

ANALISIS PRODUKTIVITAS DAN PERAWATAN ALAT BERAT *WHEEL LOADER* DENGAN METODE *AGE REPLACEMENT* DAN METODE GARIS LURUS (Studi Kasus PT. Rachmat Kelantan Sakti)

*M. Yazid Ridho*¹⁷, *Hermanto Emzed*¹⁸, *Tolu Tamalika*¹⁹, *Nefo Alamsyah*²⁰

Email Korespondensi: Tolu.Tamalika@univ-tridinanti.ac.id

Abstrak: PT Rachmat Kelantan Sakti (RKS) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyewaan alat-alat berat untuk *oil & gas operation* seperti *vacuum truck*, *crane*, *trailer* dan peralatan-peralatan berat lainnya yang digunakan di dalam kegiatan *drilling* maupun pelayanan operasi dan telah berpengalaman dalam melayani beberapa kartu pengawasan yang berada di Sumatera Selatan. sehingga kegiatan perawatan dan pemeliharaan perlu dilakukan dengan baik dan dijadwalkan agar tidak mengganggu kegiatan produksi yang sedang berlangsung. Metode *Age Replacement* sangat cocok untuk diterapkan karena dengan perhitungan menggunakan Metode waktu *Age Replacement* perusahaan dapat menentukan interval waktu pada komponen yang kritis. Metode yang digunakan untuk analisa data adalah Metode *Age Replacement* dan Metode Garis Lurus digunakan dengan alasan untuk mempermudah untuk menghitung interval waktu penggantian pencegahan dan menghitung nilai *Mean Time To Failure* (MTTF), kemudian dilakukan pengolahan data untuk mengidentifikasi umur dari alat berat *wheel loader* dan untuk menilai produktifitas umur pakai alat berat *wheel loader* tersebut. Dengan demikian dapat diperoleh bahwa alat berat *wheel loader* tersebut layak atau tidak layak untuk digunakan.

Kata kunci: *age replacement*, *wheel loader* dan metode garis lurus

Abstract: PT Rachmat Kelantan Sakti (RKS) is a company that operates in the field of renting heavy equipment for oil & gas operations such as vacuum trucks, cranes, trailers and other heavy equipment used in drilling activities and operational services and has experience in serving several monitoring cards are located in South Sumatra. so care and maintenance activities need to be carried out properly and scheduled so as not to disrupt ongoing production activities. The Age Replacement method is very suitable to be applied because by calculating using the Age Replacement time method the company can determine the time interval for critical components. The methods used for data analysis are the Age Replacement Method and the Straight Line Depreciation Method which are used for the reason of making it easier to calculate preventive replacement time intervals and calculate the Mean Time To Failure (MTTF) value, then data processing is carried out to identify the age of the wheel loader heavy equipment and to assess the productivity of the wheel loader's service life. In this way, it can be seen whether the wheel loader heavy equipment is suitable or not suitable for use

Keyword: *age replacement*, *wheel loader* and straight line method

¹⁷ Alumni Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.

^{18,19} Dosen Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.

²⁰ Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.

PENDAHULUAN

Memilih alat berat yang tepat sangat krusial dalam suatu produksi kinerja peralatan berat dianggap unggul apabila mampu menghasilkan produksi yang maksimum. Oleh karena itu, pemilihan alat berat yang tepat menjadi factor penting dalam mencapai keberhasilan pada proyek atau perusahaan PT.Rachmat Kelantan Sakti (RKS) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang

penyewaan alat-alat berat untuk *oil & gas operation* seperti *vacuum truck*, *crane*, *trailer* dan peralatan-peralatan berat lainnya yang digunakan di dalam kegiatan *drilling* maupun pelayanan operasi dan telah berpengalaman dalam melayani beberapa kartu pengawasan yang berada di Sumatera Selatan.. Dalam melayani konsumennya PT. Rachmat Kelantan Sakti menggunakan peralatan berupa *heavy equipment* dari berbagai jenis yang sangat canggih dan handal , dimana dalam

