

ANALISIS EFEKTIFITAS KINERJA EXCAVATOR PADA AKTIFITAS OB REMOVAL PENAMBANGAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE OEE

(STUDI KASUS: PT. RML EMBALUT – KALIMANTAN TIMUR)

Arif Nuryono

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Bhayangkara Jakarta

Email : arif.nuryono19@gmail.com

Abstrak

Performance measurement in manufacturing industry is usually measured with the approach of OEE (Overall Equipment Effectiveness). In the mining industry, backhoe excavator performance can also be measured by OEE value approach. OEE value measurement performed on the excavator in coal mine Embalut Kaltim. In the case study on the company, the performance analysis also compared with the backhoe excavator defined performance targets of the company. OEE Value mine done OEE parameter modification into 3 dimensions: availability, utilization and productivity index. OEE measurement mine OB Removal devoted to the activity, as this activity has a value greater than most activity cost Getting Coal. The measurement results OEE values for the existing conditions is very low. Two of six units which have a low OEE value. The low value of OEE most influential is the utilization value. If compared with OEE value targets, there are five units of backhoe has a value below the target. Efforts are being made to improve OEE values is by the application of TPM: implementing autonomous maintenance, implementation of SMED: change the internal activity into external and doing jobs that could be eliminated or Parallelize and application 5WIH: make your creative ideas by way of brainstorming or explore the idea of problem solving, After implementation of the improvement idea, the value of simulation obtained quite good, an increase compared with OEE value before improvement.

Keyword : Availability, Utilization, Productivity Index, TPM, SMED, 5WIH.

PENDAHULUAN

Bisnis dunia tambang batubara sampai tahun 2016 ini sangat lesu, banyak faktor yang mempengaruhi kondisi saat ini. Selama beberapa dekade terakhir, industri pertambangan permukaan telah difokuskan pada pemanfaatan ukuran, kapasitas tinggi peralatan otomatis yang besar untuk mendapatkan produksi yang lebih besar untuk memenuhi tuntutan pasar internasional. Dalam rangka mencapai tingkat produksi yang tinggi dengan harga satuan yang rendah, maka perlu menggunakan peralatan seperti efektif mungkin (Waqas et al., 2015). Sehingga para pelaku usaha jasa pertambangan mulai melakukan program efisiensi. Dalam rangka mencapai tingkat produksi yang tinggi dengan harga satuan yang rendah serta efisien, maka para pelaku tambang (kontraktor) perlu menggunakan peralatan seefektif dan se-produktif mungkin. Pertambangan adalah industri padat modal yang sangat, dan diketahui fakta bahwa pemanfaatan peralatan dan estimasi akurat dari pemanfaatan ini sangat penting karena manajer tambang ingin memanfaatkan peralatan mereka seefektif mungkin untuk mendapatkan kembali awal investasi mereka serta mengurangi total biaya produksi. (Elevli, 2010).

Salah satu perusahaan kontraktor tambang di Indonesia yang bergerak di bidang usaha jasa pertambangan khususnya batubara yang menjadi obyek penelitian adalah PT RML. Perusahaan ini mempunyai kontrak kerja proyek penambangan batubara di 4 wilayah Kalimantan yaitu di wilayah Embalut (Kaltim) dengan customer PT. Indo Tambangraya Megah, Tbk, di wilayah Krassi (Kaltara) dengan customer PT Mandiri Inti Perkasa, di wilayah Kutai Barat (Kaltim) dengan customer PT. Trubaindo Coal Mining dan di Wilayah Rantau (Kalsel) dengan

customer PT Hasnur Energy. PT. Riung Mitra Lestari saat ini menghadapi tantangan yang cukup berat untuk bisa berkembang ataupun hanya bisa bertahan di dalam usaha jasa pertambangan khusus batubara di Indonesia ini, yang saat ini sedang lesu dan ditambah lagi adanya tantangan dengan banyaknya PHK massal karyawan tambang. Output dari industri pertambangan Afrika Selatan cukup rendah sebelumnya pada 2012 dan tapi beberapa tahun terakhir mengalami penurunan lebih besar dari 20% dalam produktivitas keseluruhan dari beberapa operasi global (Claassen, 2012).

