oleh keausan tersebut. Misalnya, keausan pada komponen *idler* di atas dapat menyebabkan hilangnya materi dari permukaan *idler* dan mempengaruhi kinerja serta stabilitas komponen.

4. Menentukan kategori keparahan (S) dari dampak keausan, biasanya dalam skala 1-10. Misalnya tingkat keparahan yang terjadi pada komponen *idler* diberikan nilai 5.
5. Menentukan kategori kemungkinan terjadinya keausan (O), biasanya dalam skala 1-10. Misalnya, nilai yang diberikan untuk *idler* yaitu 8.
6. Menentukan kategori kemungkinan kegagalan deteksi (D) atau deteksi dari keausan sebelum menyebabkan kerusakan, biasanya dalam skala 1-10. Misalnya, nilai yang diberikan untuk komponen *idler* yaitu 3.
7. Menghitung nilai RPN dengan mengalikan nilai S, O, dan D. Misalnya, nilai RPN yang dihasilkan oleh *idler* dalam satu penyebab keausan yaitu 120.
8. Tentukan kategori utama berdasarkan nilai RPN. Misalnya, "Rendah". Sesuai dengan kategori yang sudah diberikan pada Tabel 4.16.

PLAGIAT MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

Berikut ini adalah tabel hasil lembar kerja metode FMEA:

Tabel 4.17 Lembar Kerja FMEA

Sebelum dilakukan penanganan								Setelah dilakukan penanganan (Menunjukkan nilai residu)					
Komponen	Penyebab keausan	Dampak keausan	Kategori keparahan (S)	Kategori kemungkinan terjadinya (O)	Kategori kemungkinan kegagalan deteksi (D)	Angka prioritas risiko (RPN)	Kategori peringkat kekritisan	Rekomendasi perbaikan	S	O	D	RPN	Kategori kekritisan
<i>Idler</i>	Keausan pada permukaan <i>idler</i> yang disebabkan oleh gesekan berulang antara permukaan <i>idler</i> dan permukaan tanah atau medan yang dilalui.	Keausan ini bisa menyebabkan hilangnya materi dari permukaan <i>idler</i> dan mempengaruhi kinerja serta stabilitas komponen ini.	5	8	3	120	Rendah	Pastikan pelumasan <i>idler</i> dilakukan secara teratur dan efisien. Pelumasan yang baik dapat mengurangi gesekan dan keausan. Gunakan pelumas yang sesuai dan ikuti jadwal pelumasan yang direkomendasikan.	5	4	3	60	Rendah