penggunaannya setiap alat harus dirawat dengan baik agar umur dan kehandalan dari alat tersebut dapat bertahan lebih lama. Untuk itu, perlu dilakukan manajemen perawatan yang baik pada setiap alat melalui penjadwalan perawatan alat sesuai dengan jam operasi dari alat dari alat tersebut atau biasa dikenal dengan istilah *preventive maintenance*. *preventive maintenance* bertujuan untuk mencegah kerusakan. Dalam melayani konsumennya PT.Rachmat Kelantan Sakti menggunakan peralatan berupa *heavy equipment* dari berbagai jenis yang sangat canggih dan handal, dimana dalam penggunaannya setiap alat harus dirawat dengan baik agar umur dan kehandalan dari alat tersebut dapat bertahan lebih lama. Untuk itu, perlu dilakukan manajemen perawatan yang baik pada setiap alat melalui penjadwalan perawatan alat sesuai dengan jam operasi dari alat tersebut atau biasa dikenal dengan istilah *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* bertujuan untuk mencegah kerusakan mesin yang bersifat mendadak, meningkatkan *reliability*, dan dapat mengurangi *downtime*.

Alat berat (*heavy equipment*) yang akan dalam penelitian ini berupa *wheel loader*, *Wheel loader* merupakan jenis traktor yang dilengkapi dengan roda dan bucket untuk menggali, membawa, dan serta memuat material pada proyek tertentu. *wheel loader* dapat bekerja dengan kemampuan yang lebih besar dan sangat efisien digunakan pada sektor-sektor seperti pertambangan dan pembangunan infrastruktur kota.

Apabila *wheel loader* beroperasi dengan tingkat kemampuan yang tinggi, maka dibutuhkan torsi yang sangat besar agar mesin dapat bekerja dengan tenaga yang cukup besar. Torsi yang besar tersebut kemudian disalurkan ke *final drive* pada keempat roda dan sistem hidrolik pada *wheel loader*.

Kerusakan pada *wheel loader* dapat menyebabkan penurunan kemampuan, performa yang tidak stabil, dan bahkan menghentikan unit untuk beroperasi sesuai kebutuhannya. Hal tersebut juga membuat umur pakai dari alat berat itu semakin menurun produktifitasnya. Oleh karena itu, penulis menganalisis perawatan mesin *wheel loader* agar dapat menstabilkan performa mesin dan mengurangi resiko terjadinya kerusakan dan menghitung umur

pakai alat berat tersebut apakah masih layak atau tidak untuk beroperasi.

TINJAUAN PUSTAKA

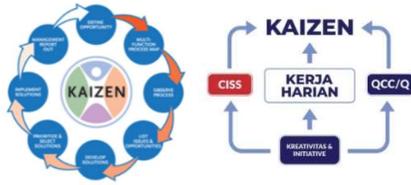
Aktivitas pemeliharaan dalam sebuah perusahaan sangat diperlukan sehubungan dengan adanya umur pergantian (*useful life*) yang dimiliki oleh setiap peralatan yang suatu saat dapat mengalami kegagalan atau kerusakan (*failure*). Peningkatan umur penggunaan peralatan biasanya dilakukan dengan cara melakukan perawatan (*maintenance*) pada peralatan tersebut.

Perawatan merupakan sebuah langkah pencegahan yang bertujuan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan biaya perawatan. (Yaqin et al,2020).

Jenis-jenis Perawatan atau Maintenance

Ada beberapa jenis-jenis perawatan menurut Djunaidi & Mila (2013) :

1. *Breakdown Maintenance*: Perawatan yang dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan.
2. *Preventive Maintenance*: Perawatan yang dilakukan dengan menentukan schedule perawatan atau penggantian terhadap part
3. *Predictive Maintenance*: Perawatan dengan cara memprediksi sisa umur part. Dengan menggunakan alat diagnostik untuk memperoleh data trend hasil pengukuran sebagai bahan analisa.
4. *Corrective Maintenance*: Perawatan yang ditujukan untuk melakukan KAIZEN yang berkaitan dengan perawatan mesin. KAIZEN dapat diartikan sebagai untuk perbaikan, perubahan menjadi lebih baik, atau perbaikan berkelanjutan. Kaizen adalah suatu metode praktis yang berfokus pada tindakan perbaikan menuju ke arah yang lebih baik dari sebelumnya dalam menjalankan proses operasional di bidang manufaktur,engineering, *development* maupun *bussiness management*.