Dalam rangka mencapai visi dan misi yang telah ditetapkan perusahaan, yaitu “*menjadi kontraktor tambang yang handal dan efisien*” maka perusahaan harus melakukan upaya-upaya untuk meningkatkan revenue dengan meningkatkan profit dan menekan cost, agar dapat dicapai target produktivitas, keselamatan kerja yang optimal, *cost* yang efisien dan profitabilitas yang optimal serta iklim kerja yang kondusif pada saat sekarang maupun yang akan datang. Kerugian utama dalam efektivitas adalah bagian yang dapat melengkapi dan dikategorikan ke dalam tiga kelas downtime, kecepatan dan kerugian kualitas (Pintelon, Gelders dan Puyvelde, 2000). Upaya-upaya untuk memaksimalkan produktivitas akan dapat meningkatkan produksi, sehingga pada gilirannya akan menghasilkan pengurangan biaya, dan hal ini paling sering dilakukan oleh sistem fleet management (Nel et al., 2011). Hilangnya ketersediaan peralatan yang terlibat kerugian dalam produksi baik dalam hal apapun terjadi kegagalan peralatan karena teknis atau alasan lain atau dalam kasus penghentian minor peralatan selama operasi. (Waqas et al., 2015).

Penelitian ini mengambil lokasi PT. Riung Mitra Lestari (RML) di site Embalut Kalimantan Timur, site Embalut yang memiliki karakteristik batuan dengan tingkat kekerasan yang tinggi. Kinerja PT. RML Site Embalut Kaltim selama 4 tahun terakhir adalah: produktivitas 90,81%, utilisasi: 89,82% dan *physical availability*: 104,7%. Berdasarkan hal tersebut peneliti perlu mengkaji mengenai *Overall Equipment Effectiveness* alat *loader Excavator Overburden Removal*. Pendekatan OEE tambang bisa didasarkan pada *loading time*. (Elevli, 2010 dan Akande et al., 2013). Pendekatan lain adalah bahwa untuk mengukur efektifitas alat, saat ini menggunakan metode baru yang disebut MPI (*Mine Production Index*) (Hoseinie & Ghodrati, 2014).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi komparatif, yang bertujuan untuk mengetahui pencapaian aktual nilai OEE saat ini. Setelah mengetahui nilai OEE, kemudian membandingkan nilai OEE saat ini dengan nilai OEE berdasarkan target-target yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Apabila nilai OEE saat ini kurang dari nilai OEE sesuai target maka peneliti melakukan brainstorming untuk menentukan langkah-langkah perbaikan/*improve*. Setelah diupayakan langkah-langkah perbaikan, kemudian peneliti melakukan perhitungan simulasi terhadap nilai OEE.

Dalam menyelesaikan permasalahan yang ada penelitian ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif. Sedangkan pendekatan data-data kuantitatif atau statistik diperoleh dari hasil pengumpulan data lapangan. Desain penelitian yang dilakukan adalah eksploratif dan deskriptif. Eksploratif dapat dijelaskan bahwa penelitian ini bertujuan untuk menemukan suatu penyelesaian masalah pada peralatan pertambangan agar diperoleh hasil yang efektif dan efisien. Dengan menggunakan metode modifikasi OEE, teori perhitungan aplikasi alat berat dan teori SMED, harapannya akan diperoleh nilai OEE yang optimal. Sedangkan secara deskriptif dapat dijelaskan dengan fenomena peningkatan produksi yang optimal dengan variabel berupa produksi, efisiensi kerja dan *bucket fill excavator backhoe*.

Jenis data berupa data primer dan sekunder. Data primer dan sekunder yang diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data Primer yang merupakan data hasil pengamatan langsung dengan sumber data dari pengukuran data di lapangan yang meliputi data *job efficiency* dan data *bucket fill factor*.
- b. Data Sekunder yang merupakan data yang diolah dengan sumber data berupa laporan dan pencatatan operasional yang sudah ada yang meliputi laporan produktivitas (harian), data *downtime (BUS dan BS)*, data *loss time (delay & idle)*, data *working hours*, dan kapasitas *bucket*

Pendekatan modifikasi OEE menurut Waqas et al. (2015), Mohammadi (2015), Akande (2013), Lanke (2014), diperoleh dimensi yang kemudian dijadikan parameter atau indikator penelitian yang saling mempengaruhi.

$$OEE = Availability \times Utilization \times Productivity Index$$

Availability, dipengaruhi oleh *downtime*. *Utilization* dipengaruhi oleh *working hour* dan *loss time*, sedangkan *Productivity index* dipengaruhi oleh *bucket fill* dan efisiensi kerja.

