

PENENTUAN UMUR DUMP TRUCK DENGAN METODE OPTIMAL REPLACEMENT INTERVAL DI CV. X

Yuli Setiawannie¹, Nita Marikena², Sindi Sania Putri³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama
¹setiawannie79@gmail.com, ²nitamarikena77@gmail.com, ³sindisania56@gmail.com

Abstrak

Setiap aset pada operasi kegiatan jasa, transportasi atau layanan tertentu akan mengalami pergantian dalam setiap kurun waktu. Penggantian dilakukan pada suatu aset rusak, biaya operasi terlalu tinggi, atau perubahan teknologi menyebabkan suatu peralatan tidak dapat digunakan lagi. CV. X adalah perusahaan bergerak di bidang jasa penyedia armada-armada pengangkutan, Salah satunya yaitu dump truck. Saat ini, perusahaan sering berhadapan dengan masalah penggantian yang kompleks dan hanya menerapkan metode depresiasi untuk menentukan umur dari peralatan-peralatan mereka. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan penentuan umur dump truck dengan optimal replacement interval dan mengetahui biaya pemakaian per jam yang dikeluarkan perusahaan pada umur penggantian optimal. Metode ini memakai biaya per jam sebagai basis untuk menentukan umur penggantian yang optimal. Data penelitian berupa data-data sekunder perusahaan yang terdiri dari data maintenance seperti data harga beli kendaraan, konsumsi bahan bakar, konsumsi pelumas, upah buruh, annual operating hours, productivity, rental rate, nilai interest rate, dan income tax rate. Parameter-parameter tersebut dalam interval 1000 jam. Hasil umur penggantian dump truck yang optimal berada di interval 30.000 jam – 40.000 jam atau 12 - 16 tahun. Biaya pemakaian per jam pada interval umur penggantian optimal dengan pendekatan productivity sebesar \$159,74 dan biaya pemakaian per jam dengan pendekatan rental rate sebesar \$104,64.

Kata Kunci: penggantian, optimal replacement interval, dump truck, rental rate, income rate

Abstract

Every asset in the operation of certain services, transportation or services will experience a change in each period of time. Replacement is made on an asset that is damaged, operating costs are too high, or a change in technology makes an equipment unusable. CV. X is a company engaged in providing services for transportation fleets, one of which is dump trucks. Today, companies are often faced with complex replacement problems and only apply the depreciation method to determine the life of their equipment. This study aims to propose determining the age of dump trucks with optimal replacement intervals and to find out the hourly usage costs incurred by the company at the optimal replacement age. This method uses the hourly cost as the basis for determining the optimal replacement life. The research data is in the form of secondary company data consisting of maintenance data such as vehicle purchase price data, fuel consumption, lubricant consumption, labor wages, annual operating hours, productivity, rental rate, interest rate value, and income tax rate. The parameters are in 1000 hour intervals. The optimal replacement life for dump trucks is in the interval of 30,000 hours – 40,000 hours or 12-16 years. The hourly usage cost at the optimal replacement life interval with the productivity approach is \$159.74 and the hourly usage cost with the rental rate approach is \$104.64.

Keywords: replacement, optimal replacement interval, dump truck, rental rate, income rate

1. PENDAHULUAN

Dengan adanya krisis ekonomi di masa pandemi ini menuntut perusahaan untuk memiliki keunggulan kompetitif dibandingkan para pesaingnya. Pengambilan keputusan yang tepat juga sangat dibutuhkan terutama dalam pengambilan keputusan investasi yang melibatkan sejumlah besar biaya. Setiap aset yang digunakan baik untuk operasi kegiatan jasa, transportasi atau yang memberikan layanan tertentu diganti dalam setiap kurun

waktu. Oleh karena itu, kebijakan sistem perawatan diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan (*availability*) fasilitas operasinya.

Kegiatan pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara, menjaga fasilitas atau peralatan melalui perbaikan, penyesuaian dan penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai yang telah direncanakan [1]. Salah satu bagian penting dalam pemeliharaan adalah kegiatan penggantian (*replacement*). Replacement bertujuan untuk

mengganti komponen-komponen yang tidak layak lagi beroperasi dengan komponen baru. Kegiatan penggantian ini dapat dilakukan berdasarkan interval waktu yang tetap dan ada juga dilakukan setelah terjadi kerusakan (*failure*) pada komponen. Kegiatan ini juga merupakan suatu strategi optimasi pemeliharaan yang dapat menyeimbangkan biaya kegagalan dalam waktu yang tidak terduga dan meminimalkan *downtime* dari sistem yang memburuk. Penentuan waktu penggantian optimal (OPT) dapat meminimalkan total *downtime* dan biaya kegagalan. Akibatnya, keandalan sistem dimaksimalkan dan estimasi juga menjadi lebih akurat karena pendekatan yang memadai [2].

