

PENENTUAN UMUR EKONOMI WHEEL LOADER VOLVO L220G MENGUNAKAN *MINIMUM COST METHOD*

Daniel Dani Wahyu Krismantoro¹⁾, Saladin Ghalib²⁾ dan Rasyidi³⁾

¹⁾Magister Administrasi Bisnis/Illmu Sosial Politik, Universitas Lambung Mangkurat

²⁾Dosen Magister Administrasi Bisnis FISIP Universitas Lambung Mangkurat

³⁾Dosen Magister Administrasi Bisnis FISIP Universitas Lambung Mangkurat

Alamat Email : *daniel.krismantoro@yahoo.co.uk*

ABSTRACT

Daniel Dani Wahyu Krismantoro, D2A215003, 2015. Determination of the Economic Life of the Volvo L220G Wheel Loader Using the Minimum Cost Method, under the guidance of Saladin Ghalib and Rasyidi.

This study aims to, 1) Establish a regression model of equipment age (X) with the cost of repairs and maintenance (Y), 2) Determine the economic life of the equipment with the Minimum Cost Method, and 3) Determine significant factors that influence the determination of economic life using sensitivity analysis and Monte Carlo simulation.

The population was taken from 5-unit Volvo L220G Wheel Loader that has been operating in Jetty-R coal port, Kab. Tapin, South Kalimantan. Data collection uses interviews and observation method. The researches data was taken in the span of 2014 - 2018 with the equipment life 15,000 - 18,500 working hours.

The results obtained, 1) The cost model follows the equation $Y = 1752.6 + 0.2046X + 0.0002X^2$ where X is the age of the equipment (Independent Variable) and Y is the maintenance cost (Variable Cost). 2) Economic life is calculated by using the Minimum Cost Method which occurs in the fourth year (working hours 13,537.84). 3) the factors that most influence the ownership and operational costs are the cost of purchasing fuel, the cost of ownership and the cost of repairs and maintenance.

Keywords: *Economic Life, Minimum Cost Method, Wheel Loader Volvo L220G*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Alat berat merupakan peralatan utama dalam industri pertambangan, Besarnya biaya perolehan (*ownership cost*) and biaya operasional (*operasional cost*) menjadikan faktor biaya ini memerlukan evaluasi terus menerus selama masa penggunaannya agar tidak mengerus keuntungan.

Chen (2009) memberikan contoh tentang besaran biaya operasional pada kasus 30 – 300 MT truck Hitachi. Besaran biaya operasional truck Hitachi dapat mencapai 3 – 4 kali lipat biaya perolehannya (*ownership cost*). Biaya operasional merupakan biaya yang bersifat belum terjadi, biaya yang akan ditanggung dimasa depan. Biaya ini dapat dikatakan sebagai *hidden cost*, biaya yang tersembunyi dimana nilainya 3 - 4 kali lipat dibanding nilai perolehannya.

Untuk menentukan biaya masa depan diperlukan peramalan beban biaya. Untuk memperoleh peramalan dengan validitas yang

baik sangat sulit untuk dilakukan bila tidak terdapat sumber rujukan seperti *history data* dan *literature* tentang profil biaya peralatan tersebut. Data – data masa lalu menjadi data yang sangat penting untuk membentuk cost profil yang nantinya akan digunakan untuk meramalkan beban biaya di masa depan dan apakah peralatan tersebut masih menguntungkan secara ekonomis. Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk membentuk model biaya, umur ekonomis dan faktor – faktor yang paling sensitif yang mempengaruhi umur ekonomis dari wheel Loader Volvo L220G tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah umur penggunaan Wheel Loader L220G yang beroperasi di pelabuhan khusus batubara Jetty-R, berpengaruh terhadap biaya perawatan? Apakah model matematis dari biaya perawatan dapat dibentuk berdasarkan umur peralatan tersebut? Dan

- seberapa besar pengaruh umur terhadap biaya perbaikan?
2. Apakah ketidakpastian dari input variables (data rentang) pada metodologi LCCA (*Life Cycle Cost Analysis*) memberikan dampak pada umur keekonomian Wheel Loader Volvo L220G? Dan berapa besar dampak dibandingkan dengan nilai input deterministic?
 3. Berapa besar kontribusi masing masing parameter terhadap biaya total? Dan faktor apakah yang paling berdampak pada umur keekonomian peralatan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk meneliti relasi antara umur peralatan dan biaya perbaikan, dengan membentuknya dalam suatu persamaan matematis, *repair cost model*.
2. Menentukan umur ekonomis Wheel Loader Volvo L220G yang beroperasi di pelabuhan batubara, Jetty-R.
3. Menentukan urutan dan besaran faktor-faktor sensitif yang mempengaruhi nilai dari umur keekonomian suatu peralatan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat Akademis dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini memberikan pustaka data dari biaya kepemilikan (*ownership cost*) dan biaya operasional (*operational cost*) Wheel Loader Volvo L220G.
2. Menghasilkan model biaya dari biaya perbaikan Wheel Loader Volvo L220G yang beroperasi di pelabuhan Jetty R,
3. Memberikan *sensitivity analysis* pada biaya kepemilikan dan pengoperasian,
4. Memberikan biaya kepemilikan dan pengoperasian Wheel Loader Volvo L220G (O&O Cost, Ownership & Operating Cost) per jam operasional.

Manfaat praktis yang didapat dalam penelitian ini adalah:

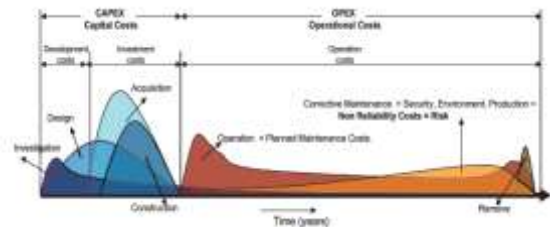
1. Menjadi pustaka data dalam penyusunan proposal belanja modal (CAPEX, *Capital Expenditure*), penyusunan *budgeting*, peramalan biaya operasional (*forecasting*), dan *benchmarking* untuk peralatan Wheel Loader Volvo L220G,
2. Menjadi literatur pengelolaan Wheel Loader Volvo L220G yang beroperasi di Pelabuhan batubara,
3. Menjadi pustaka untuk menentukan

4. Menjadi referensi bagi manajemen untuk menentukan umur keekonomian peralatan berat.
5. Memberikan gambaran tentang hal – hal yang mempengaruhi umur keekonomian dari peralatan,
6. Memberikan uraian yang lebih detail tentang biaya perawatan dan perbaikan pada Wheel Loader Volvo L220G.

2. TINJAUAN TEORI

2.1. Capital & Operational Expenditure

Capital expenditure (belanja modal) adalah investasi yang membutuhkan komitmen dari sumberdaya untuk waktu yang panjang.



Gambar 2.1 : Life Cycle Cost Analysis
Sumber: (Márquez, de León, Fernández, Márquez, & González, 2009)

Gambar 2.1. menunjukkan model biaya dari biaya modal / perolehan dan biaya operasional. Belanja modal dengan mudah dapat ditentukan nilainya, sedangkan belanja operasional (OPEX) nilainya sukar untuk diperkirakan secara tepat, karena biaya ini belum terjadi pada saat awal kepemilikannya. Pengguna

Chambel, Jardine, & McGlynn (2011, p. 294) juga mengungkapkan biaya *operating cost* pada industri penerbangan bisa mencapai 5 kali dari *initial cost*nya. Biaya *operating cost* termasuk didalamnya adalah biaya yang ditimbulkan dari pembelian bahan bakar, biaya perbaikan (termasuk didalamnya pembelian suku cadang), depresiasi, dll.

Keputusan pembelian belanja modal menjadi rumit karena,

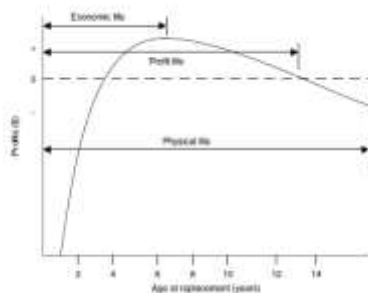
1. Keputusan pemilihan model, *type*, atau *manufacturing* akan berakibat secara signifikan pada belanja operasional (OPEX).
2. Biaya perbaikan (pembelian *spareparts*, *consumables*, etc) dan harga bahan bakar tidak mudah untuk diprediksikan.

Salah satu pertimbangan pergantian aset adalah belanja operasional yang meningkat tinggi dan secara finansial bisa lebih

menguntungkan jika menggantinya dengan peralatan baru (*challenger*) daripada mempertahankan mesin lama (*defender*). Konsep tentang *defender* dan *challenger* ini dikemukakan pertama kali oleh Terborgh di tahun 1949 (Mitchell Jr., 1998, p. 23).

2.2. Umur Peralatan

Gransberg (2006, p. 40) membedakan umur peralatan menjadi 3 kategori, **Physical Life** (umur fisik), **Profit Life** (Umur laba), dan **Economic Life** (Umur ekonomis) sesuai dengan gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Umur Peralatan

Sumber: (Gransberg, Popescu, & Ryan, 2006, p. 40)

1. **Umur Fisik (Physical Life)**. Umur fisik dari peralatan akan diidentifikasi sebagai *Service life*. *Service life* adalah masa dimana peralatan mampu melaksanakan tugas operasionalnya.
2. **Umur Laba (Profit Life)**. Umur laba adalah periode dimana peralatan masih dapat menghasilkan keuntungan.
3. **Umur Ekonomi (Economic Life)**. Umur ekonomi adalah waktu dari awal peralatan diakuisisi sampai dengan maksimum peralatan menghasilkan laba. Setelah menghasilkan laba tertinggi, laba akan menurun dengan semakin tingginya biaya perbaikan. Untuk memperbesar atau memaksimalkan profit, pergantian peralatan harus dilakukan sebelum umur keekonomiannya terlampaui untuk mencegah terjadinya erosi dari keuntungan karena kenaikan biaya perawatan dan pengoperasian.