Pengumpulan data terlebih dahulu dengan melakukan survei pendahuluan yaitu tahapan dalam pengenalan area yang akan dievaluasi. Selanjutnya, melakukan studi literatur terkait dengan pengukuran parameter OEE. Analisis ketersediaan peralatan (*availability*), analisis kinerja (*performance*) dan kualitas (*quality*). Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengumpulan dokumen dan observasi. Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas objek atau subjek yang mempunyai kuantitas dan karakteristik tertentu (Sugiyono, 2013). Dalam penelitian ini jumlah populasi adalah unit *excavator* PC 400 yang berjumlah 6 unit.

Sampel adalah bagian dari jumlah atau karakteristik tertentu yang diambil dari suatu populasi yang akan diteliti secara rinci (Sugiyono, 2009). Sampel yang akan diambil dalam penelitian ini sesuai dengan metode yang berlaku sehingga betul- betul representatif. Dalam penelitian ini sampel dari populasi alat *excavator* adalah berjumlah 6 unit. Sampel 6 unit ini sudah mewakili dari total 7 unit yang di rencanakan. Data yang diambil adalah data sekunder (*working hours, productivity, downtime, loss time*) dan data primer yaitu *job efficiency* dan data *fill factor* dalam 1 hari beroperasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Availability.

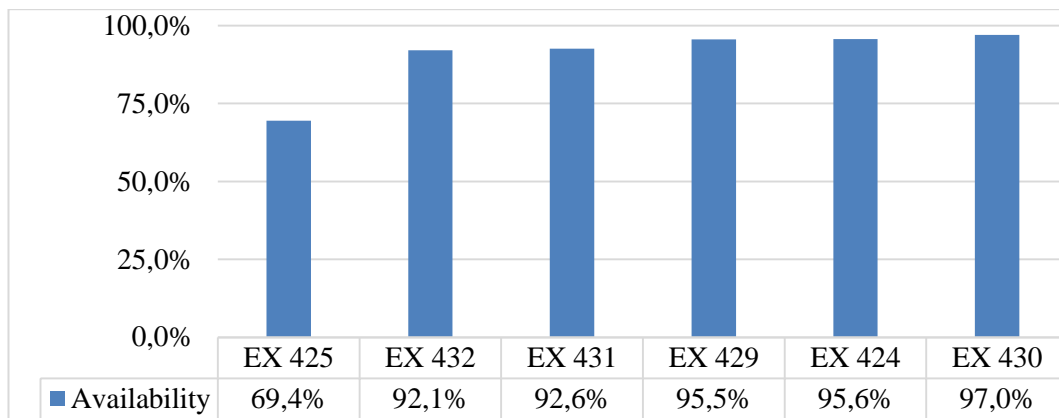
Data *availability* alat *excavator* terdiri dari data *Breakdown Schedule* (BS) dan *Breakdown Unschedule* (BUS). Dimana data tersebut di bandingkan dengan waktu dalam satu hari yang di sebut dengan MOHH atau *Machine On Hand Hours*. Data BS dan BUS merupakan data dalam satuan *hours* atau jam. Waktu yang tersedia dalam satu hari yang siap untuk operasional alat disebut *Available Time*. Sedangkan data BS dan BUS sering di sebut dengan waktu *downtime*.

Tabel 1. Data *Availability*

UNIT	MOHH	BS	BUS	AVT	<i>Availability</i>
EX 424	24	0,6	0,4	22,9	95,6%
EX 425	24	0,2	7,15	16,7	69,4%
EX 429	24	1,0	0,05	22,9	95,5%
EX 430	24	0,7	0	23,3	97,0%
EX 431	24	1,8	0,01	22,2	92,6%
EX 432	24	1,9	0	22,1	92,1%

Sumber : Data MOCO PT. RML (2016)

Availability adalah ketersediaan peralatan atau keadaan siap suatu mesin/peralatan baik dalam jumlah kuantitas maupun kualitas sesuai dengan kebutuhan yang digunakan untuk proses operasi. *Availability* juga digunakan untuk menilai keberhasilan dan efektifitas suatu peralatan terhadap kegiatan perawatan yang telah dilakukan.