PLAGIAT MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

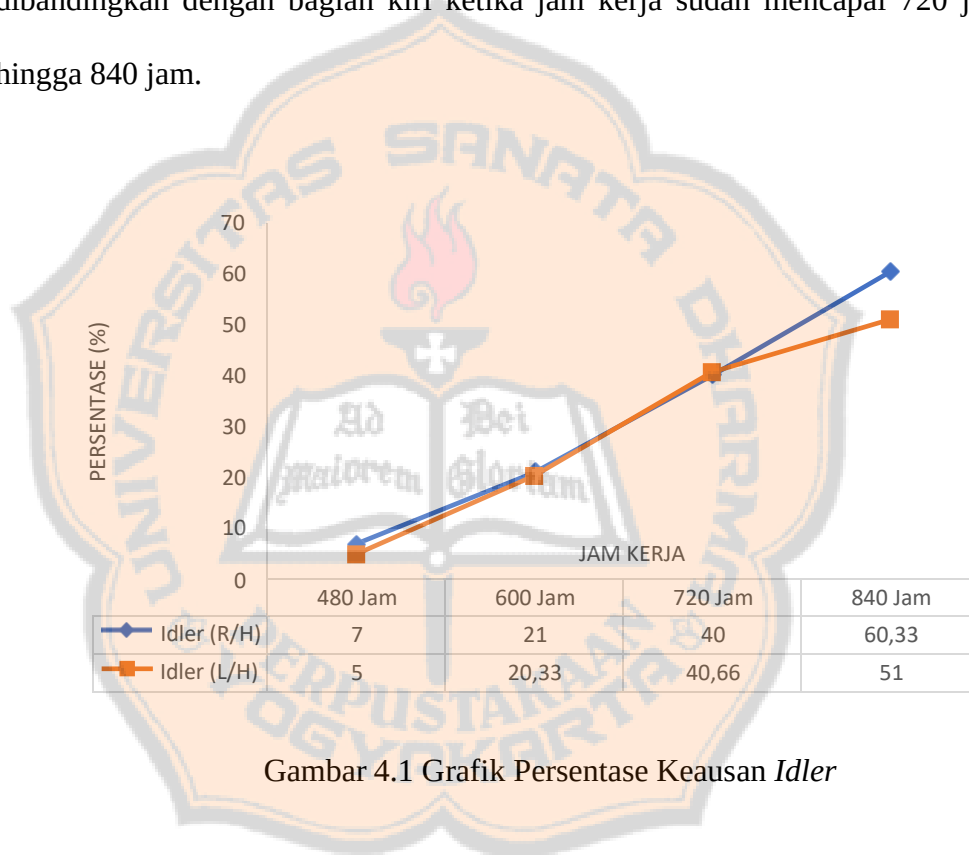
<i>Sprocket</i>	Keausan pada bagian tengah <i>sprocket</i> , yang mungkin kurang terlihat dibandingkan dengan gigi-gigi.	Keausan ini dapat mengakibatkan perubahan bentuk <i>sprocket</i> dan mempengaruhi pergerakan rantai di sekitarnya.	8	7	8	448	Sedang	Lakukan pembersihan rutin pada <i>sprocket</i> dan bagian tengahnya untuk menghilangkan kotoran atau material yang mungkin meningkatkan gesekan.	8	4	5	160	Rendah
<i>Track Link</i>	Keausan sisi terjadi saat <i>track link</i> mengalami gesekan atau tumpukan material yang tidak diinginkan selama kendaraan atau mesin berat dalam operasi	Ini dapat mengakibatkan aus pada sisi <i>track link</i> dan berdampak terhadap stabilitas dan kinerja <i>track link</i> .	6	7	7	294	Sedang	Lakukan perawatan rutin dan pembersihan berkala pada <i>track link</i> . Pembersihan rutin akan membantu mengurangi gesekan yang tidak perlu dan mencegah keausan sisi yang tidak diinginkan.	6	3	3	54	Rendah

4.5 Hasil dan Pembahasan

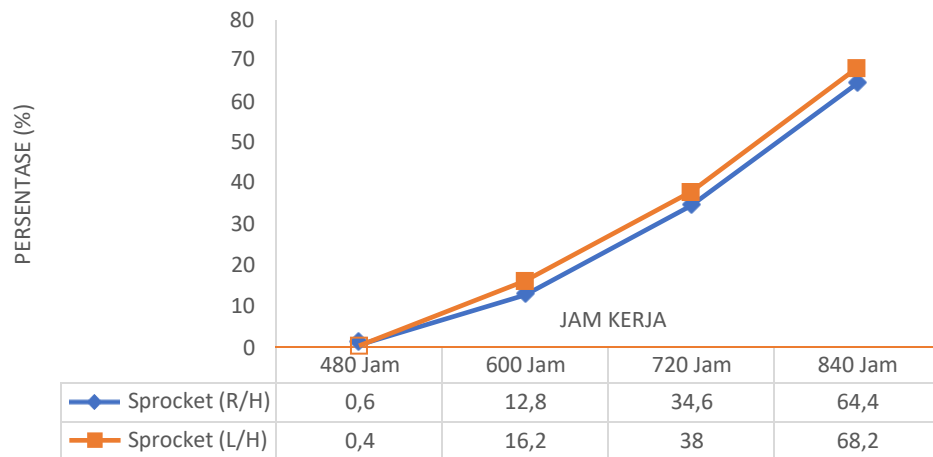
Gambar 4.1 memberikan gambaran mengenai kenaikan persentase keausan pada komponen *idler*. *Idler* bagian kanan memiliki persentase yang lebih tinggi dibandingkan *idler* bagian kiri di setiap titik waktu, meskipun selisihnya tidak terlalu besar di beberapa titik seperti pada jam kerja 720 jam. Pada komponen *idler* salah satu alasannya meningkatnya persentase keausan adalah penggunaan *excavator* di Sungai Serayu Opak lebih intensif atau sering pada satu sisi tertentu, misalnya, jika *excavator* menggali di satu arah tertentu. Menggali memang dilakukan oleh *bucket* atau *teeth bucket* pada *excavator*, tetapi peningkatan persentase keausan pada *idler* bisa terjadi karena beberapa alasan terkait dengan cara kerja. Salah satunya yaitu ketika *excavator* menggali ke satu arah tertentu lebih sering, distribusi beban pada *undercarriage* atau bagian bawah *excavator* termasuk *idler* menjadi tidak merata. Hal ini dapat menyebabkan keausan komponen tertentu seperti *idler*.