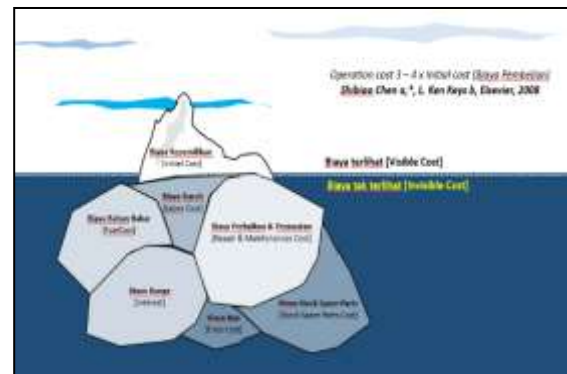
2.3. Deterministic & Stochastic Model

“A quantitative description of a natural phenomenon is called a mathematical model of that phenomenon” (Taylor & Karlin, 1998, p. 1). Deskripsi kuantitatif pada fenomena alami dinamakan model matematika.

Model *deterministic* adalah model yang memprediksi hasil tunggal dari kumpulan kondisi sedangkan model *stochastic* tidak selalu menghasilkan hasil yang sama. Perbedaan hasil tersebut diatur oleh keteraturan statistika. Pendekatan ini menjadi dasar untuk pemanfaatan distribusi probabilitas pada *stochastic* model. Pemanfaatan variabel *random* di dalam suatu model untuk menentukan hasil yang paling mendekati (*Most likely*). Variabel *random* dihasilkan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo.

2.4. Life Cycle Cost Analysis (LCCA)

Life cycle cost pada peralatan mempunyai 2 komponen, biaya operasi (*operating cost*) dan biaya kepemilikan (*ownership cost*). *Ownership cost* meliputi biaya awal (initial cost) depresiasi, asuransi, pajak, penyimpanan, dan biaya investasi. Biaya operasi termasuk didalamnya biaya perawatan dan perbaikan, gaji operator, *consumables*, dll (Ryan, Popescu, & Gransberg, 2006)



Gambar 2. 3 Heavy Equipment Life Cycle Cost

Biaya pengoperasian peralatan adalah biaya yang tidak nampak saat pembelian peralatan baru tetapi merupakan faktor utama dalam keseluruhan total biaya kepemilikan dan penggunaan peralatan. Biaya pengoperasian (*operating cost*) yang seperti fenomena gunung es, ada biaya lain yang sangat besar melebihi biaya pembeliannya seperti diilustrasikan pada gambar 2.3.

2.5. Elemen Biaya Pada Life Cycle Cost Peralatan Berat

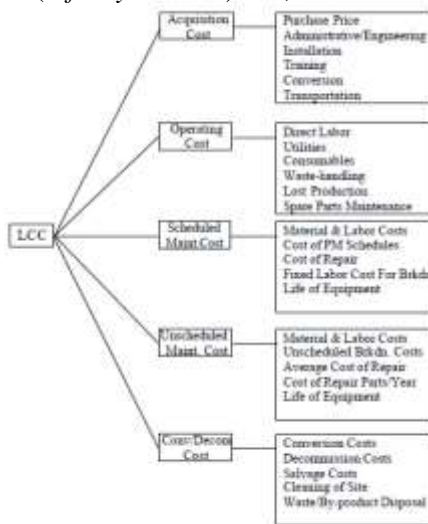
Total biaya peralatan (*O&O Cost, Ownership & Operating Cost*) terdiri dari dua komponen terpisah, biaya kepemilikan (*ownership cost*) dan biaya operasi (*operation cost*).

1) Shibiao (2006) mengemukakan elemen biaya sebagai berikut,



Gambar 2. 3 Struktur dan Elemen Total Cost

2) Society of Automotive Engineer (SAE 1993) dalam Barringer (1996) mendeskripsikan elemen biaya model LCC (Life Cycle Cost) sbb,



Gambar 2. 4 Life Cycle Cost

2.5.1. Ownership Cost (Biaya Kepemilikan)

Biaya kepemilikan dihitung dari penjumlahan seluruh biaya yang terjadi disebabkan karena depresiasi, suku bunga, asuransi dan pajak. Dalam perhitungan depresiasi biaya perolehan dihitung dengan memasukan biaya pengiriman, pajak penjualan, dan instalasi.

2.5.1.1. Initial Cost (Biaya Modal Awal)

Secara rata-rata, biaya modal awal menggunakan 25% dari total biaya yang diinvestasikan selama masa manfaat peralatan. (Gransberg, Popescu, & Ryan, 2006, p. 20). Biaya modal awal bukan hanya dihitung dari harga pembelian saja tetapi juga termasuk diantaranya biaya pengiriman, biaya perakitan, biaya pemasangan, biaya sertifikasi, asuransi perjalanan, dsb, yang biasanya harga ini sudah termasuk didalam harga penjualan peralatan.

2.5.1.2. Depresiasi

Depresiasi atau Penyusutan merupakan penurunan nilai pasar dari suatu peralatan karena usia, keausan, kemunduran, dan keusangan.

Sesuai dengan UU no 36 tahun 2008 terdapat 2 jenis penyusutan,

1. Metode garis lurus (*straight line method*), dan
2. Metode saldo menurun (*declining balance method*).

Masa manfaat besaran penyusutan diatur sesuai dengan peraturan perundangan Republik Indonesia diatur sebagai berikut,

Kelompok Harta Berwujud	Masa Manfaat	Tabel Penyusutan sebagaimana dimaksud dalam	
		Arti (1)	Arti (2)
I. Harta bergerak			
Kelompok 1	4 tahun	25%	50%
Kelompok 2	8 tahun	12,5%	30%
Kelompok 3	10 tahun	6,25%	12,5%
Kelompok 4	20 tahun	5%	10%
II. Harta tetap			
Perumahan	30 tahun	5%	
Tanah Perumahan	10 tahun	10%	

Tabel 2.3, Kelompok Harta Berwujud

Sumber : Peraturan menteri keuangan Nomor 96/PMK.03/2009

Peralatan berat seperti wheel loader Volvo L220G termasuk dalam kelompok harta berwujud dalam kelompok 2 dengan masa manfaat 8 tahun., sesuai dengan Peraturan Menteri Keuangan Nomor 96/PMK.03/2009.

2.5.1.3. Interest / Investment Cost

Biaya investasi (atau bunga) merupakan biaya tahunan (kemudian dikonversi menjadi biaya per jam) dari modal yang diinvestasikan dalam pembelian peralatan seperti yang dikemukakan oleh Gransberg, Popescu, & Ryan (2006, p. 23).

2.5.1.4. Asuransi, Pajak, dan Biaya Penyimpanan

Biaya ini terjadi saat proses pemindahan tangan peralatan dari produsen ke konsumen seperti biaya asuransi, pajak, biaya sertifikasi, biaya penyimpanan, biaya penjaga dan karyawan yang terlibat dalam memindahkan peralatan, dan overhead langsung yang terkait (Gransberg, Popescu, & Ryan, 2006, p. 24).

2.5.2. Operating Cost (Biaya Operasional)

Biaya operasional adalah biaya yang terjadi jika peralatan dioperasikan. Biaya ini akan beragam tergantung dari penggunaan peralatan dan kondisi kerja. Elemen utama yang termasuk didalamnya adalah bahan bakar, perbaikan dan perawatan, ban, biaya khusus lainnya (misal biaya inventory parts) dan upah operator. (Nunnally, 2007).

2.5.2.1. Biaya Bahan Bakar

Secara spesifik estimasi penggunaan bahan bakar dapat dihitung dengan tabel sbb,

Equipment Type	Working Conditions (gal/h/gal)		
	Favorable	Average	Unfavorable
Loader truck	0.030-0.034	0.040-0.047	0.046-0.057
Loader wheel	0.030-0.034	0.027-0.036	0.031-0.047

Sumber: (Ryan, Popescu, & Gransberg, 2006, p. 28)

Biaya perjam dari bahan bakar dihitung mengalikan rata-rata *fuel consumption* dengan harga bahan bakar.

2.5.2.2. Biaya Pemeliharaan dan Perbaikan

Sumber biaya pemeliharaan dan perbaikan dihasilkan dari 2 sumber, *schedule maintenances* (perbaikan terjadwal) and *unscheduled maintenance* (perbaikan tidak terjadwal). Biaya *Schedule maintenances* meliputi biaya-biaya yang dikeluarkan karena Perawatan berkala (*Preventive/Periodic maintenances*) dan dari *corrective maintenance*. *Unschedule maintenances* adalah biaya yang datang dari perawatan terjadwal.

Estimasi biaya perawatan dan perbaikan dapat dihitung sbb,

$$\text{Hourly repair cost} = \frac{\text{year digit}}{\text{sum-of-years'-digits}} \times \frac{\text{lifetime repair cost}}{\text{hours operated}}$$

Sumber : (Gransberg, Popescu, & Ryan, 2006, p. 26)

Dimana *lifetime repair cost* dapat dihitung dari presentase dari biaya pembelian (*initial cost*) dikurangi biaya pembelian ban.

2.5.2.3. Biaya Ban

Ryan, Popescu, & Gransberg memperkirakan besaran biaya ban sbb,

$$\text{Tire repair and replacement costs} = 1.15 \times \frac{\text{cost of a set of tires (\$)}}{\text{expected tire life (h)}}$$

Sumber : (Ryan, Popescu, & Gransberg, 2006, p. 27)

Kondisi penggunaan dibedakan 3 kondisi dari operation, *favorable*, *average* dan *unfavorable* seperti table dibawah (Gransberg, Popescu, & Ryan, 2006, p. 27).

Tabel 2.6. Perkiraan Umur Ban Alat berat

Equipment Type	Average Tire Life (h)		
	Favorable	Average	Unfavorable
Loader wheel	3200-4000	2100-3300	1300-2300

Sumber : (Ryan, Popescu, & Gransberg, 2006, p. 27)

2.5.2.4. Consumables Cost

Yang termasuk didalamnya adalah semua barang yang habis ketika dipakai, yang masuk dalam kategori ini adalah minyak pelumas, grease, filter, hose, produk aditif, coolant fluid, dan produk minyak bumi lainnya bahan bakar, pelumas, dan produk minyak bumi lainnya.