Sumber: Data MOCO PT. RML (2016)

Gambar 1. Availability All Excavator

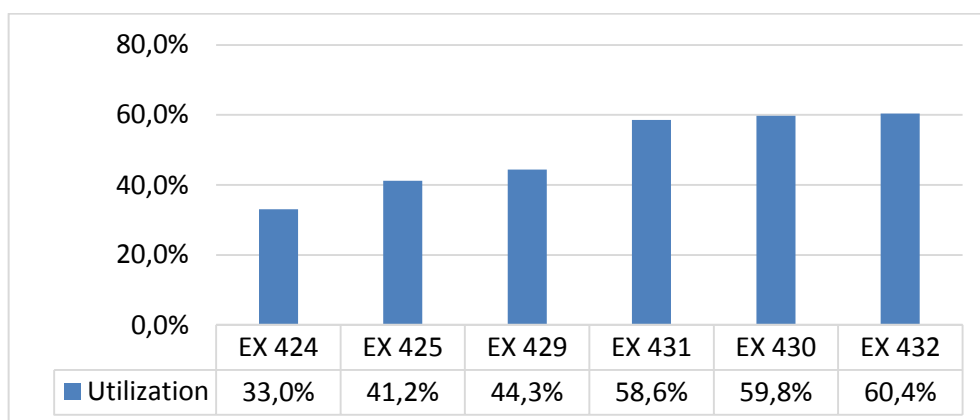
Utilization.

Utilization atau *Performance* dalam perhitungan OEE merupakan kinerja sebuah alat dapat beroperasi sesuai waktu yang disediakan. *Utilization* dipengaruhi oleh waktu yang hilang atau *loss time*. Dalam kasus dimanajemen peralatan dipertambahan waktu hilang dikategorikan menjadi 2 waktu, yang disebut *delay time* dan *idle time*. *Delay time* adalah waktu hilang dalam jam operasi yang dapat dikendalikan, sedangkan *idle time* adalah waktu hilang dalam jam operasi yang tidak dapat di kendalikan.

Tabel 2. Data Utilization

C/N	Eff. WH	Delay	Idle	Utilization
EX 424	7,755	14,136	1,057	33,0%
EX 425	9,443	10,362	0,794	41,2%
EX 429	10,46	11,3	1,168	44,3%
EX 430	14,08	8,0387	1,175	59,8%
EX 431	13,85	7,2031	1,16	58,6%
EX 432	14,08	6,8545	1,174	60,4%

Sumber : Data MOCO PT. RML (2016)



Sumber : Data MOCO PT. RML (2016)

Gambar 2. Utilization All Excavator

Productivity Index.

Dalam penelitian ini, khusus untuk analisis data dan perhitungan *productivity index* atau *quality rate*, harus mengambil data primer untuk pengumpulan datanya. Selain itu juga harus melakukan observasi terkait parameter kualitas hasil pekerjaan produksi. Beberapa penelitian sebelumnya yang populer menggunakan *bucket fill factor* yang paling mempengaruhi hasil kerja/output dari alat *excavator*. Dalam penelitian yang mempengaruhi hasil kerja secara kualitas dari alat gali muat excavator adalah 2 parameter, yaitu: efisiensi kerja dan *bucket fill factor*. Karena kedua parameter ini bersifat kualitatif dan merupakan faktor koreksi. Efisiensi kerja mencakup: kondisi medan/lingkungan kerja, *skill* dan *knowledge operator*, jenis/kondisi material dan teknik dan metode kerja operasi alat berat. Sedangkan terkait dengan mesin dikategorikan dan dimasukkan kedalam parameter *availability* atau kesiapan peralatan. *Bucket fill factor* adalah faktor koreksi saat proses *digging* atau *loading excavator*. Dalam hal ini dipengaruhi oleh jenis material. Jika material mudah di *loading/digging* termasuk kategori *Easy*. Jika sulit di-*loading* atau *digging* termasuk kaetegori *difficult*.

$$\text{Productivity Index} = \frac{\text{Actual Productivity}}{\text{Max.Productivity} \times \text{Efisiensi} \times \text{Fill Factor}} \times 100\% \quad (13)$$

Dalam kasus penelitian ini terkait *loaded payload capacity* merupakan produktivitas aktual yang diambil dari data sekunder. Sedangkan *full payload capacity* adalah produktivitas idea sudah dikoreksi dengan faktor koreksi. *Loaded Payload Capacity = Productivity actual*.

$$\text{Full Payload Capacity} = \text{Max. Productivity} \times \text{Job Efficiency} \times \text{Bucket Fill Factor} \quad (14)$$