Hal yang sama juga terjadi pada *sprocket* yang disebabkan oleh pola operasional dan kondisi lingkungan kerja di Sungai Serayu Opak yang tidak merata antara kedua sisi. Pada Gambar 4.2 menunjukkan kenaikan persentase keausan dari 480 jam ke 840 jam, berbeda dengan *idler*, *sprocket* bagian kiri memiliki persentase yang sedikit lebih tinggi dibandingkan bagian kanan di beberapa titik, terutama pada 600 jam dan 840 jam. *Excavator* sering kali beroperasi dengan belokan yang sering dilakukan satu arah ke bagian sebelah kiri *excavator*, *sprocket* di sisi kiri akan mengalami beban lebih tinggi, menyebabkan keausan yang lebih cepat dibandingkan dengan sisi sebaliknya.

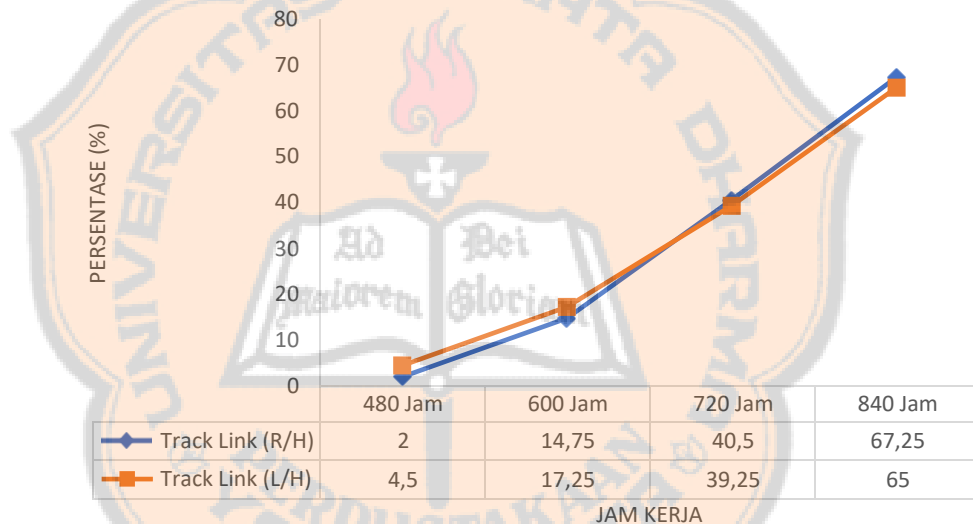
Sama dengan komponen *track link*, apabila *excavator* sering melakukan putaran atau perubahan arah yang lebih sering ke satu sisi, *track link* pada sisi tersebut dapat mengalami tekanan dan gesekan lebih besar, menyebabkan keausan lebih cepat dibandingkan dengan sisi lainnya yang mengalami beban lebih merata. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat kenaikan persentase keausan pada komponen *track link*, pada bagian kanan cenderung lebih tinggi keausannya dibandingkan dengan bagian kiri ketika jam kerja sudah mencapai 720 jam hingga 840 jam.