CV. X merupakan perusahaan bergerak di bidang jasa yang menyediakan armada-armada pengangkutan. Salah satu armada tersebut yaitu *dump truck*, dan disewakan kepada beberapa pabrik yang memiliki kerjasama dengan perusahaan untuk mengangkut bahan-bahan baku. Perusahaan ini sering kali berhadapan dengan masalah penggantian (*replecement problem*) yang kompleks. Perusahaan belum menerapkan pendekatan sistematis untuk pengambilan keputusan penggantian, sehingga menimbulkan keraguan terhadap *replacement strategy* yang telah diterapkan selama ini. Saat ini, perusahaan selalu mengganti peralatan setelah peralatan-peralatan tersebut berumur 40.000 jam. Penentuan umur tersebut hanya dilakukan berdasarkan metode depresiasi. Dengan begitu, perusahaan mengalami kerugian seperti penurunan produktivitas, peningkatan *downtime*, serta biaya pengoperasian yang tinggi karena peralatan tersebut rusak atau tidak dapat dioperasikan. Permasalahan pada penelitian ini akan dibatasi untuk *dump truck* (DT H01), karena alat ini yang sering mengalami kerusakan.

Metode *optimal replacement interval* dikembangkan oleh *Sandvik Mining*. Salah satu keunggulannya yaitu metodologi ini menggunakan pendekatan biaya per jam untuk menentukan umur penggantian yang optimal. Metodologi ini dibuat berdasarkan konsep *life cycle cost analysis, theory of vehicle replacement, cost per ton trends dan equivalent annuity*. Parameter-parameter *input* dimasukkan dalam interval 1000 jam dan hasil yang diperoleh juga dalam jam. Dengan metodologi ini diharapkan akan diperoleh hasil yang lebih akurat.

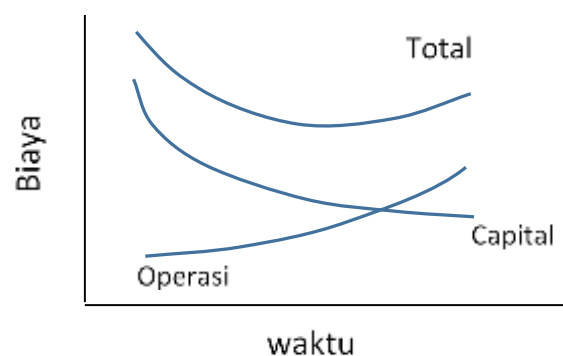
Penelitian-penelitian terdahulu juga menjadi acuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Artikel-artikel penelitian yang berkaitan dengan judul penelitian ini adalah Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Volpack Menggunakan Metode Age Replacement [1]. Penelitian tersebut menerapkan metode *age replacement* untuk menentukan interval waktu

penggantian komponen-komponen kritisnya yang dapat menurunkan *downtime* dan dapat menghemat biaya. Artikel lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini adalah Key Variable Affecting Decisions of Bus Replacement Age and Total Costs oleh Jesse Boudart and Miguel Figliozzi[3]. Objek penelitian tersebut yaitu armada bus dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pengurangan umur penggantian optimal armada bus dipengaruhi oleh kenaikan biaya utilitas dan bahan bakar, serta perubahan harga pembelian bus memiliki dampak yang signifikan terhadap usia penggantian yang optimal.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengusulkan penentuan umur *dump truck* dengan *optimal replacement interval* dan mengetahui penghematan biaya yang dikeluarkan.

2. METODE PENELITIAN

Penggantian kendaraan dan peralatan perlu dilakukan pada waktu yang berbeda sesuai dengan tipe kendaraan, intensitas pemakaian, dan beberapa faktor lain. Penggantian tepat waktu diperlukan untuk mengontrol *availability*, keamanan, reliabilitas, dan efisiensi kendaraan. Berdasarkan *Theory of Vehicle Replacement* bahwa kendaraan harus diganti ketika total biaya dari biaya kepemilikan dan biaya operasi berada pada titik minimum [4], [5].



Gambar 1. *Theory of Vehicle Replacement*

Penggantian kendaraan dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu depresiasi, biaya pemeliharaan, keusangan armada, biaya tersembunyi, usia kendaraan dan jarak tempuh. Penggantian dapat dilakukan bila kendaraan tidak efisien secara ekonomi atau ketika komponen aus sehingga biaya perawatan kendaraan yang sama akan terlalu tinggi [6].

Kebijakan penggantian dan perawatan dapat diklasifikasikan atas persoalan deterministik dan probabilistik (stokastik). Penggantian deterministik terjadi jika waktu dan hasil tindakan penggantian tersebut diasumsikan dapat diketahui dengan pasti. Penggantian

probabilistik terjadi jika waktu dan hasil tindakan penggantian komponen tidak dapat diketahui dengan pasti, tetapi bersifat “mungkin” tergantung pada kondisi tertentu [7].