Hasil perhitungan dari maximum productivity terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penentuan Parameter Produktivitas

Parameter	Simbol	Satuan	Max Prod'ty
Kapasitas Bucket	q	LCM	2,2
<i>Fill Factor</i>	K	%	0,83
<i>Cycle time</i>	Ct	detik	16,0
Efisiensi Kerja	E	%	1,2
<i>Swell Factor</i>	Sf	Konstanta	0,72
	Q	BCM/jam	355

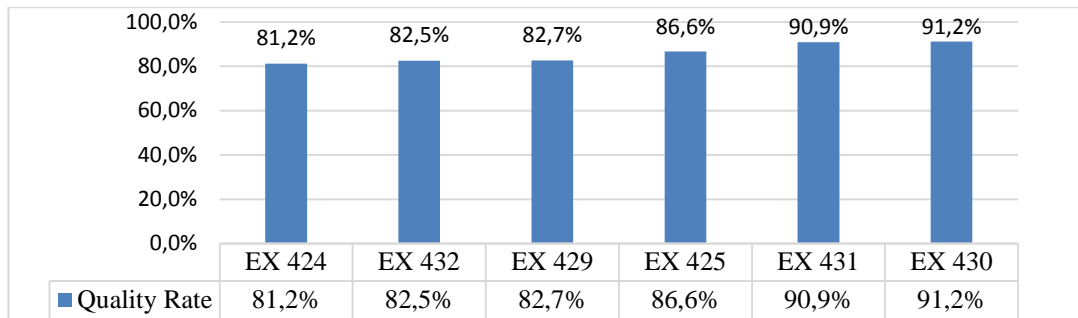
Sumber; Specification Handbook Komatsu, 2009

Sesuai dengan hasil perhitungan data, observasi dan pengolahan data untuk parameter *Quality* atau *productivity index* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Productivity Index*

C/N	Act Prod'ty	Prod'ty Ideal	Job Eff	B. Fill	Productivity Index
EX 424	192,74	355,00	0,78	0,85	81,2%
EX 425	202,66	355,00	0,78	0,85	86,6%
EX 429	196,94	355,00	0,78	0,86	82,7%
EX 430	213,37	355,00	0,77	0,86	91,2%
EX 431	211,39	355,00	0,75	0,88	90,9%
EX 432	196,17	355,00	0,81	0,85	82,5%

Sumber: Data MOCO PT. RML (2016)



Sumber: Data MOCO PT. RML (2016)

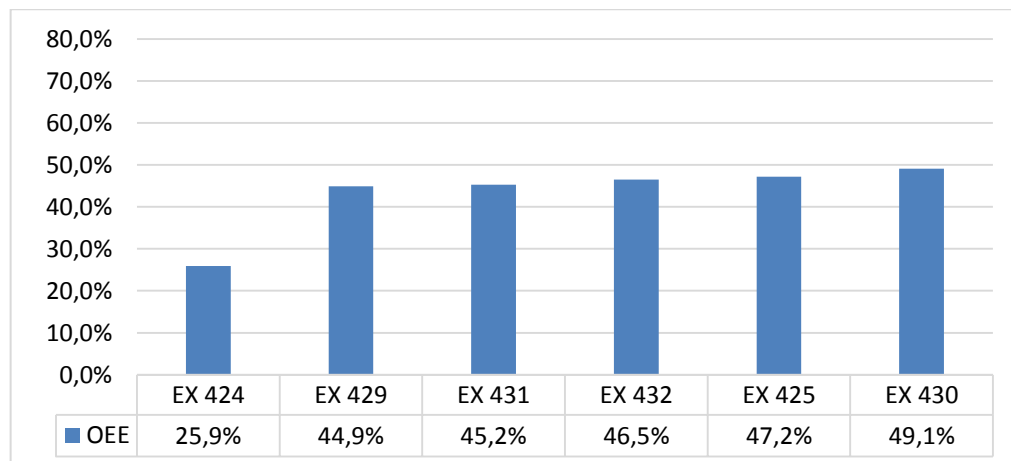
Gambar 3. *Productivity Index All Excavator*

Nilai OEE saat ini. Dari 3 dimensi dan beberapa indikator yang mempengaruhi OEE, maka diperoleh nilai keseluruhan OEE dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Nilai OEE (saat ini)

C/N	Availability	Utilization	Productivity Index	Nilai OEE
EX 424	95,9 %	33,0 %	81,2 %	25,9 %
EX 425	85,9 %	62,8 %	86,6 %	47,2 %
EX 429	95,3 %	60,6 %	82,7 %	44,9 %
EX 430	97,0 %	65,1 %	91,4 %	49,1 %
EX 431	92,3 %	67,1 %	90,8 %	45,2 %
EX 432	91,9 %	63,3 %	82,4 %	46,5 %

Sumber: Data MOCO PT. RML (2016)



Sumber: Data MOCO PT. RML (2016)

Gambar 4. *Nilai OEE All Excavator*

Nilai OEE Target.