2.5.2.5. Operator Cost

Upah operator terdiri gaji pokok, biaya lembur atau premi, asuransi kompensasi pekerja, pajak jaminan sosial, bonus, dan tunjangan pada angka upah per jam sesuai dengan aturan yang berlaku di wilayah Indonesia.

2.6. Analisa Regresi

Analisis regresi adalah suatu analisis tentang ketergantungan suatu variable kepada variable lainnya yaitu variable bebas dalam rangka membuat estimasi atau prediksi dari nilai rata – rata variabel tergantungan (dependent variable) dengan diketahui variable bebasnya (Basuki & Prawoto, 2019, p. 1)

Menurut Basuki & Prawoto (2019, p. 4) kegunaan dari analisa regresi adalah untuk tujuan deskripsi fenomena data atau kasus yang sedang diteliti, tujuan kontrol dan tujuan prediksi

Model matematika akan membentuk garis regresi, yaitu garis yang menyatakan dan menggambarkan ukuran dan hubungan antara Y dan X dan digunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen Y dari nilai variabel independen X.

2.6. Metode Simulasi Monte Carlo

“The term Monte Carlo is typically associated with the process of modeling and simulating a system affected by randomness: Several random scenarios are generated, and relevant statistics are gathered in order to assess, e.g., the performance of a decision policy or the value of an asset.” (Brandimarte, 2014, p. 3).

Metode simulasi Monte Carlo umumnya digunakan untuk situasi dimana data input memiliki aspek ketidakpastian yang bisa dikuantisir. Metode ini menggunakan aspek-aspek ketidak pastian sebagai input lalu memprosesnya melalui distribusi kemungkinan. Dari distribusi kemungkinan tersebut kita bisa mengetahui standar deviasi, berapa nilai output dan kemungkinan output dari yang terbaik, terburuk dan tersering, mungkin dihasilkan oleh suatu proses.

2.7. Metode Sensitivity Analysis

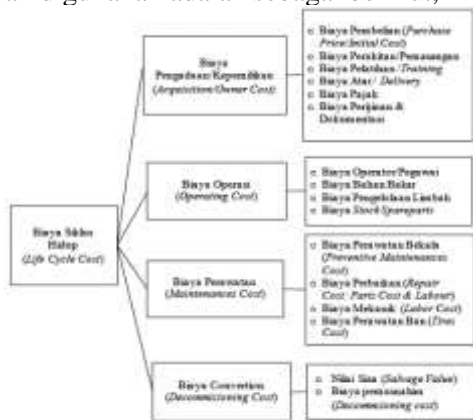
Sensitivity analysis adalah studi tentang bagaimana ketidakpastian yang dihasilkan suatu model atau sistem matematis dapat dibagikan secara proposional ke berbagai ketidakpastian sumbernya (Pannel,1996).

Dalam *Sensitivity analysis* dilakukan perhitungan ulang dengan asumsi relatif untuk menentukan dampak yang berguna untuk berbagai tujuan seperti, menguji kekuatan hasil model atau sistem di hadapan ketidakpastian, meningkatkan pemahaman tentang hubungan antar variabel, mengurangi ketidakpastian, mencari kesalahan dalam model, penyederhanaan model, meningkatkan komunikasi dari pemodel ke pengambil keputusan, dll.

2.8. MODEL PENELITIAN

2.8.1. Model Deterministic dan stochastic

Model *deterministic* dan *stochastic* yang akan digunakan adalah sebagai berikut,



Gambar 2.1 Model Biaya Perawatan Life Cycle

Penentuan biaya menggunakan metode Peurifoy / Schexnayder (Gransberg, 2015, p. 36) untuk menghitung *deterministic* parameter, sbb:

1) Life Cycle Cost

$$LCC = \text{Operating Cost} + \text{Ownership Cost}$$

Dimana:

- LCC = Life Cycle Cost
- Operating Cost = R&MC + FC + TC + TRC
- R&MC = Repair and maintenances cost
- FC = Fuel Cost
- TC = Tires Cost
- TRC = Tires Repair Cost

2) Depreciation

$$\text{Straight-line Depreciation} = ((IC - SV)) / N$$

Dimana:

- IC = Initial Cost
- SV = Salvage Value
- N = Useful Life

3) Repair and Maintenances Cost

$$\text{Operating Cost} = R\&MC + FC + TC + TRC$$

Dimana:

- R&MC = Repair and maintenances cost
- FC = Fuel Cost
- TC = Tires Cost
- TRC = Tires Repair Cost

4) Repair and Maintenances Cost

$$R\&MC = (\text{Repair factor}) \times (\text{straight-line Depreciation})$$

$$\text{Years R\&MC} = ((\text{Year Digit}) / (\text{Sum of year digit})) \times \text{total repair cost} + R\&MC$$

Dimana:

- Year Digit = jumlah tahun penggunaan
- Sum of Year Digit = penjumlahan tahun selama masa depresiasi

$$\text{Total Repair Cost} = \text{Repair Factor} \times (\text{List Price} - \text{Tire Cost})$$

Dimana,

- List Price = Harga jual peralatan
- Tire Cost = Biaya pembelian Ban

5) Fuel Cost

$$FC = TF \times EF \times CF \times hp \times FP$$

Dimana:

- FC = Fuel Cost
- TF = Faktor waktu, berdasarkan pada menit dari produktivitas dalam satu satuan waktu dan dihitung sebagai persen.
- EF = Engine Faktor, berdasarkan persentase horse power yang digunakan
- CF = Consumption Factor, Gallon bahan bakar per Flywheel Horsepower jam
- Hp = Engine Horsepower
- FP = Fuel Price, \$/gal

6) Tires Repair Cost

$$TRC = \% \text{ of TC}$$

Dimana :

- TRC = Tires Repair Cost
- TC = Tire Cost

7) Ownership Cost

$$\text{Ownership Cost} = (IC - SV) A_P$$

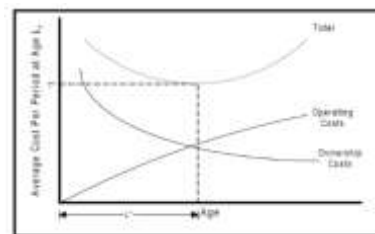
$$A_P = P [(i(1+i)^N) / ((1+i)^N - 1)]$$

Dimana :

- IC = (list price - tire cost)
- SV = % of initial Cost
- N = Tahun perhitungan
- i = Interest Rate
- P = Present Worth
- A_P = Capital Recovery Factor sering ditulis (AP,i,N)
- TC = Tire Cost

2.8.2. Equipment Economic Life Model

Cost Minimization Method disusun dari tiga model biaya, *Capital Cost*, *Operation maintenances cost* dan *total cost*. Biaya tersebut dianalisa secara ekonomi teknik untuk mengidentifikasi peralatan pada titik dimana akumulasi biaya operasi dan kepemilikan berada pada titik minimum (Mitchell Jr., 1998) seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.5 Cost Minimization Method

Sumber: (Mitchell Jr., 1998, p. 24)

Disaat peralatan berada di titik optimum umur keekonomiannya, disitulah saat terbaik untuk dilakukan pergantian dengan pertimbangan harga jual kembali (*Salvage Value*) peralatan masih tinggi.

Mitchell (Mitchell Jr., 1998, p. 24) mengungkapkan 3 Ada tiga kurva yang digambarkan: biaya kepemilikan rata-rata (*average ownership cost*), biaya operasi rata-rata (*average operating cost*), dan total biaya rata-rata dalam waktu tertentu (*average cost per periods*) dengan perhitungan sbb,

$$\text{Average Ownership Cost} = \frac{P_0 - S_t}{L_t}$$

$$\text{Average Operating Cost} = \frac{\sum_{t=1}^N E_t}{L_t}$$

$$\text{Average Cost per period at age } L_t = \frac{P_0 - \sum_{t=1}^N E_t - S_t}{L_t}$$

Dimana,

- Po = Initial purchase price (biaya perolehan)
- Ep = Expenditure for the period (Belanja dalam rentang waktu)
- St = Salvage value at time t (nilai residu pada waktu t)
- Ep = Machine age at time t (usia peralatan pada umur t)

Menurut park (2011) di dalam Gransberg (2015, p. 30) kalkulasi *Equivalent Uniform Annual Cost* (EUAC) sebagai berikut,

$$EUAC = LCC + \text{Operating Cost} + \text{Ownership Cost}$$

$$\text{Operating Cost} = \left(\sum_{t=1}^N \text{Operating Cost}_t \right) (P_r)(A_r)$$

$$\text{Ownership Cost} = (P_0 - S_N)A_r + i(S_N)$$

Dimana:

- EUAC= *Equivalent Uniform Annual Cost*
- LCC= *Life Cycle Cost*
- IC = (list price/initial cost – tire cost)
- SN = *Salvage Value* on N year
- N = Tahun perhitungan
- i = Interest Rate
- P = Present Worth
- AP = Capital Recovery Factor (AP, i, N)
- TC = Tire Cost

2.9. Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian masalah yang didasarkan atas teori yang relevan. (Sugiyono, 2015).

Studi sebelumnya seperti yang diungkapkan oleh Gransberg (2015), Mitchell Jr. (1998), O'Connor (2014) menunjukkan model biaya perbaikan (*mathematic Models*) dapat dibentuk dari umur peralatan (*independent variable*) berkorelasi dengan biaya perbaikan.

- 1) Umur ekonomi Wheel Loader berkisar antara 5 – 8 tahun,
- 2) Penelitian O'Connor (2014, p. 60) menghasilkan umur ekonomi Wheel loader Volvo tahun 2006 berada pada usia 5 – 8 tahun.
- 3) *Interest cost* adalah faktor yang memberikan dampak paling besar dalam penentuan *economic life*
- 4) Masih dari penelitian O'Connor (2014, pp. 60-61), factor paling sensitivity pada Volvo Wheel loader adalah *Interest Cost*. *Interest cost* adalah biaya yang digunakan untuk menentukan biaya kepemilikan (*ownership cost*)

3. METODE PENELITIAN

Pembentukan model biaya perbaikan dilakukan metode regresi sedangkan faktor – faktor yang mempengaruhi umur ekonomi dibentuk dengan distribusi segitiga dengan simulasi Monte Carlo dengan menggunakan program komputer Vose ModelRisk.