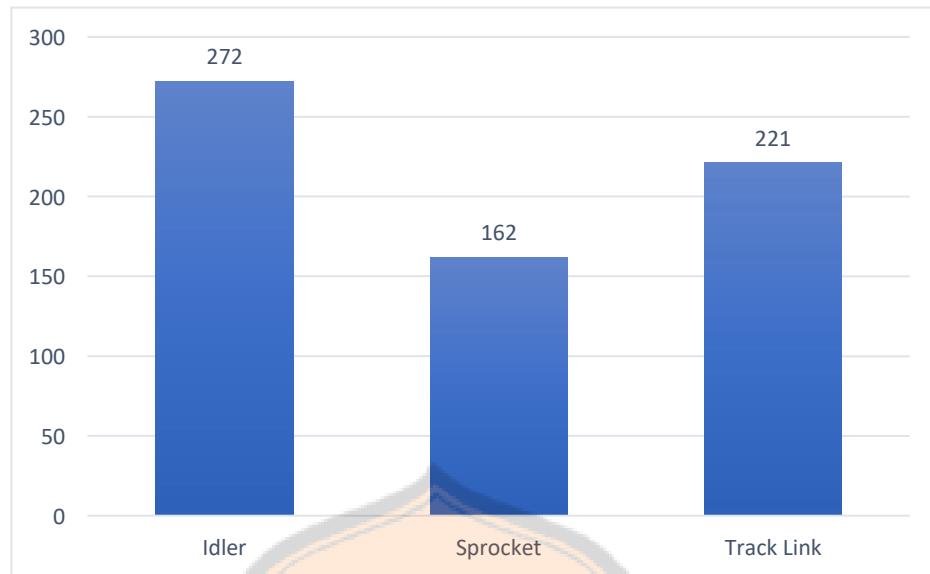
Gambar 4.1 Grafik Persentase Keausan *Idler*