Gambar 1. Metode Kaizen

Metode Age Replacement

Age replacement ialah suatu model pergantian dimana interval waktu pergantian komponen dilakukan dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dapat menghindari terjadinya pergantian peralatan yang masih baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relatif singkat (Khairul dkk, 2012)

Metode-metode Depresiasi

Banyak metode yang bias dipakai untuk menentukan beban depresiasi tahunan dari suatu aset. Diantara metode-metode tersebut, yang sering dipakai adalah :

1. Metode garis lurus (*Staright line* atau SL)
2. Metode jumlah digit tahun (sum of yers digit atau SOTD)
3. Metode keseimbangan menurun (declining balance atau DB)
4. Metode dana sinking (sinking fund atau SF)
5. Metode unit produksi (production unit atau UP)

Metode Garis Lurus (*Straight Line/SL*) adalah metode yang mengakibatkan nilai buku suatu aset menurun dengan kecepatan tetap. Metode garis lurus didasarkan atas asumsi bahwa berkurangnya nilai suatu aset secara linier (proporsional) terhadap waktu atau umur dari aset tersebut.

Metode depresiasi garis lurus didasarkan atas asumsi bahwa berkurangnya nilai suatu aset secara linier (proporsional) terhadap waktu atau umur dari aset tersebut. Besarnya depresiasi tiap tahun dengan metode SL dihitung berdasarkan (Pujawan, 2013)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara observasi langsung di PT Rachmat Kelantan Sakti yang berlokasi di Jl. Demang Lebar Daun No. 4273 Palembang Sumatera Selatan. Metode

yang digunakan untuk analisa data adalah Metode *Age Replacement* dan Metode Garis Lurus digunakan dengan alasan untuk mempermudah untuk Menghitung *interval* waktu penggantian pencegahan dan menghitung nilai *Mean Time To Failure* (MTTF), kemudian dilakukan pengolahan data untuk mengidentifikasi umur dari alat berat *wheel loader* dan untuk menilai *produktifitas* umur pakai alat berat *wheel loader* tersebut. Dengan demikian dapat diperoleh bahwa alat berat *wheel loader* tersebut layak atau tidak layak untuk digunakan.

Tahap Identifikasi

Tahap ini bertujuan untuk mempersentasikan latar belakang masalah, merumuskan masalah yang hendak dijadikan bahan penelitian, menetapkan tujuan, serta menentukan asumsi dan batasan dari penelitian (Abbas,2020), adapun penjelasannya sebagai berikut :

- a. Perumusan masalah dilakukan sebelum melakukan penelitian karena berkaitan dengan penentuan tujuan dan arah dari penelitian secara keseluruhan. Rumusan masalah yang didapat adalah mengamati faktor kritis yang bermasalah dalam mempengaruhi performa produksi.
- b. Penentuan tujuan penelitian, merupakan bentuk dari permasalahan yang telah diidentifikasi dalam perumusan masalah.
- c. Studi lapangan, beberapa survey langsung yang berguna untuk melihat keadaan objek penelitian sebelum melakukan tahap lebih lanjut. Objek tersebut bisa berupa tempat, manusia maupun literature (tulisan).

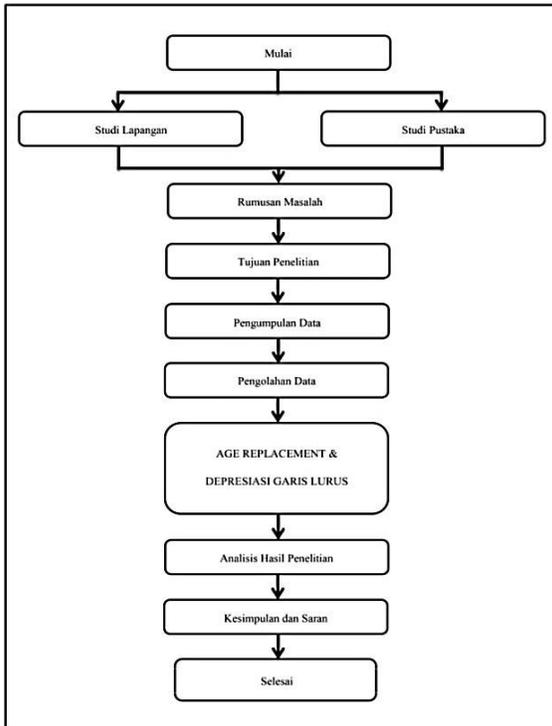
ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