Vose Model Risk adalah software menggunakan teknik Mersenne Twister untuk menghasilkan *random numbers* untuk simulasi dalam software tersebut. Mersenne Twister adalah *pseudo-random number* yang dihasilkan dari alogaritma yang dibangun oleh Makoto Matsumoto and Takuji Nishimura.

3.1. Pendekatan Penelitian

Tipe penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan kasus pada pengoperasian wheel loader di area Pelabuhan batubara Jetty-R. Faktor- faktor yang bersifat teknis tidak diamati untuk melakukan penentuan umur keekonomian, semuanya dilihat dari sisi biaya(cost).

3.2. Lokasi Penelitian & Populasi

Penelitian ini mengambil objek pada PT. KEPID Technology yang berada di desa Sungai Puting, Kab. Tapin, Kalimantan selatan sedangkan Populasi dalam penelitian ini adalah 5 unit *Wheel Loader* Volvo L220 yang beroperasi di pelabuhan khusus batubara Jetty-R, Hasnur.

3.3. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini dibagi menjadi 3 bagian utama,

1. Pembentukan *Repair Cost Model*

Model biaya yang dibentuk dengan metode regresi, dimana umur peralatan (X) sebagai *independent variable* dan biaya perbaikan dan perawatan (*Repair and maintenances cost*) (Y) merupakan *variable dependently*. Penentuan umur ekonomi peralatan menggunakan *Minimum Cost Method*. Hasil dari *repair cost model* akan masuk kedalam tabulasi tahunan untuk perkiraan biaya dimasa datang berdasarkan model regresi yang dibentuk. Langkah penentuan umur ekonomi ini, tidak dapat dilakukan sebelum langkah pertama (pembentukan *repair cost model*) selesai.

2. Penentuan faktor yang mempengaruhi umur ekonomi

Data rentang sebagai parameter masukan akan disimulasikan dengan distribusi segitiga (*triangle distribution*) yang akan menghasilkan tornado diagram sebagai outputnya. Semakin besar rentang dalam *tornado chart* akan menghasilkan pengaruh yang besar terhadap biaya O&O yang nantinya akan mempengaruhi panjang pendeknya umur ekonomi.

3.4. Model Regresi Biaya Perbaikan dan Perawatan

Model regresi biaya perbaikan dan perawatan disusun berdasarkan satu variabel independen (umur peralatan) dan satu variable dependen (biaya perbaikan dan perawatan). Analisa regresi tersebut diatas akan meneliti adakah hubungan dan antara jam kerja peralatan terhadap biaya peralatan.

Biaya perbaikan dan perawatan sendiri tersusun berdasarkan sub biaya – biaya perawatan sebagai berikut,

$$RMC=SMC+USMC+TC$$

Dimana,

RMC = *Repair & Maintenance Cost*

USMC = *Unschedule Maintenance Cost*

TC = *Tire Cost*

3.4.1. Komponen Biaya O&O Cost

Ownership & Operating Cost atau *total cost* diperoleh dari penjumlahan 2 biaya utama, Biaya kepemilikan (*ownership cost*) dan biaya operasional (*operating cost*) yang disusun sbb,

1) *Owning Cost* (Biaya Kepemilikan)

Biaya biaya yang timbul dari biaya penguasaan peralatan, biaya akibat depresiasi dan suku bunga,

2) *Operational Cost* (Biaya Operasional)

Biaya operasional adalah biaya yang timbul dari biaya upah buruh (operator dan mekanik), biaya bahan bakar, biaya downtime, dan biaya biaya yang timbul karena ijin operasional, biaya perbaikan dan perawatan serta biaya decommissioning.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara obeservasi, studi pustaka, internal dokumentasi, dan wawancara. Adapun data – data menurut sumber perolehan datanya sebagai berikut,

No	Data	Internal Document	Wawancara
1	Initial Cost	<i>Price Quotation/refernces</i>	
2	Catatan PM	1) <i>Scheduling PM</i> 2) <i>Maintenances Checksheet</i>	Verifikasi data
3	PM Cost	Catatan keuangan biaya perawatan berkala	Verifikasi data
4	Breakdown Cost	Catatan keuangan untuk biaya perbaikan	Verifikasi data

5	Tire Repair & Purchase	Catatan keuangan untuk biaya perbaikan	Verifikasi data
6	Fuel Cost	1) Catatan konsumsi bahan Bakar 2) Catatan Harga Bahan Bakar	Verifikasi data
7	<i>Salvage Value</i>		
8	Technical Spesification	<i>Operational & manual Handbook</i>	
9	<i>Downtime Cost</i>	1) <i>Downtime Record</i> 2) <i>Lost Opportunity Calculation</i>	Verifikasi data
10	<i>Useful Life</i>	Regulasi perpajakan Indonesia	
11	Sukubunga	Sukubunga bank Indonesia	
12	Umur peralatan	1) Operator Checksheet 2) Operation Report	

3.6. Teknik Analisis & Simulasi Data

Tahapan analisis data, pembuatan model dan simulasi data adalah sebagai berikut,

1. Pembuatan model regresi *Repair Cost*

1) Mengumpulkan data perbaikan dan perawatan. Biaya perbaikan diambil dari sistem informasi, catatan *Purchase Order* (PO) dari biaya perbaikan dalam rentang tahun 2014 – 2018,

2) Mengumpulkan data dan mengolah jam operasional peralatan (*Wheel Loader* unit 1 sampai 5) berdasarkan catatan operasional *checklist* operator.

3) Membuat Model regresi dari variable bebas (umur peralatan) dan variable terikat (biaya perbaikan dan perawatan) menggunakan software bantu SPSS versi 23. Pemilihan model dilakukan dengan menentukan kofisien determinasi tertinggi

4) Jika model regresi memenuhi syarat determinasi dan uji F maka digunakan untuk meramalkan biaya perawatan di tahun yang akan datang.

2. Pembuatan model ekonomi peralatan berat

1) Parameter masukan model ekonomi *Wheel Loader* L220G disusun berdasarkan input *deterministic* dan *stochastic*. Data diambil dari tahun 2014 – 2018. Data diseleksi dan diolah untuk menghindari *noise cost* yang terjadi karena kesalahan inputing *Purchase Order* pada system informasi Ecount ERP (*Enterprice Resources Planning*),

2) Total biaya (*O&O Cost*) disusun berdasarkan tahun. Nilai residual disusun berdasar nilai asumsi *rule of thumb* yang dikemukakan oleh (Hildert, 2012). Hal ini dikarenakan karena tidak ada data atau taksiran data tentang nilai sisa.

3) Nilai rata - rata terendah dari penjumlahan biaya belanja modal (*ownership cost*) dan biaya *operating cost* menjadi titik ekonomi dari peralatan. Grafik dan perhitungan disusun menggunakan software Excel.

3. Pembuatan simulasi *sensitivity analysis*

- 1) Model ekonomi *Wheel Loader L220G* disusun berdasarkan input *deterministic* dan *stochastic*. Semua nilai akan dikonversi ke USD dengan mengacu pada nilai tukar bank Indonesia.
- 2) Data perbaikan dan perawatan dan operasional dikelompokkan tiap tahun, nilai maksimum, mode dan minimum, ditentukan untuk membentuk distribusi segitiga (*triangle distribution*). Distribusi ini yang nantinya digunakan sebagai dasar untuk melakukan simulasi Monte Carlo.
- 3) Simulasi dilakukan dengan 5000 iterasi menggunakan software *Vose ModelRisk* dengan *Triangle distribution*. Output berupa *tornado chart* yang akan menunjukkan faktor yang paling sensitif dalam penentuan biaya *Ownership & operating cost*.

- o Perhitungan biaya kepemilikan dan pengoperasian menggunakan metode yang digunakan Schneider/Peurifoy
- Model yang digunakan dalam penelitian ini sbb,



Gambar 4.1. Model LCC Wheel Loader Volvo L220G

4.2. Biaya Kepemilikan (Ownership Cost)

Harga 1 unit wheel loader L220G adalah 4.356.842.040 rupiah (USD 383,019.08 dengan Kurs 1 USD = IDR 11.375 pada bulan May 2014).

Tabel 4.1. Harga Perolehan Wheel Loader L220G

Uraian	Detail		Catatan	
	No	Uraian (IDR)	Jumlah	Uraian
Wheel Loader Volvo L220G	1	Harga (IDR)	3,980,783,480.00	Tanggal Perolehan: 24 Jun 2014, Harga termasuk ongkos kirim, asuransi, training, dll
	2	Pajak 10%	398,078,348.00	
	3	Harga Total (1+2) (IDR)	4,356,842,040.00	
	4	Harga Total (1+2) (USD)	383,019.08	1 USD = IDR 11,375 (14 Jun 2014)

Dasar perhitungan biaya kepemilikan,

4.1. Model Life Cycle Cost (LCC)

Model LCC Wheel loader Volvo L220G dibentuk berdasarkan catatan perawatan dan keuangan. Biaya akan dikumulatifkan dan dirata – rata kerana sistem informasi keuangan KEPID tidak membagi berdasarkan gambar 4.1. Perhitungan biaya perbaikan dikumulatifkan selama setahun dan dibagi dengan jumlah peralatan berat. Asumsi tentang model yang diterapkan sebagai berikut,

- o *Schedule* dan *unscheduled maintenance*, karena keterbatasan sistem pencatatan perawatan di PT.KEPID, 2 komponen biaya ini akan dijadikan menjadi satu (biaya perawatan). *Biaya Preventive maintenance* akan di susun ulang berdasarkan standar pemakain yang ditetapkan oleh manufaktur.
- o Expected life (umur yang diharapkan) 8 tahun sesuai dengan nilai sisa buku atau 28,000 – 30,000 jam kerja sesuai ketetapan perundangan untuk peralatan golongan 2
- o Biaya perawatan meliputi seluruh biaya buruh (*labor Cost*) dan biaya spareparts.
- o Kerugian karena *breakdown*, bersifat *lost of opportunity*, nilainya menjadi subyektif dan sulit untuk dimonetisasi dan tidak dimasukan dalam pembukuan perusahaan.
- o Biaya pengelolaan limbah dimasukan ke dalam perhitungan biaya operasional.