Setelah data-data target parameter OEE diperoreh maka berikut ini adalah perhitungan OEE berdasarkan target KPI yang sudah ditetapkan perusahaan.

Nilai parameter OEE

Availability = 85%

Performance = 70%

Quality = 81,4%

Maka Nilai OEE adalah:

$$\begin{aligned} \text{OEE} &= A \times P \times Q \\ &= 85,0\% \times 70,0\% \times 81,4\% \\ &= 48,43\% \end{aligned}$$

Jadi nilai OEE target yang sudah ditetapkan oleh perusahaan didasarkan pada target pencapaian KPI adalah **48,43%**. Nilai OEE tersebut adalah diasumsikan sebagai nilai OEE untuk semua unit. Salah satunya adalah unit *excavator* PC 400-7.

Tabel 6 menyajikan perbandingan nilai OEE target dengan aktual, disajikan dalam bentuk perbandingan data per kode unit dan juga perbandingan jika rata-rata per unit.

Tabel 6. Perbandingan Nilai OEE Aktual dengan Nilai OEE Target

ALAT	OEE Actual	OEE Target	Deviasi
EX 424	25,9%	48,4%	-22,5%
EX 429	44,9%	48,4%	-3,5%
EX 431	45,2%	48,4%	-3,2%
EX 432	46,5%	48,4%	-1,9%
EX 425	47,2%	48,4%	-1,2%
EX 430	49,1%	48,4%	0,7%
Rerata	43,1%	48,4%	-5,3%

Sumber: Data MOCO PT. RML (2016)

Upaya-Upaya Perbaikan Nilai OEE.

Metode 5W1H: untuk membuat ide perbaikan secara *quality improvement* dapat menggunakan metode 5W (*What, Why, When, Who, Where*) dan 1 H (*How*).

Metode SMED dapat diterapkan juga di industri tambang batubara. Seperti pada kasus *performance* EX 424 dimana ada beberapa *loss time* yang terjadi. Sedangkan untuk menjalankan Metode SMED ada beberapa langkah yang harus di lakukan:

1. Pisahkan antara operasi *setup* internal dan eksternal
2. Ubah setup internal menjadi eksternal
3. Standardisasikan fungsi
4. Gunakan *functional clamps* atau eliminasi *fasteners* secara bersamaan
5. Lakukan operasi-operasi yang *parallel*
6. Mekanisasi atau Motorisasi

Metode TPM: Untuk ide perbaikan dari sisi penerapan TPM adalah terkait ide perbaikan pelaksanaan *daily maintenance* dan pelaksanaan *autonomous maintenance*. Dimana *autonomous Maintenance* adalah proses dimana *operator* peralatan menerima dan berbagi tanggung jawab (dengan *maintenance*) untuk kinerja dan kesehatan peralatan mereka (Robinson dan Ginder, 1995). Untuk penerapan *autonomous maintenance* harus di aktivitas *overburden removal* pada alat *excavator* dilakukan dengan langkah:

1. *Training* untuk operator

2. Pembersihan awal dan Inspeksi
3. Menghilangkan Kontaminasi dan dapat diakses Area
4. Mengembangkan Standar untuk Kebersihan, Pelumas dan Inspeksi
5. Standar Finalisasi