Gambar 4.2 Grafik Persentase Keausan Sprocket

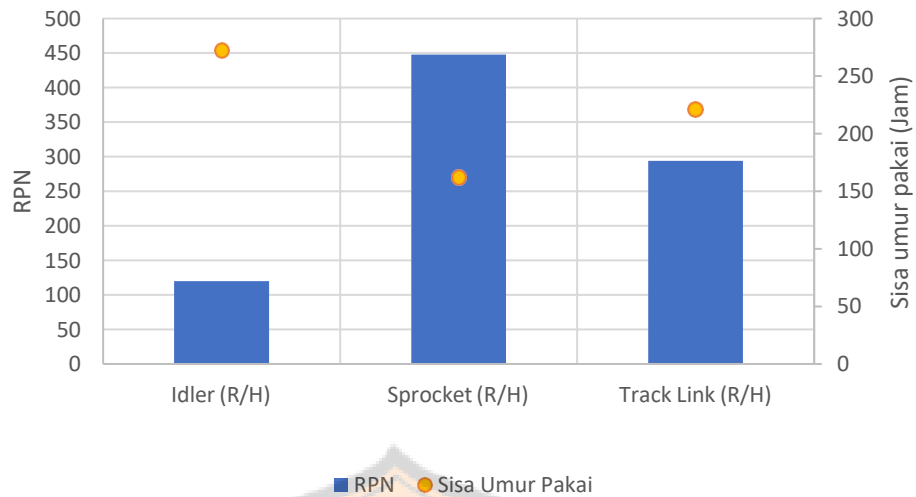


Gambar 4.3 Grafik Persentase Keausan Track link

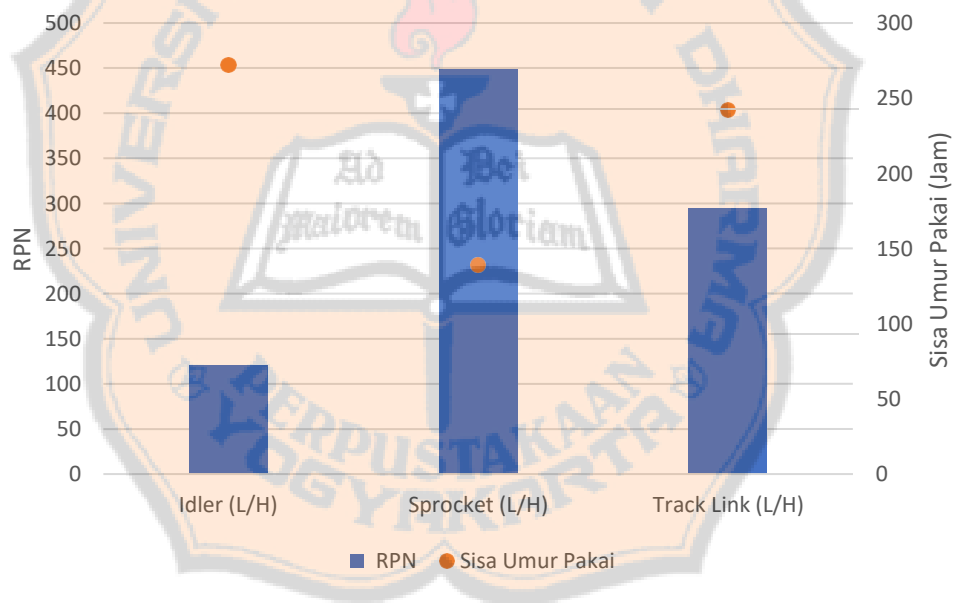


Gambar 4.4 Grafik Sisa Umur Pakai Bagian Kanan Setelah 840 Jam Kerja

Berdasarkan Gambar 4.4 *sprocket* memiliki sisa umur pakai yang lebih pendek dari *idler* dan *track link*. *Sprocket* mengalami tekanan dan gesekan yang lebih besar karena bertanggung jawab untuk menggerakkan rantai. Tekanan dan gesekan yang berulang-ulang ini dapat menyebabkan keausan pada permukaan gigi *sprocket* sehingga menyebabkan sisa umur pakainya lebih pendek dibandingkan dengan pada *idler* dan *track link*.



Gambar 4.5 Perbandingan Nilai RPN dan Sisa Umur Pakai Setelah 840 Jam (R/H)



Gambar 4. 6 Perbandingan Nilai RPN dan Sisa Umur Pakai Setelah 840 Jam (L/H)

RPN digunakan untuk menentukan prioritas tindakan pemeliharaan atau perbaikan berdasarkan kategori kekritisannya dari kausan yang terjadi pada komponen. Sehingga pada penelitian ini RPN menjadi tolak ukur perbaikan setiap komponen sehingga dapat meningkatkan masa pemakaian dari komponen-komponen tersebut. Pada Gambar 4.5 dan 4.6 terlihat bahwa

sprocket memiliki nilai RPN yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain, dan memiliki sisa umur yang paling rendah dibandingkan dengan komponen lainnya. Apabila melihat kategori kekritisitas RPN, komponen *sprocket* memang berada pada kategori kekritisitas yang berarti merupakan komponen yang perbaikannya kritis sehingga memerlukan tindakan sesegera mungkin.

Oleh karena itu, prioritas penanganan¹ pada analisis FMEA ini yaitu terletak pada komponen *sprocket* karena berperan dalam mentransmisikan daya dari motor ke *track link*, maka setiap kegagalan pada *sprocket* dapat memiliki dampak serius pada kinerja keseluruhan *undercarriage*. Pada penelitian ini meskipun sudah menjadi prioritas utama perbaikan komponen, *sprocket* masih memiliki sisa umur pakai yang lebih pendek setelah 840 jam pemakaian dibandingkan dengan dua komponen lainnya.