Penelitian ini dilakukan di CV. X, dengan objek salah satu armada perusahaan yaitu dam truck (DT H01). Metodologi penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Observasi terhadap pemasalahan yang terjadi di perusahaan berkaitan dengan masalah penggantian yang semakin komplek.
2. Pengumpulan data. Data-data yang dikumpulkan ialah data-data sekunder dari perusahaan pada periode Januari-Desember tahun 2020 yang terdiri dari: data operasional yang berasal dari data biaya suku cadang, biaya bahan bakar, biaya pelumas, upah buruh *maintenance*, *annual operating hours*, *productivity*, *rental rate*, nilai *interest rate* dan *income tax rate*.
3. Pengolahan data, meliputi: jumlah *downtime*, *availability cost* dengan *cost productivity*, *availability cost* dengan *rental rate*, dan perhitungan biaya per jam.

Penentuan umur penggantian *dump truck* dengan metode *optimal replacement interval* yang perhitungannya menggunakan aplikasi MS. Excel serta menentukan biaya yang paling optimal dengan mengacu pada biaya per jam *dump truck*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data sekunder yang diperoleh dari perusahaan untuk periode Januari-Desember tahun 2020 melalui hasil observasi dan wawancara meliputi data-data biaya seperti suku cadang, biaya bahan bakar, biaya pelumas, dan upah buruh *maintenance* [8],[9] untuk operasional *dump truck* yang digunakan dalam penentuan umur penggantian armada *dump truck* sebagai berikut:

Tabel 1. Data-Data Biaya Operasional *Dump Truck*

Interval Umur (jam)	Suku Cadang	Bahan Bakar	Pelumas	Buruh <i>Maintenance</i>
1000	\$7,047	\$95,378	\$74,92	\$13,2
2000	\$11,780	\$91,824	\$138,71	\$230,1
3000	\$3,323	\$95,526	\$97,00	\$1.177,7
4000	\$2,980	\$88,343	\$119,49	\$269,1
5000	\$4,458	\$90,436	\$69,79	\$387,2
6000	\$3,767	\$89,638	\$182,40	\$179,1
7000	\$1,636	\$87,486	\$135,65	\$422,8
8000	\$7,228	\$91,895	\$197,28	\$1.041,9
9000	\$3,759	\$86,725	\$133,26	\$1.382,5
10000	\$12,864	\$84,502	\$36,82	\$997,5
11000	\$7,139	\$85,306	\$49,12	\$1.495,6
12000	\$10,820	\$90,648	\$151,23	\$1.932,9
13000	\$7,811	\$91,883	\$241,66	\$1.577,8
14000	\$23,298	\$95,190	\$198,63	\$2.551,7
15000	\$4,311	\$91,295	\$214,61	\$1.528,1
16000	\$9,683	\$91,557	\$248,69	\$3.198,8
17000	\$7,891	\$88,275	\$151,42	\$2.930,6
18000	\$3,778	\$87,990	\$151,23	\$3.168,9
19000	\$16,884	\$85,715	\$241,66	\$6.819,1

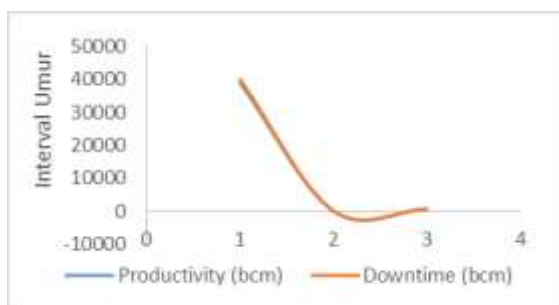
20000	\$1,957	\$86,498	\$198,63	\$1.763,5
21000	\$19,633	\$84,878	\$142,13	\$3.579,2
22000	\$1,943	\$89,757	\$248,69	\$1.297,8
23000	\$5,951	\$86,005	\$202,57	\$2.555,7
24000	\$7,716	\$85,917	\$83,35	\$4.297,3
25000	\$6,083	\$86,674	\$292,09	\$1.908,1
26000	\$9,318	\$84,966	\$118,85	\$2.665,2
27000	\$9,366	\$86,260	\$254,94	\$2.029,1
28000	\$4,577	\$85,134	\$199,98	\$1.173,3
29000	\$11,753	\$84,934	\$410,98	\$2.340,6
30000	\$7,621	\$90,087	\$106,37	\$2.042,9
31000	\$13,756	\$91,856	\$335,39	\$3.042,2
32000	\$4,885	\$90,582	\$199,70	\$2.438,5
33000	\$9,127	\$92,523	\$269,95	\$2.573,7
34000	\$10,107	\$93,081	\$197,22	\$2.934,0
35000	\$10,422	\$94,041	\$396,36	\$2.562,8
36000	\$9,812	\$92,113	\$237,11	\$2.906,7
37000	\$9,879	\$93,897	\$284,90	\$2.821,5
38000	\$8,924	\$96,950	\$313,99	\$2.937,8
39000	\$15,086	\$99,160	\$286,18	\$3.085,7
40000	\$9,415	\$101,942	\$254,09	\$2.971,7