Sejarah Umum Perusahaan

PT Rachmat Kelantan Sakti (RKS) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyewaan alat-alat berat untuk *oil & gas operation* seperti *vacuum truck, crane, trailer* dan peralatan-peralatan berat lainnya yang digunakan di dalam kegiatan drilling maupun pelayanan operasi dan telah berpengalaman dalam melayani beberapa kartu pengawasan yang berada di Sumatera Selatan.

Pengujian distribusi data waktu antar kerusakan (*time for failure/TF*) data waktu perbaikan (*time to repair/Tr*). Data waktu antar

kerusakan pertama dengan kerusakan berikutnya, sedangkan data waktu perbaikan didapat dengan menghitung lamanya waktu perbaikan saat kerusakan terjadi. Model dari suatu probabilitas kerusakan suatu alat dapat dicocokkan dengan distribusi statistic. Dalam analisa keandalan ada beberapa distribusi statistic yang umum digunakan, distribusi yang digunakan tergantung pada karakter kerusakan yang terjadi jika laju kerusakannya meningkat seiring dengan bertambahnya umur dari system, maka distribusi yang digunakan adalah distribusi normal dan weibull. Berikut urutan data antar kerusakan mesin :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

**Analisa Dan Pengolahan Data
Sejarah Umum Perusahaan**

PT Rachmat Kelantan Sakti (RKS) merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyewaan alat-alat berat untuk oil & gas operation seperti vacuum truck, crane, trailler dan peralatan-peralatan berat lainnya yang digunakan di dalam kegiatan *drilling* maupun pelayanan operasi dan telah berpengalaman dalam melayani beberapa kartu pengawasan yang berada di Sumatera Selatan.

Pengumpulan Data

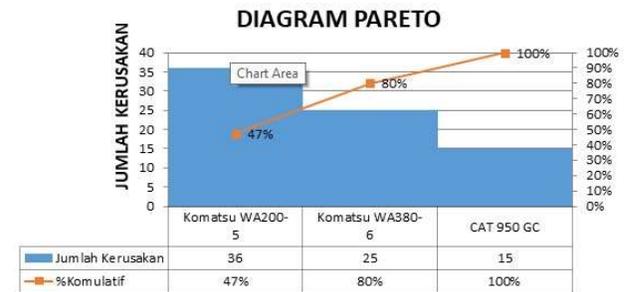
Pada penelitian ini hanya dilakukan pada alat berat Wheel Loader di PT. Rachmat

Kelantan Sakti dengan merk Caterpillar yang berjumlah 1 unit dan Merk Komatsu yang berjumlah 2 unit. Distribusi kerusakan yang dipilih untuk permasalahan pemeliharaan pencegahan yaitu distribusi normal. Agar penelitian lebih mengerucut maka akan dijabarkan data waktu antar kerusakan tiap jenis Wheel Loader dan akan diteliti lebih lanjut pada jenis alat berat Wheel Loader dengan tingkat kerusakan paling tinggi.

Tabel 1. Data Kerusakan Kendaraan

No	Jenis <i>Wheel Loader</i>	Jumlah Kerusakan
1	Komatsu WA200-5	36
2	Komatsu WA380z-6	25
3	CAT 950 GC	15
Total		76

Pada keterangan Tabel diatas maka dapat dilihat komponen kritis dari mesin yang paling sering terjadinya perawatan komponen dalam waktu 1 tahun adalah dapat dilihat dengan menggunakan diagram pareto sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram Pareto Jumlah Kerusakan

Tabel 2. Analisis Jenis Kerusakan (kritis)

Kerusakan	Jumlah	Persentase	Persentase Kumulatif
<i>System Hidraulik</i>	19	25%	25%
<i>Engine</i>	17	22%	47%
<i>Differential and Transmision</i>	15	20%	67%
<i>Circle Drive</i>	12	16%	83%
<i>Brake System</i>	8	11%	93%

Electrical System	5	7%	100%
Total	76	100%	

Dari analisis pada gambar diagram pareto Jenis Wheel Loader yang sering terjadinya kerusakan yaitu **Komatsu WA200-5** dan jenis kerusakan yang paling kritis adalah **System Hidraulik**.

