

PENERAPAN METODE V-SHAPE LOADING UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PC-2000 & PC-1250 DI PIT 10 & 11 MADHANI TALATAH NUSANTARA PT. ARUTMIN INDONESIA TAMBANG ASAMASAM

Enos¹, Kurnia Candra Utama¹, Rahimatul Fadhillah²

¹PT. Arutmin Indonesia site Asamasam

²PT. Madhani Talatah Nusantara

ABSTRAK

Data produktivitas *fleets overburden removal* PT. Madhani Talatah Nusantara Asamasam Coal Project (ACP) Bulan Januari – Mei 2018 masih jauh di bawah target sehingga analisis untuk mengetahui akar permasalahan dan penyelesaiannya perlu dilakukan. Karakteristik material di ACP merupakan material *free dig (no blasting & no ripping)*, namun semakin dalamnya elevasi banyak terdapat area yang merupakan material keras. Pengambilan data awal dengan metode konvensional *loading* menunjukkan rendahnya produktivitas disebabkan karena lamanya *loading time* dan *spotting time*. Lamanya *loading time* diakibatkan *digging rate* yang tinggi, sedangkan lamanya *spotting time* disebabkan karena jauhnya manuver truk untuk memposisikan siap *loading*. Untuk mempertahankan efisiensi *loading time excavator* dan mempercepat waktu manuver truk diperlukan perubahan metode *loading*, yaitu metode *V-shape loading*.

Metode *V-shape loading* merupakan metode *loading* dimana posisi truk membentuk sudut “V” terhadap face penggalian. Penerapan metode *V-shape loading* memerlukan *front* kerja dengan luas minimal 20 meter untuk PC-2000 dan 15 meter untuk PC-1250. Metode *V-shape loading* bertujuan untuk mempercepat waktu manuver truk saat memposisikan siap *loading*, mengurangi *swing radius excavator*, dan mengurangi waktu angkat *bucket excavator* sehingga *loading time* semakin efisien dan produktivitas akan meningkat. Selain itu, metode ini juga mengurangi waktu delay perbaikan *front loading* oleh alat dorong *dozer* karena bekas *front loading* yang tidak dilalui oleh truk.

Metode *V-shape loading* tidak membutuhkan tambahan biaya untuk diterapkan, hanya diperlukan kepedulian pengawas dalam pengaturan di *loading point*. Sebelum penerapan metode ini, dilakukan sosialisasi untuk mendapatkan pemahaman dari semua pihak yang terlibat, terutama operator dan pengawas lapangan. Setelah itu, barulah dilakukan implementasi di lapangan dengan pengawasan yang ketat. Hasil penerapan dalam 5 bulan pengamatan menunjukkan adanya efisiensi *loading time excavator* dan *manuver* truk sehingga menghasilkan produktivitas yang meningkat. Pada PC-2000, rata-rata produktivitas meningkat 107%, dari sebelumnya 491 bcm/jam menjadi 527 bcm/jam. Sedangkan pada PC-1250, rata-rata produktivitas meningkat 145%, dari sebelumnya 245 bcm/jam menjadi 355 bcm/jam.

Kata kunci : produktivitas, *V-shape loading*

ABSTRACT

Productivity data fleets overburden removal at PT. Madhani Talatah Nusantara Asamasam Coal Project (ACP) January – May 2019 was below target, so analysis for knowing the root of the problems and this solution is needed. Material characteristic at ACP is free dig material (no blasting & no ripping), but there are much hard material in case of lower elevation. Conventional loading methods showed low productivity was caused by loading time & spotting time above plan. Longer loading time was caused by longer digging rate, while longer spotting time was caused by longer truck positioning ready to load. For maintaining loading time efficiency & maintaining spotting time, V-shape loading method is applied to change conventional loading method.

V-shape loading method is loading method which truck position at "V" angle to loading face. Application V-shape loading method needs large front loading minimal 20 meters for PC-2000 and 15 meters for PC-1250. The purpose of V-shape loading method is for speeding up spotting time for ready to load, reducing bucket excavator lifting time so efficiency loading time & productivity increased. Moreover, this method is reducing delay front loading maintenance by dozer because truck spotting did not get through past loading point.

V-shape loading method did not need any cost for applying, just needed concern from foreman for observing at loading point. First, all foreman & operator was given socialization for understanding how to apply this method. Then, V-shape loading applied with tight supervision. The result at 5 month application, there was efficiency loading time excavator & spotting time excavator. For PC-2000, average productivity increased 107%, from 492 bcm/hrs to 533 bcm/hrs. Moreover, for PC-1250, average productivity increased 145% from 245 bcm/hrs to 355 bcm/hrs.

Keywords : productivity, V-shape loading

A. PENDAHULUAN

A.1. Latar Belakang

PT Arutmin Indonesia merupakan salah satu perusahaan tambang batubara terbesar di Indonesia yang berlokasi di Kalimantan Selatan. Pada tahun 1981, PT Arutmin Indonesia dan Pemerintah menandatangani Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) generasi I No. J2/Ji.DU/45/81 dengan luas area penambangan 1.200.000 hektar. Tahap eksplorasi, studi kelayakan, dan konstruksi berlangsung pada tahun 1982-1989. Pada tahun 1990, tahap operasi produksi selama 30 tahun dengan wilayah seluas 70.153 hektar.