Tahap pengolahan data dimulai dengan menghitung Tahap jumlah waktu *downtime* dan *productivity*. Hasil perhitungan terhadap kedua parameter tersebut dalam interval waktu 1000 jam akan digunakan untuk menentukan nilai *availability cost*. Jumlah waktu *downtime* diperoleh dengan menjumlahkan data-data *actual duration hours* untuk tiap 1000 jam tanpa memasukkan data-data kegiatan pemeliharaan preventif. Sedangkan untuk perhitungan *productivity* diperoleh dengan merata-ratakan *productivity* per jam untuk tiap bulannya. *Productivity* ini mewakili *overburden* yang dapat diangkut/dihasilkan oleh *dump truck*, dalam hal ini sebesar \$2/bcm. Hasil perhitungan jumlah waktu *downtime* dan *productivity* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Jumlah Waktu *Downtime* dan *Productivity*

Interval Umur (jam)	<i>Downtime</i> (bcm)	<i>Productivity</i> (bcm)
1000	0,6	881,8
2000	9,6	892,6
3000	53,5	808,3
4000	12,2	665,7
5000	2,6	552,8
6000	8,1	652,1
7000	11	713,1
8000	12,1	745,8
9000	52,6	729,4
10000	9	491,2
11000	25,5	797,7
12000	26,7	804,5
13000	34,7	687,5
14000	45	578,7
15000	29,4	505,4
16000	66,1	585,6
17000	56,4	746,1
18000	62,5	753,9
19000	123,3	715,5
20000	20,2	711,1
21000	100,6	725
22000	41,5	713,1
23000	74,8	649,8
24000	188,4	757,8
25000	49,8	755,7
26000	71,3	738,2
27000	25,6	752,7
28000	32,5	806,8
29000	70,6	522,9
30000	77,5	686,7
31000	109,8	736,2
32000	102,2	740,7
33000	94,5	758,1
34000	116,8	784,9
35000	89,1	704,3
36000	111,4	758,1
37000	103,7	784,9
38000	116	704,3
39000	128,3	758,1
40000	120,6	784,9

Gambar 2 memperlihatkan jumlah waktu *downtime* dan *productivity* perusahaan pada interval waktu 1.000 jam – 40.000 jam dengan lebih jelas.



Gambar 2. Jumlah Waktu Downtime dan Productivity

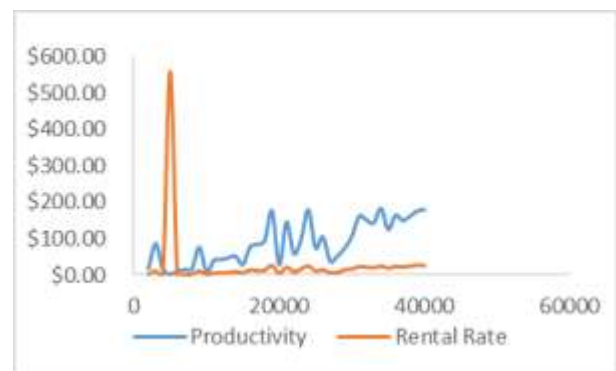
Dari nilai jumlah waktu *downtime* dan *productivity*, dapat ditentukan nilai *availability cost*. *Availability cost* adalah kerugian yang disebabkan oleh tidak tersedianya peralatan karena peralatan tersebut rusak atau tidak dapat dioperasikan[5],[6]. Untuk menghitung *availability cost* dapat dilakukan melalui dua pendekatan. Pendekatan pertama berdasarkan jumlah material yang dapat dihasilkan oleh peralatan tersebut tiap jamnya, dan nilainya dapat dihitung sebagai berikut:

$$Availability\ cost = downtime \times productivity/jam \times pendapatan\ dari\ overburden.....(1)$$

Sedangkan pendekatan kedua mengasumsikan suatu peralatan rusak sehingga *production loss* [10] bisa dicegah dengan cara menyewa alat lain yang sejenis, nilainya dapat dihitung sebagai berikut:

$$Availability\ cost = downtime \times biaya\ sewa\ alat/jam \dots(2)$$

Nilai *availability cost* dengan *productivity* dan *availability cost* dengan *rental rate* dapat dilihat pada gambar 3:



Gambar 3. Nilai *Availability Cost*

Pada gambar 3 terlihat bahwa nilai *availability cost* dengan *productivity* berfluktuatif dan memiliki biaya yang meningkat sehingga mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian karena berkurangnya jumlah material yang dapat diangkut dan menurunnya ketersediaan (*availability*) *dump truck*, sedangkan *availability cost* dengan *rental rate* memperlihatkan nilai yang awalnya tinggi di interval 5000 jam dan mengalami penurunan pada nilai yang stabil. Hal ini dikarenakan biaya sewa yang menggantikan material yang tidak dapat diangkut karena kerusakan peralatan.