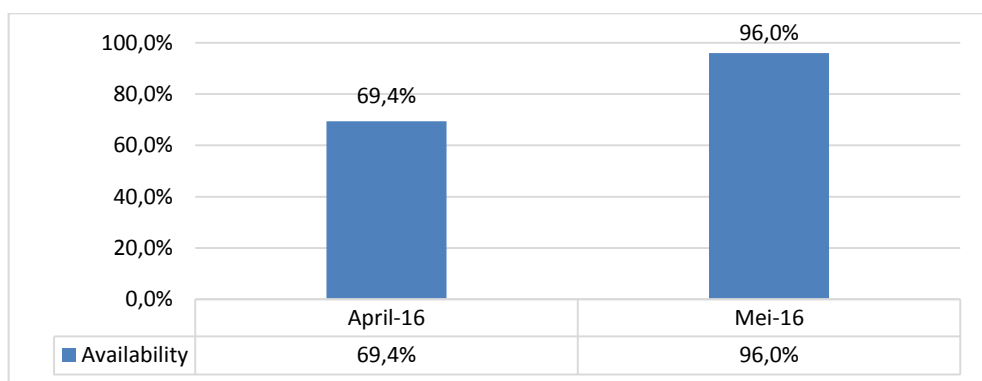
Hasil *Improvement*.

Metode yang digunakan adalah teknik 5W1H, dimana metode ini mengandalkan ide-ide kreatif dari orang yang kompeten atau *expert* yang sudah berpengalaman. Ada metode brainstorming juga yang digunakan dalam pemecahan masalah ini. Implementasi ide perbaikan tergantung juga pada kondisi lapangan dan cuaca. Sedangkan penerapan metode SMED untuk kasus *loss time delay* berdampak pada bulan berikutnya. Ide perbaikan pada aktivitas *daily maintenance*, dimana ada 2 aktivitas yang menjadi fokus, yaitu *daily maintenance* yang dilakukan oleh *crew* mekanik dan program *autonomous maintenance* yang dilakukan oleh operator. Secara hasil implementasi disepakati antara *crew* mekanik dengan *crew* produksi untuk memilah aktivitas *daily maintenance* ini. Karena tujuan pemisahan aktivitas ini agar tidak terjadi *overlapping* aktivitas yang dilakukan oleh kedua departemen tersebut. Karena terbatasnya sumber daya maka tidak semua aktivitas *maintenance* menjadi tanggung jawab operator atau sebaliknya.

Tabel 7. Perbandingan *Improvement* SMED

BULAN MEI 2016		BULAN APRIL 2016	
<i>LOSS TIME</i>	JAM/SHIFT	<i>LOSS TIME</i>	JAM/SHIFT
<i>STOCKING MATERIAL</i>	6,321	<i>WAIT EQUIPMENT</i>	8,985
		<i>REPAIR FRONT</i>	0,116
		<i>WAIT RIPPING</i>	0,360
<i>SHIFT CHANGE</i>	0,405	<i>SHIFT CHANGE</i>	0,472
		<i>P5M / SAFETY TALK</i>	0,063
		<i>PRE USE CHECK / P2H</i>	0,011
<i>MEAL AND REST</i>	1,369	<i>MEAL AND REST</i>	1,813
		<i>PRAYING</i>	0,228
		<i>REFUELING & GREASING</i>	0,002
JUMLAH	8,095	JUMLAH	12,05

Sumber: Data MOCO EMB RML 2016



Sumber: Data MOCO RML 2016

Gambar 5. Hasil *Improvement* Availability (April dan Mei 2016)

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian saat ini yang dapat diambil adalah sbb:

1. Nilai *Overall Equipment Effectiveness* saat ini dari 6 unit alat berat *Excavator PC 400-7* bervariasi dari **25,9% - 49,1%**. Sedangkan dimensi OEE dipengaruhi oleh *availability*, *utilization*, *productivity index* dengan kisaran nilainya adalah: nilai *availability* 69,4% – 97%, nilai *utilization* 33% - 60,4% dan nilai *productivity index* 81,2% - 91,2%.
2. Nilai OEE saat ini jika dibandingkan dengan nilai OEE dari target parameter perusahaan terjadi deviasi negatif untuk 5 unit *excavator* dan positif untuk 1 unit *excavator*. Nilai OEE berdasarkan parameter target perusahaan senilai **48,4%**. Nilai deviasi negatif terendah di 25,9% yaitu -22,5% dan deviasi positif daftar nilai OEE 49,1% yaitu +0,7%. Secara rata-rata deviasi masih terjadi negatif sebesar **-5,3%**.
3. Upaya-upaya untuk meningkatkan nilai OEE dilakukan dengan penerapan TPM, metode SMED dan metode pemecahan masalah 5W1H. Upaya yang dilakukan adalah:
 - Penerapan TPM: melaksanakan *autonomous maintenance* yang dilakukan operator alat berat sebelum operasi atau selama operasi
 - Penerapan SMED: merubah aktifitas internal menjadi eksternal dan lakukan pekerjaan yang bisa di eliminasi atau paralelkan
 - Penerapan 5W1H: membuat ide-ide kreatif dengan cara *brainstorming* atau menggali ide pemecahan masalah dari pengawas dan instruktur.
4. Simulasi upaya-upaya perbaikan hanya dilakukan pada satu unit *excavator* dengan kode nomor EX 424 dan pada bulan Mei 2016. Dengan hasil diperoleh adalah nilai OEE sebelumnya **25,9%** menjadi **28,4%** terjadi kenaikan **9,7%**. Kenaikan nilai OEE didongkrak oleh nilai *availability* **96,6%** dan nilai *utilization* **38,8%**.