Penentuan Distribusi Data

Pengujian distribusi data waktu antar kerusakan (*time for failure/TF*) data waktu perbaikan (*time to repair/Tr*). Data waktu antar kerusakan pertama dengan kerusakan berikutnya, sedangkan data waktu perbaikan didapat dengan menghitung lamanya waktu perbaikan saat kerusakan terjadi.

Model dari suatu probabilitas kerusakan suatu alat dapat dicocokkan dengan distribusi statistic. Dalam analisa keandalan ada beberapa distribusi statistic yang umum digunakan, distribusi yang digunakan tergantung pada karakter kerusakan yang terjadi jika laju kerusakannya meningkat seiring dengan bertambahnya umur dari system, maka distribusi yang digunakan adalah distribusi normal dan weibull. Berikut urutan data antar kerusakan mesin :

Hasil dari perhitungan fungsi padat probabilitas dimana fungsi padat probabilitas tersebut merupakan peluang suatu komponen, setelah dari perhitungan probabilitasnya maka didapatlah nilai peluang yang tinggi yaitu terjadi pada interval hari ke 25 dengan nilai 9,509. Hasil dari perhitungan probabilitas diatas dapat dilihat pada tabel 4.

Pembutan Jadwal Perawatan Pencegahan

Data Jam Kerja :

Jam kerja dalam satu hari : 8 jam

Dalam satu tahun : 23 hari x 12 bulan = 276 hari. Dalam 276 hari 276 hari x 8 jam = 2.208 jam

Waktu Perawatan Usulan : 25 Hari= 25 hari x 8 jam = 200 jam

a. Jadwal Perawatan Untuk System Hidraulik

Penjadwalan waktu perawatan untuk System Hidraulik yang harus dilakukan perusahaan selama periode satu tahun - berdasarkan waktu perawatan usulan setiap - 200 jam adalah : $2.208 : 200 = 11,08 = 11$ - kali/tahun. Dapat dilihat pada table 4.

Tabel 3. Usulan Jadwal Perawatan System Hidraulik

No	Bulan	Komponen Perbaikan	Interval Perawatan (Jam)
1	30 Oktober 2023	System Hidraulik	200
2	28 November 2023	System Hidraulik	400
3	02 Januari 2024	System Hidraulik	600
4	01 Februari 2024	System Hidraulik	800
5	02 Maret 2024	System Hidraulik	1.000
6	02 April 2024	System Hidraulik	1.200
7	02 Mei 2024	System Hidraulik	1.400
8	03 Juni 2024	System Hidraulik	1.600
9	03 Juli 2024	System Hidraulik	1.800
10	02 Agustus 2024	System Hidraulik	2.000
11	03 September 2024	System Hidraulik	2.200

Tabel 4. Fungsi Padat Probabilitas

Interval (Tp)/Hari	Fungsi Padat Probabilitas	Interval (Tp)/Hari	Fungsi Padat Probabilitas
1	2,7808	16	5,611
2	0,819	17	1,299
3	0,376	18	4,687
4	0,269	19	2,640
5	0,301	20	2,319
6	0,525	21	3,175
7	1,429	22	6,778
8	6,054	23	2,260
9	3,994	24	1,173
10	4,127	25	9,509
11	6,639	26	1,202
12	1,664	27	2,368
13	6,509	28	7,283
14	3,975	29	3,493
15	3,781	30	2,611

Biaya Perawatan dan Pencegahan Metode Perusahaan

A. Perhitungan biaya setiap produksi

1) Gaji operator dan teknisi

Yaitu Rp. 9.000.000 per bulan, dikonversikan dalam biaya perjam sebesar :