Prinsip utama dari metode *optimal replcement interval* adalah pemakaian biaya per jam sebagai dasar untuk menentukan umur penggantian yang optimal. Untuk menghitung biaya perjam ini diperlukan nilai *interest rate* dan *income tax rate* perusahaan. *Interest rate* yang selama ini digunakan oleh perusahaan dalam melakukan perhitungan ekonomi yaitu sebesar 6%.

Income tax rate adalah suatu presentase atau angka desimal untuk menghitung nilai pajak, yang diperoleh dari: $Income\ tax\ rate = \text{pendapatan kotor} - \text{biaya operasi} - \text{depresiasi} \dots\dots\dots (3)$

Biaya operasi dalam penelitian ini adalah penjumlahan dari biaya suku cadang, bahan bakar, pelumas, dan buruh *maintenance*. Nilai *income tax rate* yang diperoleh dari perusahaan adalah sebesar 22%. Secara umum, langkah-langkah perhitungan biaya per jam adalah sebagai berikut:

1. Biaya depresiasi untuk tiap 1000 jam adalah harga beli *dump truck* dibagi dengan 40.
2. Setelah biaya depresiasi untuk tiap interval diperoleh, maka pajak dapat dihitung dengan persamaan :
Pajak = *income tax rate* x (biaya operasi + depresiasi).....(4)
3. Setelah itu, *after tax cash flow* bisa diperoleh untuk tiap interval melalui persamaan :
 $After\ Tax\ Cash\ Flow = (\text{biaya operasi} + \text{availability cost}) - \text{pajak} \dots\dots\dots (5)$
4. Setelah itu nilai-nilai tersebut diubah ke dalam bentuk NPC yang menyatakan nilai *net present cost* untuk tiap interval.
5. Apabila nilai *net present cost* untuk tiap interval telah diperoleh, selanjutnya nilai-nilai tersebut dikumulatitkan.
6. Langkah terakhir yang harus dilakukan adalah membagi biaya kumulatif pada tiap interval dengan jumlah jamnya. Hasil yang diperoleh adalah biaya per jam (*cost per jam*) yang menyatakan biaya rata-rata sepanjang umur peralatan.

Tabel 3 memperlihatkan biaya per jam paling minimum dari segi *productivity* berada pada interval umur penggantian 3000 jam dengan nilai biaya sebesar \$159,74, sedangkan jika ditinjau dari *rental rate* maka interval waktu penggantian berada pada 4000 jam dengan nilai biaya sebesar \$104,64. Waktu operasi *dump truck* di perusahaan ini 8 jam/per hari dengan jumlah hari kerja 26 hari/bulan. Untuk mengetahui penentuan umur penggunaan *dump truck* dalam satuan tahun, maka dilakukan perhitungan berikut:

Jumlah jam kerja *dump truck* selama 1 bulan = $26 \times 8 = 208$ jam/bulan

Jumlah jam kerja *dump truck* selama 1 tahun = 208×12 bulan = 2.496 jam/tahun

Umur penggantian *dump truck* untuk pendekatan *productivity* = $30.000 : 2.496 = 12,019$ tahun (12 tahun)

Umur penggantian *dump truck* untuk pendekatan *rental rate* = $40.000 : 2.496 = 16,025$ tahun (16 tahun)

Interval pergantian umur antara pendekatan *productivity* dengan *rental rate* sangat berbeda jauh, hal ini dikarenakan nilai *availability cost*. *Availability cost* dengan pendekatan *productivity* lebih besar dibandingkan *availability cost* dengan *rental rate*. Dengan begitu perusahaan akan kekurangan armada *dump truck* yang layak pakai, sehingga interval umur penggantian dengan pendekatan *productivity* lebih cepat dibandingkan pendekatan *rental rate*.

Peningkatan nilai *availability cost* juga mengakibatkan biaya kumulatif menjadi lebih besar pada pendekatan *productivity* dibandingkan dengan pendekatan *rental rate*. Hal ini dikarenakan tingkat ketersediaan peralatan yang berkurang akibat peralatan tidak bisa dipakai lagi atau sudah rusak, sehingga perlu pergantian peralatan.