DAFTAR PUSTAKA

- Akande, J., Lawal, A. I., & Aladejare, A. E. "Optimization of the overall equipment efficiency (OEE) of loaders and rigid frame trucks in NAMDEB Southern Coastal Mine Stripping fleet, Namibia". *Earth Science*, 2(6), (2013), 158-166.
- Bhadury, B. "Management of productivity through TPM". *Productivity*, 41(2), (2000), 240-51.
- Castka, P., Sharp, J. M., & Bamber, C. J. "Assessing teamwork development to improve organizational performance". *Measuring Business Excellence*, 7(4), (2000), 29-36.
- Claassen, J. O., Laurens, P. G., & Van der Westhuizen, W. A. "Operating and improvement methodology effectiveness in mining". *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, (2013).
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. "Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement—a practical analysis". *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), (2000), 1488-1502.
- DE CASTRO, D. F. (2012). "Modelo para el diagnóstico del rendimiento en el proceso de producción y la localización de las pérdidas. Utilización de la unidad de esfuerzo de producción como conocimiento básico en la aplicación global del equipo". *Doctoral dissertation*.
- Dindarloo, S. R., Osanloo, M., & Frimpong, S. "A stochastic simulation framework for truck and shovel selection and sizing in open pit mines". *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 115(3), (2015), 209-219.
- Elevli, S., & Elevli, B. "Performance measurement of mining equipments by utilizing OEE". *Acta Montanistica Slovaca*, 15(2), (2010), 95.
- Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J., & Su, Q. "Manufacturing system modeling for productivity improvement". *Journal of Manufacturing Systems*, 21(4), (2002), 249.

- Jeong, K. Y., & Phillips, D. T. "Operational efficiency and effectiveness measurement". *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11), (2001), 1404-1416.
- Komatsu. (2009). *Specification & Application Handbook*. Edition 30th, Japan.
- Komatsu, M. "What is Autonomous Maintenance". *JIPM TPM*, 12, (1999), 2-7.
- Lanke, A., Hoseinie, H., & Ghodrati, B. "Mine production index (MPI): new method to evaluate effectiveness of mining machinery". *International conference on mining and mineral engineering (ICMME)*, (2014).
- Mohammadi, M., Rai, P., & Gupta, S. "Performance measurement of mining equipment". *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 5(7), (2015), 240-248.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion". *International Journal of Production Research*, 46(13), (2008), 3517-3535.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press, Inc.
- Nel, S., Kizil, M. S., & Knights, P. "Improving truck-shovel matching". In *35th APCOM Symposium-Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industry, Proceedings*, (1988), pp 381-391. Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Pintelon, L., Gelders, L., & Puyvelde, F. V. (1997). *Maintenance Management Leuven*. Belgium, Acco.
- RML PT. (2011). *Modul Pelatihan Aplikasi Alat Berat di Pertambangan*, Edisi 1-2011. Bekasi Jawa Barat
- RML PT. (2013). *Modul New QC Leader*, Edisi 1-2013. Bekasi Jawa Barat.
- Ginder, A., Robinson, A., & Robinson, C. J. (1995). *Implementing TPM: The North American Experience*. CRC Press.
- Waqas, M. (2013). "Measuring Performance of Mining Equipments Used in Cement Industry by Using Overall Equipment Effectiveness (OEE)". (*Doctoral dissertation, MSc. Thesis*. Department of Mining Engineering, University of Engineering & Technology, Lahore, Pakistan).
- Wigroho, Wiroso, H. & Suryadharma, H., (1993), *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- Williamson, R. M. "Using overall equipment effectiveness: the metric and the measures". *Strategic Work System, Inc*, (2006), 1-6.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking*. Simon and Schuster. New York.