- o Umur Penggunaan (Expected Lifetime) = 8 tahun dengan jam Kerja per tahun = 3,172.06 – 4,377.22 jam/tahun) dibulatkan menjadi 3,100 – 4,500 jam/ tahun
- o Suku bunga = 8 - 16%
- o Biaya Pembelian (initial cost) = \$383,019.08 (Termasuk didalamnya pajak 10%, biaya pengiriman, biaya instalasi, training, dll)
- o Biaya Pembelian ban Bridgestone [29.5-25/28] = \$4,893.11
- o Perhitungan biaya perolehan sbb,

Tabel 4.2. Dasar Perhitungan Harga Perolehan Wheel loader L220G

Uraian	Jumlah	Tahun
Umur Penggunaan	8	Tahun
Jam Kerja per tahun	3172.06 - 4377.22	Jam
% Bunga	8 - 16	%
Initial Cost (IC)	383,019.08	USD
Tire Cost (4 Pos @USD4,893.11) (TC)	19,572.42	USD
Ownership Cost (OC) = IC-TC	363,446.66	USD

4.2.1. Equivalent Uniform Annual Cost

$$EUAC = \frac{IC \times (i \times (1 + i)^n)}{((1 + i)^n - 1)}$$

Dimana,

- IC = Initial Cost (Biaya Pembelian)
- i = Suku Bunga
- n = Tahun penggunaan

Hasil Perhitungan EUAC untuk Suku Bunga

	8%	16%
EUAC	63,245.14	83,674.24

4.2.2. Biaya kepemilikan (Ownership Cost)

$$OC = \frac{EUAC}{WH}$$

Dimana,

OC = Ownership Cost [USD/Hour]
EUAC = Equivalent Annual Cost [USD]
WH = Working Hours [Hours]

Hasil Perhitungan pada suku bunga 8% - 16%

Tabel 4.3. Harga perolehan/Jam Operasional

Jam Kerja	8%	16%
3,100	20.40	26.99
4,500	14.05	18.59

Biaya kepemilikan per jam operasi: \$14.05 – \$26.99 /hour.

4.3. Biaya Operasi (Operating Cost)

4.3.1. Konsumsi Bahan Bakar

Hasil pemakaian bahan bakar (liter/jam) tahun 2014 – 2018 menurut catatan PT.KEPID Technology adalah sebagai berikut,

Tabel 4.4. Konsumsi bahan bakar [l/jam] WL Volvo L220G

o 2014 (dalam liter/jam)											
Equip.	May-14	Jun-14	Jul-14	Aug-14	Sep-14	Oct-14	Nov-14	Dec-14			
WL-01	20.86	23.16	21.04	20.33	20.95	20.80	20.46	20.15			
WL-02	20.81	23.14	20.95	20.03	20.50	20.26	20.80	20.45			
WL-03	19.96	22.96	21.53	21.15	21.47	20.80	20.91	20.29			
WL-04	21.03	22.95	20.41	20.41	19.91	20.57	22.28	20.02			
WL-05	20.85	24.36	20.74	20.82	20.66	20.69	20.49	20.31			

o 2015 (dalam liter/jam)												
No	Jan-15	Feb-15	Mar-15	Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15
WL-01	20.99	19.81	22.98	25.84	22.51	22.05	23.26	21.25	21.55	22.54	22.00	25.15
WL-02	20.36	19.80	21.97	24.12	22.45	22.92	21.41	20.35	23.02	23.46	21.74	24.08
WL-03	20.56	20.38	22.62	24.11	23.09	23.97	23.77	21.64	22.70	22.22	23.25	24.40
WL-04	20.33	20.23	23.09	24.53	22.54	23.64	21.75	20.03	22.38	23.06	23.64	24.12
WL-05	20.76	20.91	21.62	26.90	24.32	23.97	22.48	21.48	22.52	22.15	38.84	-

o 2016 (dalam liter/jam)												
No	Jan-16	Feb-16	Mar-16	Apr-16	May-16	Jun-16	Jul-16	Aug-16	Sep-16	Oct-16	Nov-16	Dec-16
WL-01	27.33	24.02	25.10	25.13	22.70	25.03	23.72	25.82	22.96	22.67	22.53	22.60
WL-02	24.21	22.43	22.69	22.90	20.76	21.12	22.96	22.82	24.03	22.90	23.11	23.67
WL-03	25.08	24.89	24.83	21.88	22.38	21.56	22.90	23.33	24.00	23.31	23.40	24.02
WL-04	22.60	23.71	22.28	21.31	21.75	21.16	23.78	23.98	24.02	23.04	23.58	23.80
WL-05	26.16	25.36	25.00	24.67	23.20	24.23	24.91	26.85	24.75	23.86	24.23	25.52

o 2017 (dalam liter/jam)												
Equip.	Jan-17	Feb-17	Mar-17	Apr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Nov-17	Dec-17
WL-01	20.44	20.44	21.39	21.41	21.39	21.41	21.39	21.41	21.39	21.41	21.39	21.41
WL-02	20.41	19.78	20.24	22.14	21.79	22.19	22.98	22.87	22.04	22.41	21.54	22.62
WL-03	21.39	24.37	21.89	24.79	22.99	24.89	22.77	22.60	22.67	22.95	22.79	22.79
WL-04	20.80	20.27	21.46	22.24	22.78	24.38	23.46	23.86	23.29	24.40	23.60	24.62
WL-05	17.98	23.81	21.48	22.89	24.81	24.43	22.46	22.79	21.28	21.87	22.86	22.68

o 2018 (dalam liter/jam)												
Equip.	Jan-18	Feb-18	Mar-18	Apr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Aug-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18	Dec-18
WL-01	20.20	24.43	24.13	27.97	24.28	22.99	21.99	21.96	22.98	21.14	20.80	21.38
WL-02	22.98	21.12	22.46	22.12	22.94	21.89	22.60	20.81	22.21	21.87	21.18	22.52
WL-03	22.21	23.22	22.15	23.40	21.71	22.60	19.47	21.26	20.79	20.74	21.06	22.60
WL-04	22.08	23.34	22.01	22.58	22.16	22.28	21.34	21.71	22.63	21.87	21.80	24.24
WL-05	22.18	22.41	21.89	18.12	17.52	19.60	20.10	21.38	-	22.39	21.34	21.95

Hasil pengolahan data rata – rata pemakaian bahan bakar (liter/jam) tahun 2014 – 2018 adalah sebagai berikut,

Tabel 4.5. Pemakaian bahan bakar Wheel Loader 2014 – 2018

Minimum Fuel Consumption	16.123	liter/jam
Maximum Fuel Consumption	25.669	liter/jam
Averages Fuel Consumption	22.602	liter/jam

Perbandingan pemakaian bahan bakar menurut Gransberg and aktual adalah sebagai berikut,

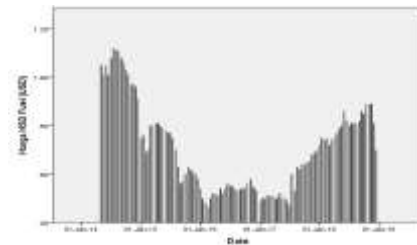
Tabel 4.6. Pemakaian Actual Consumption VS Gransberg Method

Actual (2014 – 2018)	22.60	liter/hour
Favorable [Gransberg]	21.825 – 26.190	liter/hour

Rata – rata pemakaian bahan bakar solar dalam rentang tahun 2014 – 2018 adalah 22.602 Liter/Jam untuk Wheel Loader Volvo L220G dengan daya 373 Hp.

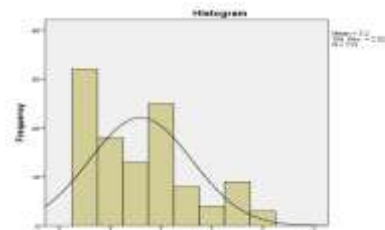
4.3.2. Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Perhitungan biaya bahan bakar didasarkan pada harga High Speed Diesel (HSD) fuel dari PT. AKR sebagai pemasok bahan bakar untuk PT.KEPID Technology. dari beroperasi Mei 2014 – Desember 2018.



Gambar 4.2. Grafik Harga HSD (Solar) PT.AKR

dengan asumsi sbb, Harga maksimum bahan bakar = \$ 1.12, Harga minimum = \$ 0,46 , Jangkauan (J) = 0,66 , Jumlah data (n) = 112, Kelas Interval menjadi (k) = 7.762419 dibulatkan menjadi 8 dengan panjang kelas interval (J/k) = 0.09 Analisa deskriptif terhadap 8 kelas interval bahan bakar sbb,



Gambar 4.3. PT.AKR Fuel Price Diagram 2014 – 2018 (Sturges Method)

Tabel 4.7. Data Rentang Harga Bahan Bakar 2014 - 2018

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	32	28.6	28.6	28.6
2	18	16.1	16.1	44.6
3	13	11.6	11.6	56.3
4	26	23.2	23.2	79.6
5	8	7.1	7.1	86.7
6	4	3.6	3.6	90.3
7	9	8.0	8.0	97.3
8	3	2.7	2.7	100.0
Total	112	100.0	100.0	

Untuk mendapatkan data rentang dengan tingkat confidence 95%, maka dipilih data rentang harga bahan bakar \$0.46 – \$1.08. Frekuensi tertinggi didapat pada rentang harga \$0.46 – \$0.54 sebanyak 32 kali kejadian dengan nilai tengah \$0.50.