Tabel 3. Perhitungan Biaya per Jam *Dump Truck*

Interval Umur (Jam)	Operating Cost	Capital Cost	Availabilit Cost		Depresiasi	Tax	After-Tax		NPC		Cumulative		Cost Per Jam	
			Productivity	Rental Rate			Productivity	Rental Rate	Productivity	Rental Rate	Productivity	Rental Rate	Productivity	Rental Rate
0		\$1.460.000												
1000	\$102.539,8		\$1.058,1	\$128,9	\$36.500	\$30.588,7	\$73.009,2	\$72.80,0	\$72.303,6	\$71.383,3	\$1.532.303,6	\$1.531.383,3	\$1.532,30	\$1.531,38
2000	\$103.973,8		\$17.190,9	\$2.069,3	\$36.500	\$30.904,2	\$90.260,5	\$75.138,8	\$88.524,3	\$73.693,5	\$1.620.827,8	\$1.605.076,8	\$810,41	\$802,54
3000	\$99.853,5		\$86.532,8	\$11.502,5	\$36.500	\$29.997,8	\$156.388,6	\$81.358,3	\$151.898,0	\$79.022,2	\$1.772.725,8	\$1.684.099,0	\$590,91	\$561,37
4000	\$91.712,2		\$16.282,1	\$2.628,0	\$36.500	\$28.206,7	\$79.787,6	\$66.133,5	\$76.747,6	\$63.613,7	\$1.849.473,4	\$1.747.712,7	\$462,37	\$436,93
5000	\$95.351,1		\$2.874,8	\$558,7	\$36.500	\$29.007,3	\$69.218,7	\$66.902,6	\$65.937,9	\$63.731,6	\$1.915.411,3	\$1.811.444,3	\$383,08	\$362,29
6000	\$93.766,1		\$10.615,7	\$1.749,1	\$36.500	\$28.658,5	\$75.723,3	\$66.856,7	\$71.437,1	\$63.072,4	\$1.986.848,4	\$1.874.516,6	\$331,14	\$312,42
7000	\$89.680,9		\$15.645,2	\$2.357,2	\$36.500	\$27.759,8	\$77.566,3	\$64.278,3	\$72.468,6	\$60.053,9	\$2.059.317,0	\$1.934.570,5	\$294,19	\$276,37
8000	\$100.362,0		\$18.003,3	\$2.593,6	\$36.500	\$30.109,6	\$88.255,6	\$72.845,9	\$81.658,5	\$67.400,7	\$2.140.975,5	\$2.001.971,2	\$267,62	\$250,25
9000	\$91.999,9		\$76.737,1	\$11.302,7	\$36.500	\$28.270,0	\$140.467,0	\$75.032,6	\$128.711,0	\$68.752,9	\$2.269.686,4	\$2.070.724,1	\$252,19	\$230,08
10000	\$98.399,8		\$8.831,8	\$1.931,8	\$36.500	\$29.678,0	\$77.533,7	\$70.653,6	\$70.376,2	\$64.114,8	\$2.340.062,6	\$2.134.838,9	\$234,01	\$213,48
11000	\$93.990,1		\$40.746,3	\$5.488,0	\$36.500	\$28.707,8	\$106.028,6	\$70.770,3	\$95.285,9	\$63.600,0	\$2.435.348,6	\$2.198.438,9	\$22,40	\$199,86
12000	\$103.552,7		\$42.895,3	\$5.728,7	\$36.500	\$30.811,6	\$115.636,5	\$78.469,8	\$102.916,0	\$69.837,9	\$2.538.264,6	\$2.268.276,8	\$211,52	\$189,02
13000	\$101.513,5		\$47.697,6	\$7.454,2	\$36.500	\$30.363,0	\$118.848,1	\$78.604,7	\$104.752,1	\$69.281,8	\$2.634.016,7	\$2.337.558,6	\$203,31	\$179,81
14000	\$121.199,1		\$52.084,7	\$9.669,6	\$36.500	\$34.693,8	\$138.590,1	\$96.174,9	\$120.168,1	\$83.948,9	\$2.763.988,8	\$2.242.1507,4	\$197,43	\$172,96
15000	\$97.349,1		\$29.678,8	\$6.308,9	\$36.500	\$29.446,8	\$97.581,1	\$74.211,2	\$84.353,1	\$64.151,2	\$2.848.341,9	\$2.485.658,6	\$189,89	\$165,71
16000	\$104.687,6		\$77.463,1	\$14.212,2	\$36.500	\$31.061,3	\$151.089,4	\$87.838,5	\$129.345,6	\$75.197,3	\$2.977.687,4	\$2.560.855,9	\$186,11	\$160,05
17000	\$99.248,4		\$84.150,3	\$12.117,1	\$36.500	\$29.864,6	\$153.534,0	\$81.500,8	\$130.168,1	\$69.097,4	\$3.107.855,5	\$2.629.953,4	\$182,82	\$154,70
18000	\$95.088,2		\$94.2014,9	\$13.425,7	\$36.500	\$28.949,4	\$160.343,7	\$79.564,5	\$134.627,7	\$66.803,9	\$3.242.483,2	\$2.696.757,2	\$180,14	\$149,82
19000	\$109.659,2		\$176.493,2	\$26.503,3	\$36.500	\$32.155,0	\$253.997,3	\$104.007,5	\$211.200,0	\$86.482,7	\$3.453.683,2	\$2.783.240,0	\$181,77	\$146,49
20000	\$90.416,8		\$28.669,8	\$4.332,0	\$36.500	\$27.921,7	\$91.164,8	\$66.827,1	\$75.071,4	\$55.030,0	\$3.528.754,6	\$2.838.270,0	\$176,44	\$141,91
21000	\$108.233,1		\$145.878,0	\$21.619,1	\$36.500	\$31.841,3	\$222.269,8	\$98.010,9	\$181.263,3	\$79.928,9	\$3.710.018,0	\$2.918.198,8	\$176,67	\$138,96
22000	\$93.246,4		\$59.161,9	\$8.913,2	\$36.500	\$28.544,2	\$123.864,0	\$73.615,4	\$100.036,2	\$59.453,9	\$3.810.054,1	\$2.977.652,7	\$173,18	\$135,35
23000	\$94.714,4		\$97.160,1	\$16.064,4	\$36.500	\$28.867,2	\$163.007,4	\$81.911,7	\$130.377,1	\$65.514,9	\$3.940.431,3	\$3.043.167,6	\$171,32	\$132,31