Jumlah hari perbulan = 30 hari

Jumlah hari libur = 4 hari

Jam normal kerja = 8 jam kerja

Maka jika dikonversikan dalam jam adalah :

- = 30 hari – 4 hari libur
- = 26 hari
- = 26 x 8 jam
- = 208 jam

Jadi upah perbulan terdapat 208 jam kerja efektif sehingga biaya yang dibayar untuk operator dan teknisi sebesar :

$$= \frac{Rp.9.000.000}{208 \text{ jam}}$$

$$= Rp. 43.269,-\text{per jam}$$

2) Biaya komponen Rp. 15.000.000,-

Perhitungan Depresiasi/Penyusutan Alat Berat Wheel Loader dengan Metode Garis Lurus

Metode ini merupakan metode termudah dalam perhitungan depresiasi untuk alat berat.

Tabel 5. Data Alat Berat *Wheel Loader*

No	Jenis Wheel Loader	Tahun Pembelian	Nilai Aset (Rp)
1	Komatsu WA200-5	2015	1.845.000.000
2	Komatsu WA380-6	2015	2.350.000.000
3	CAT 950 GC	2016	2.418.000.000

1. Komatsu WA200-5

Harga Wheel Loader Komatsu WA200-5 adalah 1.845.000.000

Dengan umur ekonomis 10 tahun

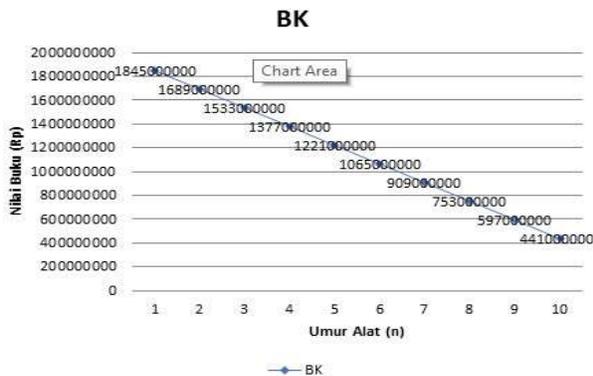
Nilai sisa menurut pengamat diperkirakan kondisi alat setelah 10 tahun pemakaian adalah sebesar Rp. 285.000.000

$$SLD = 1/N (I - S)$$

$$= 1/10(1.845.000.000-285.000.000)$$

$$= 1/10 (1.560.000.000)$$

$$= 165.000.000$$



Gambar 4. Kurva Depresiasi Wheel Loader Komatsu WA 200-5

2. Komatsu WA380z-6

Harga Wheel Loader Komatsu WA380z-6 adalah 2.350.000.000

Dengan umur ekonomis 10 tahun

Nilai sisa menurut pengamat diperkirakan kondisi alat setelah 10 tahun pemakaian adalah sebesar Rp. 590.000.000

$$SLD = 1/N (I - S) \quad (13)$$

$$= 1/10(2.350.000.000-590.000.000)$$

$$= 1/10 (1.760.000.000)$$

$$= 176.000.000$$

CAT 950 GC

Harga Wheel Loader CAT 950 GC adalah 2.418.000.000

Dengan umur ekonomis 10 tahun

Nilai sisa menurut pengamat diperkirakan kondisi alat setelah 10 tahun pemakaian adalah sebesar Rp. 580.000.000