4.3.3. Biaya Operator

Rata – rata biaya operator per jam untuk PT. KEPID KEPID Technology

Tabel 4.8. Gaji Operator Alat Berat

a. Gaji Operator							
Pasien	Grade	Gaji Dasar (month)	Overtime (month)	TMR - Insentif produksi (Yearly)	B2B Kebutuhan Kebutuhan (Yearly)	Kebutuhan (B2B, B2B, B2B, B2B, B2B)	Yearly
Operator 1	3-4	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 2	3-4	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 3	3-5	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 4	3-4	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 5	3-4	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 6	3-4	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 7	3-4	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 8	3-4	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 9	3-4	5,061,000	2,954,688	10,122,000	4,415,216	6,161,000	116,886,471
Operator 10	3-3	4,355,000	2,542,514	8,710,000	3,799,302	5,455,000	100,734,475
Operator 11	3-3	4,355,000	2,542,514	8,710,000	3,799,302	5,455,000	100,734,475
Operator 12	3-2	3,992,000	2,330,590	7,984,000	3,482,621	5,092,000	92,429,696
Engineer HE	3-3	4,355,000	2,542,514	8,710,000	3,799,302	5,455,000	100,734,475
Total Biaya Tahunan Operator Alat berat & HE Admin(s)							1,446,611,359

b. Akomodasi Operator (43 Orang)				
No	Akomodasi	Harga	Jumlah	Total
1	Biaya Sewa 3. Ruang Mess (termasuk listrik, dan furnitures)	4,500,000	36	162,000,000
2	Makan @60,000/hari x 25Hari x 12 bulanan x 2 operator	60,000	3,600	216,000,000
Total Biaya Tahunan Operator Alat berat & HE Admin(s)				378,000,000
Total Biaya Tahunan Operator (a) + (b)				1,824,611,359.79
Biaya operator per jam kerja (Rupiah)				101,847.91
Biaya operator per jam kerja (\$)				7.50

4.3.4. Biaya Pengelolaan Limbah

Operasional alat berat (*Wheel Loader*) menghasilkan sampah dalam kategori B3 (Bahan Beracun dan berbahaya) hasil pekerjaan perawatan seperti filter, seal, dan limbah lainnya yang terkontaminasi minyak pelumas. Beban biaya sebagaiberikut:

Tabel 4.9. Biaya Pengelolaan Limbah

No	Deskripsi	Biaya (kg)	Qty	Total
1	Limbah filter & bahan, terkontaminasi est. @26 kg/minggu	5,769.23	1,404	8,100,000.00
2	Cleaning service	3,000,000	12	6,000,000.00
3	Biaya Penyimpanan sementara Limbah B3 (Pengelolaan TPS: Tempat penyimpanan Sementara)	4,500,000	12	4,000,000.00
Total biaya pengelolaan limbah tahunan				98,100,000
Biaya pengelolaan limbah per jam kerja (Rupiah)				5,475.84
Biaya pengelolaan limbah per jam kerja (USD)				0.40

4.3.5. Biaya Persediaan Suku cadang (Spareparts Stock)

Tercatat tahun 2017 PT. KEPID Technology menginvestasikan sejumlah dana untuk pembelian *parts stock*. Biaya pembelian sukucadang untuk persediaan adalah sebagai berikut,

Tabel 4.10. Biaya Persediaan Sukucadang

No	Deskripsi	Biaya	Qty	Biaya per tahun
1	Pembelian sparepart untuk stock 2017*	256,502.40	1	256,502.40
2	Biaya Penyimpanan (Manpower & building)	588.85	12	7,066.20
Total biaya Tahunan untu 5-unit Wheel Loader				263,568.60
Total biaya per unit Wheel Loader				52,713.72
Biaya persediaan sukucadang per jam kerja				2.94

Catatan:

1)Rata - rata jam kerja 2014-2018 (5 Unit WL)= 17,915.06 jam/tahun,

2) Rata - rata kurs 2014-2018: \$1 =Rp.13,585.8,

3) Rata - rata jam kerja 1 unit WL/tahun = 3,583.012/unit

4.4. Biaya Perawatan (Maintenance Cost)

4.4.1. Biaya Perawatan berkala

Biaya perawatan berkala adalah sebagai berikut,

a. Biaya Filter & Seal

Tabel 4.11.a. PM Consumables

Deskripsi	PM 500	PM 1000	PM 2000	PM 4000	PM 6000
Filter (USD)	161.02	529.80	810.22	940.22	810.22
Oil & Grease (USD)	189.47	173.02	1,458.83	2,452.49	1,696.49
Total	350.49	702.82	2,269.05	3,392.71	2,506.71
PPN 10%	35.05	70.28	226.90	339.27	250.67
Grand Total	385.54	773.10	2,495.95	3,731.98	2,757.38

b. Biaya Daily Greasing

Tabel 4.11.b. Greasing

No	Purpose	Name	Qty	Unit Price	Total [USD]
1	Greasing	GADUS S2 V220	12	651.00	7,812.00
				PPN 10%	781.20
				Total (a)	8,593.20
				Biaya Grease per unit Wheel Loader (USD)	1,718.64
				Biaya Grease per unit Wheel Loader (USD/Hour)	0.48

Catatan:

1)Rata - rata jam kerja 2014-2018 (5 Unit WL)= 17,915.06 jam/tahun,

2) Rata - rata kurs 2014-2018: \$1 =Rp.13,585.8,

3) Rata - rata jam kerja 1 unit WL/tahun = 3,583.012/unit

c. Total biaya perawatan berkala per jam kerja

Tabel 4.11.c. Greasing

Tahun	Biaya PM	Greasing Harian	Total	HM	USD/Hour
2014	29,849.23	8,593.20	38,442.43	3591.46	2.14
2015	40,402.70	8,593.20	48,995.90	3357.84	2.92
2016	40,432.91	8,593.20	49,026.11	3416.48	2.87
2017	32,273.24	8,593.20	40,866.44	3172.06	2.58
2018	46,116.48	8,593.20	54,709.68	4377.22	2.50
Average PM Cost (USD)					2.60

4.4.2. Biaya Perbaikan (Repair Cost)

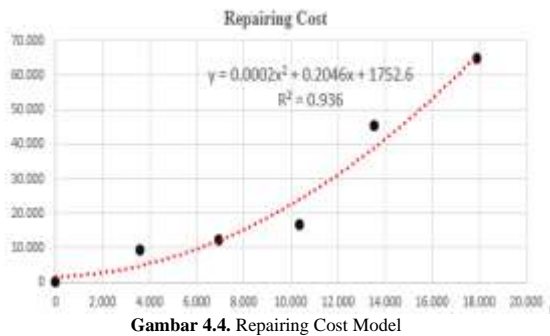
Analisa regresi digunakan untuk memodelkan biaya perbaikan dibandingkan dengan jam operasional (*hours meter*). Model biaya perbaikan ini digunakan untuk memperkirakan biaya perbaikan tahun depan dan untuk menentukan umur keekonomian peralatan. Hasil Pengolahan biaya perbaikan dan perawatan adalah sebagai berikut

Tabel 4.12. Biaya aktual perbaikan dan umur peralatan

Year	Work Hour [Hour]	Repair Cost [USD]	Cum. Work Hour [Hour]	Cum. Repair Cost [Hour]
2014	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	3,591.46	9,219.67	3,591.46	9,219.67
2015	3,357.84	12,131.08	6,949.30	21,350.75
2016	3,416.48	16,588.24	10,365.78	37,938.99
2017	3,172.06	45,306.54	13,537.84	83,245.53
2018	4,377.22	64,523.83	17,915.06	147,769.36

4.4.2.1. Model Regresi Biaya perbaikan

Pendekatan model regresi dari *repair cost* (biaya perbaikan) dengan *working hour* (jam kerja) peralatan adalah seperti grafik dibawah,



Gambar 4.4. Repairing Cost Model

Analisa menggunakan SPSS menghasilkan model regresi biaya perbaikan dan perawatan sebagai berikut,

$$Y = 1752.6 + 0.2046X + 0.0002X^2$$

Dengan analisa sebagai berikut,

- Nilai R square pada tabel *model summary* adalah presentase kecocokan model, atau nilai yang menunjukkan seberapa besar *variable independent (Working hours)* menjelaskan *variable dependent (repair cost)*
- *Adjusted R Square* sebesar 0.936 artinya *variable independent* mampu menjelaskan *variable dependent* sebesar 93.6%, sedangkan 7.4% dijelaskan oleh faktor lain yang tidak terdapat dalam model.
- Analisa tabel Anova, menghasilkan nilai significant 0.008 yang berarti nilai signifikansi < 0.05 maka keputusannya adalah ditolak Ho atau *variable independent* berpengaruh *significant* terhadap *variable dependent*
- Model regresi yang dibangun adalah model regresi *quadratic*, dipilih karena mempunyai *R square* lebih tinggi dari regresi linear.

Peramalan biaya perbaikan berdasarkan model regresi adalah sebagai berikut,

Tabel 4.13. Peramalan biaya perbaikan (forecasting)

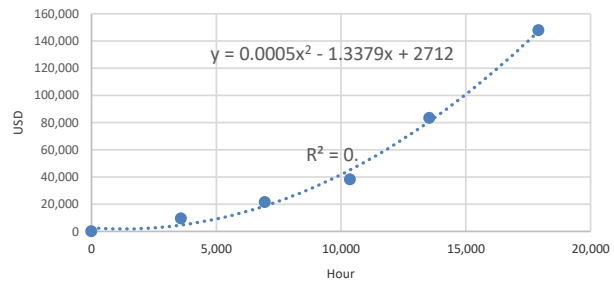
Year	Work Hour [Hour]	Cum. Work Hour [Hour]	Repair Cost [USD]	Regression Model (1)	% Error
2014	0.00	0.00	0.00	1,752.60	-
2014	3,591.46	3,591.46	9,219.67	5,067.13	-45.04%
2015	3,357.84	6,949.30	12,131.08	12,832.98	5.79%
2016	3,416.48	10,365.78	16,588.24	25,363.32	52.90%
2017	3,172.06	13,537.84	45,306.54	41,177.06	-9.11%
2018	4,377.22	17,915.06	64,523.83	69,607.90	7.88%
2019	3,583.01	21,498.07		98,584.53	Forecast
2020	3,583.01	25,081.08		132,696.34	Forecast
2021	3,583.01	28,664.10		171,943.35	Forecast
2022	3,583.01	32,247.11		216,325.55	Forecast
2023	3,583.01	35,830.12		265,842.94	Forecast
2024	3,583.01	39,413.13		320,495.52	Forecast

Catatan

- 1) $y = 0.0002x^2 + 0.2046x + 1752.6$ dengan $R^2 = 0.9613$
- 2) Rata - rata Working Hours/ Tahun = 3,583.01

4.4.2.2. Model Biaya Perbaikan Kumulatif

Pendekatan model regresi dari *cumulative repair cost* (biaya perbaikan kumulatif) dengan *working hour* (jam kerja) peralatan adalah seperti grafik dibawah,



Gambar 4.5. Grafik Model Regresi Biaya Perbaikan Kumulatif.