Interval Umur (Jam)	Operating Cost	Capital Cost	Availabilit Cost		Depresiasi	Tax	After-Tax		NPC		Cumulative		Cost Per Jam	
			Productivity	Rental Rate			Productivity	Rental Rate	Productivity	Rental Rate	Productivity	Rental Rate	Productivity	Rental Rate
24000	\$98.014,4		\$179.466,2	\$25.443,9	\$36.500	\$29.593,2	\$247.877,4	\$93.865,2	\$196.350,1	\$74.350,0	\$4.136.781,3	\$3.117.517,6	\$172,37	\$129,90
25000	\$94.957,1		\$75.282,1	\$10.703,2	\$36.500	\$28.920,6	\$141.318,7	\$76.739,7	\$110.855,8	\$60.197,6	\$4.247.637,1	\$3.177.715,2	\$169,91	\$127,11
26000	\$97.057,3		\$105.283,6	\$15.323,1	\$36.500	\$29.382,6	\$172.958,2	\$82.997,8	\$134.363,9	\$64.477,4	\$4.382.001,0	\$3.242.192,6	\$168,54	\$124,70
27000	\$97.910,1		\$38.507,6	\$5.496,6	\$36.500	\$29.570,2	\$106.847,4	\$73.836,5	\$82.203,0	\$56.806,0	\$4.464.204,0	\$3.298.998,7	\$165,34	\$122,19
28000	\$91.084,6		\$52.443,2	\$6.983,6	\$36.500	\$28.068,6	\$115.459,2	\$69.999,6	\$87.970,0	\$53.333,7	\$4.552.174,0	\$3.352.332,4	\$162,58	\$119,73
29000	\$99.438,7		\$73.871,5	\$15.179,1	\$36.500	\$29.906,5	\$143.403,7	\$84.711,3	\$108.205,4	\$63.919,0	\$4.660.379,3	\$3.416.251,3	\$160,70	\$117,80
30000	\$99,857,4		\$106.491,9	\$16.661,8	\$36.500	\$29.998,6	\$176.350,7	\$86.520,6	\$131.779,5	\$64.653,2	\$4.792.158,8	\$3.480.904,5	\$159,74	\$116,03
31000	\$108.989,9		\$161.729,6	\$23.603,5	\$36.500	\$32.007,8	\$238.711,8	\$100.585,7	\$176.655,4	\$74.437,0	\$4.968.814,2	\$3.555.341,6	\$160,28	\$114,69
32000	\$98.105,0		\$151.329,9	\$21.950,0	\$36.500	\$29.613,1	\$219.821,8	\$90.441,9	\$161.103,9	\$66.283,4	\$5.129.918,1	\$3.621.625,0	\$160,31	\$113,18
33000	\$104.493,4		\$143.206,5	\$20.296,5	\$36.500	\$31.018,5	\$216.681,4	\$93.771,3	\$157.267,6	\$68.059,4	\$5.287.185,7	\$3.689.684,4	\$160,22	\$111,81
34000	\$106.319,11		\$183.284,3	\$25.089,4	\$36.500	\$31.420,2	\$258.183,2	\$99.988,3	\$185.578,7	\$71.870,3	\$5.472.764,4	\$3.761.554,6	\$160,96	\$110,63
35000	\$107.422,1		\$125.455,7	\$19.138,3	\$36.500	\$31.662,9	\$201.215,0	\$94.897,5	\$143.232,9	\$67.551,9	\$5.615.997,3	\$3.829.106,5	\$160,46	\$109,40
36000	\$105.068,9		\$164.442,6	\$23.931,2	\$36.500	\$31.145,2	\$238.366,4	\$97.855,0	\$168.038,9	\$68.983,9	\$5.784.036,2	\$3.898.090,4	\$160,67	\$108,28
37000	\$106.882,2		\$150.054,3	\$22.277,7	\$36.500	\$31.544,1	\$225.392,5	\$97.615,8	\$157.357,2	\$68.150,2	\$5.941.393,4	\$3.966.240,6	\$160,58	\$107,20
38000	\$109.126,2		\$161.860,3	\$24.921,8	\$36.500	\$32.037,8	\$238.948,8	\$102.010,2	\$165.209,2	\$70.529,9	\$6.106.602,6	\$4.036.770,5	\$160,70	\$106,23
39000	\$117.617,6		\$176.076,7	\$27.565,9	\$36.500	\$33.905,9	\$259.788,5	\$111.277,6	\$177.881,9	\$76.193,8	\$6.284.484,5	\$4.112.964,3	\$161,14	\$105,46
40000	\$114.582,5		\$180.050,7	\$25.912,4	\$36.500	\$33.238,2	\$261.395,1	\$107.256,8	\$177.252,2	\$72.730,9	\$6.461.736,7	\$4.185.695,2	\$161,54	\$104,64