Dilihat dari nilai RPN berdasarkan rekomendasi perbaikan yang diberikan kepada tim mekanik memang cenderung mengalami penurunan setelah dilakukan perbaikan tersebut. Meskipun menunjukkan residu pada setiap nilai parameternya, ternyata kondisi di lapangan tidak sesuai yang diharapkan. Hal ini dapat terjadi karena tindakan perbaikan yang diterapkan mungkin tidak sepenuhnya maksimal atau mungkin tidak menargetkan penyebab akar dari potensi keausan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian persentase keausan dan prediksi sisa umur pakai komponen *undercarriage excavator* Pindad SK-200 yang dianalisis menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil persentase keausan komponen *idler* pada jam kerja 840 mencapai 60,33% baik untuk bagian kiri ataupun bagian kanan. Sedangkan untuk komponen *sprocket* pada jam kerja 840 mengalami keausan sebesar 64,4% untuk bagian kanan dan 68,2% untuk bagian kiri. Pada komponen *track link* mencapai persentase keausan sebesar 67,25% untuk bagian kanan dan 65% untuk bagian kiri pada jam kerja 840 jam.
2. Sisa umur pakai pada komponen *idler* ketika sudah melewati jam kerja selama 840 jam yaitu tersisa 272 jam baik untuk bagian kanan maupun bagian kiri. Sedangkan pada komponen *sprocket* memiliki sisa umur pakai selama 162 jam untuk bagian kanan dan 139 untuk bagian kiri ketika sudah melewati jam kerja selama 840 jam. Komponen *track link* memiliki sisa umur pakai selama 221 jam untuk bagian kanan dan 242 untuk bagian kiri pada jam kerja 840 jam.
3. Hasil RPN yang dihasilkan dari analisis FMEA untuk komponen *idler* memiliki hasil RPN sebesar 120, sedangkan *sprocket* sebesar 448 dan *track link* sebesar 294.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S., & Baharrudin, R. (2019). Koreksi Nilai Kostanta “K” Dalam Perhitungan Usia Papaki Komponen *Undercarriage* Komatsu D375A-5. *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 36-42.
- Alijoyo, A., Wijaya, B., & Jacob, I. (2018). Failure Mode Effect Analysis. *CRMS Indonesia*.
- Ama, S. V. (2020). Analisa Kerusakan Komponen *Undercarriage* Excavator PC 200 Hyundai Dengan Metode FMEA. *Skripsi, Universitas Sanata Dharma*.
- Fitch, E. (1992). *Proactive Maintenance for Mechanical Systems*. Abingdon: Elsevier Science Publisher Ltd, England.
- Hamzeh, S., & Saeed, R. (2023). Chapter 7: Smart Failure Mode and Effects Analysis. In *Advances in Reliability, Failure and Risk Analysis* (pp. 151-176). Springer.
- Hanif, R. Y., Rukmi, H. S., & Susanty, S. (2015). Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury Di Pt. X Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 137-147.
- Iskandar, Ismy, S. A., Sariyusda, Darmein, & Zaini. (2021). Analisa Kerusakan Hidrolik Boom Cylinder Excavator Komatsu PC 200-8 Dengan Menggunakan Metode FMEA. *Jurnal Mesin Sains Terapan Vol. 5 No. 1*, 8-11.
- Iswara, Y. (2021). Analisa Kerusakan Pompa Roda Gigi Pada Unit Excavator Komatsu PC50CU-2E. *Skripsi, Universitas Sanata Dharma*.
- Maulana, I., Ibrahim, A., & Darmein. (2017). Analisa Kerusakan Komponen *Undercarriage* Excavator Hitachi EX200 Pada PT. Takabeya Perkasa Group Dengan Metode FMEA. *Jurnal Mesin Sains Terapan Vol.1 No.1*, 32-37.
- Putra, Raditya. (2018). Analisis Penurunan Performa Pada Boiler Feed Pump Sebagai Langkah Reactive Maintenance Di PT PJB UP Gresik. *Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Praditya, M. T. (2021). Analisa Keausan dan Umur Pakai *Undercarriage* Excavator PC 200-2 Komatsu Pada Komponen Track Shoe, Track Roller dan Carrier Roller Dengan Diagram Fishbone. *Skripsi, Universitas Sanata Dharma*.
- Sambuari, M. D., & Sidabutar, S. N. (2017). Analisa Umur Pakai Idler Baru Dan Idler Rekondisi Unit CAT D7G. *Transmisi*, 103-112.
- Tractors, U. (2012). *Final Drive and Undercarriage*. Jakarta: PT. United Tractors. TBK.

Yogisworo, N., & Dzulfikar, M. (2021). Analisis Keausan Track Roller Dan Carrier Roller Excavator Komatsu PC 200-8. *Prosiding SNST ke-11 Tahun 2021*, 13-19.