Analisa menggunakan SPSS menghasilkan output model regresi biaya perbaikan kumulatif sebagai berikut,

$$Y = 2712 - 1.338X + 0.005X^2$$

Dengan analisa sebagai berikut,

- Nilai R square pada tabel *model summary* adalah presentase kecocokan model, atau nilai yang menunjukkan seberapa besar *variable independent (Working hours)* menjelaskan *variable dependent (Cummulative repair cost)*
- *Adjusted R Square* sebesar 0.995, artinya *independent variable* mampu menjelaskan *dependent variable* sebesar 99.5%, sedangkan 0.5% dijelaskan oleh faktor lain yang tidak terdapat dalam model
- Analisa tabel Anova, menghasilkan nilai significant 0.00 yang berarti nilai signifikansi < 0.05 maka keputusannya adalah ditolak Ho atau *variable independent* berpengaruh *significant* terhadap *variable dependent*

Peramalan biaya kumulatif perbaikan adalah sebagai berikut,

Tabel 4.14. Cummulative repairing cost forecasting

Year	Work Hour [Hour]	Cum. Work Hour [Hour]	Repair Cost [USD]	Regression Model (1)	% Error
2014	0.00	0.00	0.00	2,712.00	-
2014	3,591.46	3,591.46	9,219.67	4,355.92	-52.75%
2015	3,357.84	6,949.30	21,350.75	17,560.22	-17.75%
2016	3,416.48	10,365.78	37,938.99	42,567.28	12.20%
2017	3,172.06	13,537.84	83,245.53	76,234.93	-8.42%
2018	4,377.22	17,915.06	147,769.36	139,216.34	-5.79%
2019	3,583.01	21,498.07		205,031.13	Forecast
2020	3,583.01	25,081.08		283,683.90	Forecast
2021	3,583.01	28,664.10		375,174.64	Forecast
2022	3,583.01	32,247.11		479,503.36	Forecast
2023	3,583.01	35,830.12		596,670.05	Forecast
2024	3,583.01	39,413.13		726,674.72	Forecast

Catatan

- 1) $y = 0.0005x^2 - 1.338x + 2712$ dengan $R^2 = 0.9613$
- 2) Rata - rata Working Hours/ Tahun = 3,583.01 hour/year

4.4.3. Biaya Mekanik

Biaya jam kerja mekanik per jam operasi adalah sebagai berikut,

Tabel 4.15.. Upah mekanik

A. Gaji Mekanik							
Posisi	Grade	Gaji Dasar (mrbk)	Gaji Pokok (mrbk)	TGG + Tunjangan (mrbk)	BPJS Kesehatan (mrbk)	Medical (1)	Tunai
Mekanik 1	3-1	2.992.000	3.477.000	16.794.000	4.705.000	6.497.000	124.470.000
Mekanik 2	3-1	2.992.000	3.138.700	15.944.000	3.992.000	5.992.000	95.420.000
Mekanik 3	3-1	2.875.000	3.028.700	14.930.000	3.931.000	4.931.000	80.000.000
Mekanik 4	4-1	3.044.000	3.175.100	14.930.000	3.931.000	4.931.000	70.941.000
Total Biaya Tahunan Operator Alat berat di HSE Adiwiryo							368.233.500
B. Akomodasi Operator (12 Orang)							
No	Akomodasi	Biaya	Jumlah	Total			
1	Biaya Sewa 1 Ruang Mulu (persnank kost, dan furniture)	4.200.000	12	50.400.000			
2	Makan @60.000 hari x 22hari x 12 bulanan mekanik	60.000	1.200	72.000.000			
Total Biaya Tahunan Operator Alat berat di HSE Adiwiryo				128.000.000			
Total Biaya Tahunan Operator (a)+(b)				496.233.500.00			
Biaya operator per jam kerja (Rp/jam)				27.387.38			
Biaya operator per jam kerja (USD)				2.93			

4.4.4. Biaya Ban

Tercatat dalam rentang 2014 – 2018 terjadi pergantian 10 ban Wheel Loader, Biaya operasional per/jam adalah sebagai berikut,

Tabel 4.16. Biaya pembelian tire Bridgestone

No	Deskripsi	Price (USD)	Qty	Total (USD)
1	Tyre Bridgestone 29.5 R25 L4	4,893.11	10	48,931.05
PPN 10%				4,893.11
Total Tire Cost				\$ 53,824.16
Total Tire Cost/hour				\$ 3.00

4.5. Biaya Dispossal

4.5.1. Nilai Sisa (Salvage Value)

Nilai sisa dihitung berdasarkan nilai buku yang tercatat dalam sistem keuangan KEPID menggunakan perhitungan *straightline* depreasiasi. Nilai sisa peralatan sbb,

Tabel 4.17. Nilai Buku Peralatan [Straight line Depreciation]

Tahun	Tarif	Penyusutan	Nilai Sisa Buku (IDR)	Nilai Sisa Buku (USD)
Harga Perolehan			4,356,842,040.00	383,019.08
2014	12.50%	544,605,255.00	3,812,236,785.00	335,141.70
2015	12.50%	544,605,255.00	3,267,631,530.00	287,264.31
2016	12.50%	544,605,255.00	2,723,026,275.00	239,386.93
2017	12.50%	544,605,255.00	2,178,421,020.00	191,509.54
2018	12.50%	544,605,255.00	1,633,815,765.00	143,632.16
2019	12.50%	544,605,255.00	1,089,210,510.00	95,754.77
2020	12.50%	544,605,255.00	544,605,255.00	47,877.39
2021	12.50%	544,605,255.00	-	-

Sedangkan nilai sisa berdasarkan aturan *tumb of rule* (Hildert, 2012),

Tabel 4.18. Nilai Sisa / residual market value/ salvage value

no	Year	Work Hour [Hour]	Cummulative Work Hour [Hour]	Book Value	Depreciation (Ownership Cost) [Acquisition - Book Value]	Capital Cost/Hour
0	2014	0.00	0.00	383,019.08	0.00	
1	2014	3,591.46	3,591.46	202,108.65	180,910.43	50.37
2	2015	3,357.84	6,949.30	145,294.74	56,813.91	16.92
3	2016	3,416.48	10,365.78	118,965.06	26,329.68	7.71
4	2017	3,172.06	13,537.84	104,098.80	14,866.26	4.69
5	2018	4,377.22	17,915.06	90,492.23	13,606.57	3.11
6	2019	3,583.01	21,498.07	82,607.72	7,884.50	2.20
7	2020	3,583.01	25,081.08	76,479.89	6,127.83	1.71
8	2021	3,583.01	28,664.10	71,540.39	4,939.50	1.38
9	2022	3,583.01	32,247.11	67,448.92	4,091.46	1.14
10	2023	3,583.01	35,830.12	63,987.67	3,461.26	0.97
11	2024	3,583.01	39,413.13	61,009.85	2,977.82	0.83

4.5.2. Biaya decommissioning

Biaya yang dikeluarkan bertujuan untuk penghancuran unit, seperti transportasi ke tempat pembuangan, biaya pembuangan dll. Kenyataannya biaya ini tidak timbul karena peralatan masih memiliki nilai sisa (*salvage value*) dari penjualan besi/barang bekasnya menutupi biaya untuk pemusnahan. Nilai sisa (*salvage value*) tidak ditemukan literatur atau catatan tentang harga sisa peralatan terutama di wilayah Indonesia. Biaya *decommissioning* dalam penelitian ini dianggap 0, karena karena nilai sisa mampu menutupi biaya ini.

4.6. Biaya Operasional & Perawatan per Jam Operasional

Berdasarkan perhitungan, biaya *Ownership cost* dan *Operation Cost* Wheel Loader L220 G adalah dalam rentang USD 44.94 – 78.73.

Tabel 4.19. Biaya Kepemilikan & Pengoperasian WL L220G/Jam Kerja

NO	Dasar Perhitungan	Deterministic	Schocastic	
			Min	Max
	Daya Kuda (Hp)	373.00	373.00	373.00
	Harga Ban Bridgestone 29.5 R25 L4 (4pcs)	4,893.11	4,893.11	4,893.11
	Harga Bahan Bakar	0.70	0.46	1.12
	Pajak	0.10	0.10	0.10
o	Kondisi rata - rata saat penggunaan			
	Jam kerja tahunan	3,583.01	3,100.00	4,500.00
	Tahun Penggunaan	8.00	8.00	8.00
	Tatal jam kerja yang dirapakan	28,664.08	25,376.48	35,017.76
A	Faktor yang digunakan dalam kalkulasi			
1	Suku bunga [%]	11%	8%	16%
2	Pajak [%]	10%	10%	10%
3	Nilai Sisa (Salvage Value) [USD]	0.00	0.00	0.00
B.	Ownership Cost			
5	Initial Cost [USD]	383,019.08	383,019.08	383,019.08
6	Tire Cost @ USD 4,8x 4PCS [USD]	19,572.42	19,572.42	19,572.42
7	IC - TC [USD]	363,446.66	363,446.66	363,446.66
8	Equivalent Uniform Annual Cost [USD/Year]	70,625.34	63,245.08	83,674.24
9	Hourly Ownership Cost [USD/Hour] (8 Year)	19.71	14.05	26.99
C.	Operating & Maintenances Cost			
C.1	Operation Cost			
10	Averages Fuel Cost [USD/Liters]	0.70	0.46	1.08
11	Averages Fuel Consumption [Liter/Hours]	22.60	16.12	25.67
12	Hourly Fuel Cost [USD/Hour]	15.82	7.42	27.72
13	Operator Hourly wages [USD/Hour]	7.50	7.50	7.50
14	Pengelolaan Limbah [USD/Hour]	0.40	0.40	0.40
15	Spare Parts Cost [USD/Hour]	2.94	2.94	2.94
16	Total (12+13+14+15)	26.66	18.25	38.56
C.2	Maintenances Cost			
17	Hourly Repair and PM Cost [USD/Hour]	8.27	4.25	11.15
18	Mechanic Hourly wages [USD/Hour]	2.03	2.03	2.03
19	Total (6+7+8+9)	10.30	6.28	13.18
20	Total Ownership and Operating Cost [USD/Hour]	56.67	38.59	78.73

4.7. Umur Keekonomian Peralatan

Umur keekonomian peralatan ditentukan dengan metode *Minimum Cost Method*. Umur ekonomi ditentukan dengan rata-rata nilai *total cost* yang terendah. terletak pada tahun

keempat. Setelah tahun tersebut akan terjadi kenaikan biaya perawatan yang akan menaikkan biaya perbaikan.