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Umur penggantian yang optimal terhadap armada *dump truck* CV. X dengan pendekatan *productivity* berada pada interval 3000 jam dan memiliki perbedaan yang jauh dengan pendekatan *rental rate* yang berada pada interval 4000 jam.
2. Biaya pemakaian per jam pada interval umur penggantian optimal dengan pendekatan *productivity* sebesar \$159,74 dan biaya tersebut lebih kecil dibandingkan dengan biaya pemakaian per jam pada interval umur penggantian perusahaan sebesar \$161,54. Sedangkan biaya pemakaian per jam dengan pendekatan *rental rate* sebesar \$104,64.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Y. Prawiro, "Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Volpack Menggunakan Metode Age Replacement," *J. Tek. Ind.*, vol. 16, no. 2, p. 92, 2017, doi: 10.22219/jtiumm.vol16.no2.92-100.
- [2] O. Z. Lin and H. Miyauchi, "Optimal Replacement Time of Electrical Components Based on Constant-Interval Replacement Model: Equipment Inspection Method and Weibull Analysis," *Energy Power Eng.*, vol. 09, no. 04, pp. 475–485, 2017, doi: 10.4236/epe.2017.94b053.
- [3] J. Boudart and M. Figliozzi, "Key variables affecting decisions of bus replacement age and total costs," *Transp. Res. Rec.*, no. 2274, pp. 109–113, 2012, doi: 10.3141/2274-12.
- [4] V. Omoke, O. R. Nwaogbe, A. Pius, S. M. Ayam, and H. A. Hemli, "Analytical Study of Fleet Management and Vehicle Replacement Model: Evidence from the Nigerian National Petroleum Co- operation Headquarter Abuja," vol. 2, no. 1, pp. 1–19, 2019.
- [5] A. Redmer, "Vehicle replacement planning in freight transportation companies," *Eur. J. Oper. Res.*, no. January 2005, pp. 1–7, 2005.
- [6] S. Munuhwa, M. Chibaro, J. Kanyepe, and M. Tukuta, "International Journal of Research in Education Humanities and Commerce Optimising Vehicle Fleet Replacement and Disposal for Small to Medium Transport CompaniesvIN International Journal of Research in Education Humanities and Commerce," vol. 01, no. 01, pp. 44–55, 2020.
- [7] X. Zhao, K. N. Al-Khalifa, A. Magid Hamouda, and T. Nakagawa, "Age replacement models: A summary with new perspectives and methods," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 161, no. January, pp. 95–105, 2017, doi: 10.1016/j.ress.2017.01.011.
- [8] D. Nurock and C. Porteous, "Methodology to determine the optimal replacement age of mobile mining machines," *Third Int. Platin. Conf. 'Platinum Transform.*, pp. 297–306, 2008.
- [9] W. Feng and M. Figliozzi, "Vehicle technologies and bus fleet replacement optimization: Problem properties and sensitivity analysis utilizing real-world data," *Public Transp.*, vol. 6, no. 1–2, pp. 137–157, 2014, doi: 10.1007/s12469-014-0086-z.
- [10] A. Adhiutama, R. Darmawan, and A. Fadhila, "Total Productive Maintenance on the Airbus Part Manufacturing," *J. Bisnis dan Manaj.*, vol. 21, no. 1, pp. 3–15, 2020, doi: 10.24198/jbm.v21i1.280.