$$SLD = 1/N (I - S) \quad (13)$$

$$= 1/10(2.418.000.000-580.000.000)$$

$$= 1/10 (1.838.000.000)$$

$$= 183.800.000$$

SIMPULAN

1. Dari hasil penelitian jenis alat berat *wheel loader* yang sering mengalami kerusakan di PT. Rachmat Kelantan Sakti untuk dilakukannya perawatan, agar tercapai minimalisasi biaya yaitu setiap 25 hari dengan tingkat probabilitas 9,509 total cost yang dikeluarkan adalah Rp. 21.063.459
2. Dari 3 jenis alat berat *wheel loader* di PT. Rachma Kelantan Sakti, jenis *wheel loader* yang sering mengalami kerusakan yaitu type Komatsu WA200-5 sebanyak 25 kerusakan.
3. Perencanaan jadwal perawatan pada alat berat *wheel loader* WA200-5 adalah :
 - a. Untuk Komponen *System Hidraulik* Didapatkan Interval waktu perawatan pencegahan untuk komponen System Hidraulik adalah setiap 200 jam sekali atau 11 kali/tahun.
4. Persentase penghematan biaya pemeliharaan dalam 1 tahun yaitu sebesar 18 % hemat Rp. 4.636.541.
5. Hasil dari perhitungan nilai depresiasi/peyusutan nilai aset alat berat *wheel loader* yang meliputi 3 type, dan didapat nilai sebagai berikut :

- a. *Wheel loader* Type Komatsu WA200-5, Nilai Produktivitas pada tahun ke 10 yaitu Rp.441.000.000 lebih besar dari depresiasi pertahun sebesar Rp. 165.000.000 dengan nilai sisa aset sebesar Rp. 184.000.000
- b. *Wheel loader* Type Komatsu WA380z-6, Nilai Produktivitas pada tahun ke 10 yaitu Rp.766.000.000 lebih besar dari depresiasi pertahun sebesar Rp. 176.000.000 dengan nilai sisa aset sebesar Rp. 509.000.000.
- c. *Wheel loader* Type Cat 950 GC, Nilai Produktivitas pada tahun ke 10 yaitu Rp.834.000.000 lebih besar dari depresiasi pertahun sebesar Rp. 183.800.000 dengan nilai sisa aset sebesar Rp. 577.000.000.

Saran

Dalam menjaga agar kondisi dari alat berat wheel loader terutama komponen yang menunjang proses kerjanya ,sebaiknya perusahaan melakukan perawatan terhadap komponen dari *wheel loader* Komatsu WA200-5 mengingat jumlah kerusakan lebih tinggi dari ketiga jenis wheel loader lainnya. Diharapkan agar perusahaan menjalankan jadwal perawatan dan penggantian usulan. Karena alat merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk menjaga kualitas produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif Budi Sulistyو dan Siti Havika Mutiawati (2021). Usulan Jadwal Preventive Maintenance komponen Ban pada Truk Tronton 20.000 KL Menggunakan Metode Age Replacement. Program Studi Tehnik Industri Universitas Banten Jaya.
- Dio A, Hermato dan Tamalika (2023). Penerapan Metode Age Replacement pada Usulan Jadwal Preventive Maintenance Mesin Dump Truck di PT. BSE Bayung Lencir. Universitas Tridinanti Palembang.
- Djunaidi & Mila (2013). Jenis-jenis perawatan.
- Firman Sri Bagaskara, Muhammad Rama Aditya, Dimas Aldyansyah, Dimas Maulana Aji, Felderico Andreas Sitanggung, M. Muhibbul Kahiri, Fajar Paundra (2023). Perawatan Mesin Alat Berat Wheel Loader PT.XYZ. Institute Teknologi Sumatera.
- Iriany Said dkk (2022). Produktivitas Alat Berat dengan Metode Garis Lurus pada
- Jaka dkk (2015). Siklus operasi pada model age replacement.
- Kurniawan, F (2013). Manajemen Perawatan Industri. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Praharsi (2015). Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance. Jurnal ilmiah teknik industri, Vol 14 No 01.
- Prawiro, Y (2015). Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis, Jurnal Teknik Industri, Vol 16. No 02.
- Proyek Pembangunan Stadion Bawela Tahap III Kota Sorong. Universitas Muslim Indonesia Kota Makassar.
- Pujawan, Y (2013) Ekonomi Teknik. Institute Teknologi Sepuluh Nopember: Guna Widya.
- Purnama, J (2015). Metode Age Replacement digunakan untuk menentukan interval waktu perawatan. Jurnal Institus Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Vidiasari, D (2015). Interval Waktu Perawatan Pencegahan Optimal Komponen Sistem, Jurnal Teknik Industri Itenas Bandung, Vol 03. No 01.
- Yaqin et al (2020). Definisi perawatan mesin.