Tabel 4.20. Umur Ekonomi WL L220G/Jam Kerja

Tabel 4.21. Economic Life Wheel Loader L220G

Year	Hourly Ownership Cost	Hourly Fuel Cost	Hourly Operator Cost	Hourly Maintenance Cost	Hourly Repair Cost	Hourly Spare Parts Cost	Hourly Mechanic Cost	Total Hourly Cost	Hourly Revenue	Hourly Profit
1	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
2	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
3	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
4	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
5	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
6	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
7	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
8	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
9	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
10	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
11	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
12	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
13	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
14	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
15	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
16	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
17	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
18	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
19	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
20	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
21	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
22	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
23	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
24	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
25	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
26	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
27	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
28	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
29	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56
30	14.05	7.42	7.12	0.32	2.35	4.25	1.93	28.44	30.00	1.56

Notes:
1. Economic life of machine is determined by year in which the average annual contribution cost is maximum.
2. This cost cost data based on research result of data company (data from year 11, 13, 15, 18, 20).
3. Rate - rate per hour = 1,101.31 per hour.
4. Operating cost during 8 year = 25.68 USD per hour.

Gambar 4.6. Umur Ekonomi WL L220G/Jam Kerja



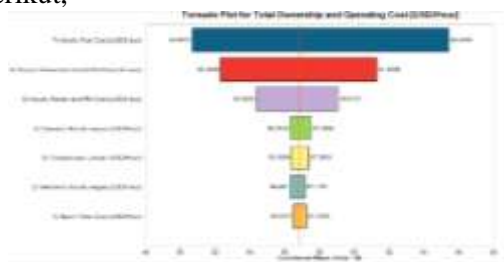
4.8. Sensitivity Analysis

Sensitivity analysis disusun berdasarkan distribusi segitiga (*Triangle distribution*) dengan membagi input parameter menjadi 3, *Minimal*, *Most likely* dan *Maximal*. Susunan Input Parameter sbb,

Table 4.21. Triangle distribution for Sensitivity Analysis

No	Description [USD/Hour]	Min	Most Likely	Max	Actual
1	Hourly Ownership Cost (8 year)	14.05	19.71	26.99	22.61
2	Hourly Fuel Cost	7.42	11.3	27.72	25.16
3	Operator Hourly wages	7.12	7.50	9.00	8.69
4	Pengelolaan Limbah	0.32	0.40	0.48	0.46
5	Spare Parts Cost	2.35	2.94	3.53	2.94
6	Hourly Repair and PM Cost	4.25	8.27	11.15	6.43
7	Mechanic Hourly wages	1.93	2.03	2.23	2.13
8	Total Ownership and Operating Cost	38.59	56.67	78.73	68.43

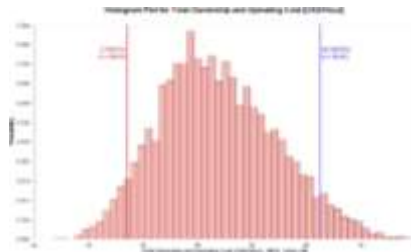
Hasil simulasi Monte Carlo dengan iterasi 5000 x menghasilkan diagram tornado sebagai berikut,



Gambar 4.7.. Sensitivity Parameter O&O Cost WL Volvo L220G

Hasil pengujian *sensitivity Analysis* menghasilkan kesimpulan sebagai berikut,

- ✓ Parameter Bahan bakar solar memberikan pengaruh terbesar terhadap penyusunan O&O cost disusul parameter *Ownership cost* (biaya kepemilikan)
- ✓ Parameter biaya perbaikan dan perawatan merupakan parameter ketiga yang paling berpengaruh terhadap pembentukan biaya O&O.
- ✓ Hasil dari simulasi Monte Carlo terhadap harga bahan bakar membentuk distribusi segitiga sebagai berikut,



Gambar 4.8. Distribusi Simulasi Monte Carlo O&O Cost

5. PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pengolahan data menggunakan metode statistik pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut,

1. Penelitian ini membuktikan bahwa umur peralatan berpengaruh signifikan terhadap biaya perbaikan dan biaya perbaikan kumulatif dengan model regresi sebagai berikut $Y = 2712 - 1.338X + 0.005X^2$ Dengan koefisien determinasi $R=0.995$, dan memperkuat studi sebelumnya seperti yang diungkapkan oleh Gransberg (2015), Mitchell Jr. (1998), O'Connor (2014)
2. Beban pembelian *spareparts* untuk keperluan stock yang meningkatkan *operating cost*.
3. Harga bahan bakar High Speed Diesel Fuel berkontribusi 27% dan merupakan parameter yang paling sensitivity dalam pembentukan biaya O&O (*Ownership & Operating Cost*)
4. Pemakaian bahan *Wheel Loader Volvo L220 G* sesuai dengan yang dikemukakan Gransberg dalam kategori favorable 22 – 34 Liter/jam
5. Umur ekonomi maksimum *Wheel Loader L220G* adalah 18,000 Hours, nilai tersebut diambil dari garis potong kurva biaya

perbaikan kumulatif dan nilai sisa (*salvage value*) Wheel Loader L220G

- Kontribusi biaya – biaya terhadap biaya kepemilikan dan perawatan, sebagai berikut,

No	Biaya [USD/Hour]	[USD/Hour]	%
1	Hourly Ownership Cost	19.71	34.78
2	Hourly Fuel Cost	15.82	27.92
3	Operator Hourly wages	7.50	13.23
4	Pengelolaan Limbah	0.40	0.71
5	Spare Parts Cost	2.94	5.19
6	Hourly Repair and PM Cost	8.27	14.59
7	Mechanic Hourly wages	2.03	3.58
<i>Total Ownership and Operating Cost</i>		56.67	100.00

- Biaya kepemilikan (*Ownership Cost*) berkontribusi terbesar terhadap biaya kepemilikan dan perawatan sebesar 34.78% sedangkan biaya bahan bakar berkontribusi 27.92 % terhadap biaya kepemilikan dan perawatan.
- Menurut Gransberg, Biaya konsumsi bahan bakar *Wheel Loader* berada di kondisi yang baik, sedangkan biaya perbaikan masuk kedalam kategori rata – rata biaya yang dikeluarkan untuk perawatan pada peralatan berat jenis *wheel loader*

5.2. Saran

Saran – saran untuk penelitian selanjutnya,

- Studi tentang model regresi dari nilai sisa (*salvage value*) akan sangat bermanfaat bagi studi lainnya yang berhubungan dengan nilai ekonomis peralatan berat.
- Diperlukan studi ekonomi lanjutan untuk menentukan nilai ekonomis peralatan pengganti (Chelenger)
- Karena model biaya perbaikan sangat langka ditemukan di Indonesia, model biaya perbaikan dari peralatan lainnya sangat diperlukan guna digunakan praktisi untuk menyusun rencana keuangannya.
- Biaya *lost of production* bersifat *intangible*, artinya bahwa nilainya susah untuk ditentukan/dimonetisasi.
- Dikarenakan usia peralatan telah memasuki umur keekonomiannya, diperlukan evaluasi terhadap peralatan lama sisi finansial agar tidak mengergus pendapatan disebabkan peningkatnya biaya perbaikan secara *exponential*

DAFTAR PUSTAKA

- Barringer, P. H., & Weber, D. P. (1996). Life cycle Cost Tutorial. *Fifth International Conference Process Plant Reliability*. Houston, Texas.
- Chen, S., & Keys, K. (2009). A Cost Analyis Model for Heavy Equipment. *Elsevier, Computer & Industrial Engineering* 56, 1276 - 1288.
- Douglas D. Gransberg, C. M. (2006). *Construction Equipment management for Engineer, Estimator and Owner*. Taylor and Francis.
- Gransberg, D. D. (2015). *Major Equipment Life Cycle Cost Analysis*. Minnesota: Minnesota Departement of Tranportation.
- Gransberg, D. D., Popescu, M. C., & Ryan, C. R. (2006). *Construction Equipment management for Engineer, Estimator and Owner*. Taylor and Francis.
- Hammer, L. H., Carter, W. K., & Usry, M. F. (1994). *Cost Accounting*. Cincinnati: South-Western Publishing Co.
- Hilderth, J. (2013). *Proof of Concept: Cummulative Cost Model for NCDOT Equipment Fleet Data*. Charlotte: UNC Charlotte.
- Mitchell Jr., Z. W. (1998). *A statistical Analysis Of Construction Repair Cost using Fiel Data and Cumulative Cost Model*. Virginia: Virginia Polytechnic Institutes .
- O'Connor, E. P. (2014). *Major Equipment Life Cycle Cost Analysis (Case : Minneapolis Public Works Flee service Division)*. Iowa: Iowa State University.
- Okano, K. (2001). *Life cycle costing - An approach to life cycle cost*. Asia Pasific Mangement Review.
- Reynold, S. H. (1976). *Life Costing Emphasizing Energy Conservation Guidelines for Investment*. US National Technical Information Service.
- Ruegg R, J. T. (1978). *Life-Cycle Costing, A guide for Selection Energy Conservation Projects for Public Buildings*. . National Technical Information Service.
- Shibiao Chen, L. K. (2009). A Cost Analyis Model for Heavy Equipment. *Elsevier, Computer & Industrial Engineering* 56, 1276 - 1288.
- Sugiyono. (2015). *Statiska Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Taylor, h. M., & Karlin, S. (1998). *An Introduction to stochastic Modelling*. London: Academic Press.
- Widarjono, A. (2018). *Analisa Regresi dengan SPSS*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.