PT Arutmin Indonesia site Asamasam mulai berproduksi pada tahun 2004. Desa Asamasam, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Lokasi secara geografis terletak di 30°51'30'' – 30°53'30'' LS dan 115°05'30'' – 115°07'30'' BT dengan luas 59.261,25 ha. Untuk menuju tambang ini dapat menggunakan kendaraan roda dua maupun kendaraan roda empat melalui jalan darat dari kota Banjarbaru dengan jarak ±100 km dan ditempuh kurang lebih selama 2,5 jam ke arah timur laut.

Di PT Arutmin Indonesia site Asamasam, kegiatan pengupasan batuan penutup dikerjakan oleh kontraktor tunggal yaitu PT Darma Henwa. Kemudian, PT Darma Henwa memiliki subkontraktor untuk mengerjakan sebagian pit, yaitu PT Madhani Talatah Nusantara (MTN). PT Madhani Talatah Nusantara memiliki populasi 4 unit PC 2000, 1 unit Liebherr 9200, dan 2 unit PC 1250 untuk mengerjakan Pit 9 – 11.

Pengupasan batuan penutup merupakan salah satu kegiatan pokok dari pertambangan sesuai kaidah good mining practice. Pengupasan batuan penutup di site Asamasam dilakukan secara langsung (*free dig*), karena formasi batuan yang sebagian besar merupakan pasir atau lempung. Namun, karena semakin dalamnya elevasi penggalian, maka batuan keras (*hard material*) juga semakin banyak ditemukan.

Keberhasilan pengupasan batuan penutup menjadi sangat vital karena inventori batubara tergantung dari langkah ini. Keberhasilan tersebut dalam pertambangan sering disebut dengan produksi, yaitu jumlah batuan penutup yang dipindahkan dari loading point (pit) ke disposal (*outpit*). Sedangkan, kriteria keberhasilan produksi salah satunya ditentukan oleh produktivitas, yaitu produksi per satuan waktu kerja (bcm/jam).

Dari data *production report* fleets MTN pada Bulan Januari – Mei 2018 di dapatkan bahwa produktivitas PC 2000 masih jauh di bawah target, yaitu 492 bcm /jam atau 80% dari target yang

ditetapkan 608 bcm/jam. Sedangkan untuk PC 1250 MTN pada bulan yang sama hanya 245 bcm/jam atau 60% dari target yang ditetapkan 408 bcm/jam. Dari data tersebut, analisis untuk mengetahui akar permasalahan penyebab rendahnya produktivitas dan penyelesaiannya perlu dilakukan untuk dapat meningkatkan produksi pada pengupasan batuan penutup di Madhani Talatah Nusantara PT Arutmin Indonesia tambang Asamasam.

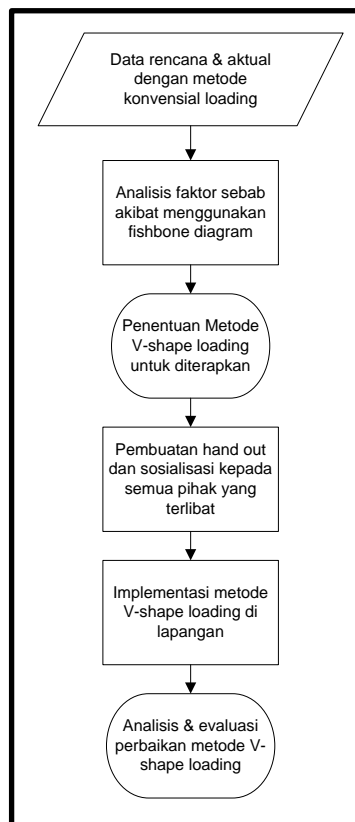
A.2. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi faktor-faktor spesifik (site based) yang mempengaruhi produktivitas excavator PC 2000 & PC 1250 MTN
- 2) Melakukan perubahan metode konvensional loading menjadi V-shape loading untuk meningkatkan produktivitas PC 2000 & PC 1250 MTN

A.3. Pendekatan Pemecahan Masalah

Penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah yaitu berupa pengumpulan data sebelum dilakukan *improvement* (metode konvensional *loading*), kemudian dilakukan analisis faktor sebab akibat secara spesifik dan *site based* menggunakan *fishbone diagram*. Setelah itu, dilakukan penyusunan rencana perbaikan metode *loading* berdasarkan faktor-faktor yang ada. Setelah didapatkan bahwa metode *V-shape loading* merupakan metode yang dapat diterapkan, kemudian disusun *hand out* penerapan metode *V-shape loading*, karena metode ini merupakan metode loading baru di site, sehingga perlu dilakukan sosialisasi kepada semua pihak yang terlibat untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif dan menghindari kejadian yang tidak diinginkan akibat ketidakhahaman salah satu pihak (faktor *safety*). Setelah itu barulah dilakukan implementasi di lapangan dengan pengawasan ketat. Evaluasi hasil perbaikan dengan metode *V-shape loading* kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan metode konvensional. Berikut merupakan *flow chart* penelitian ini:



Gambar 1. *Flow Chart* Penelitian

A.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

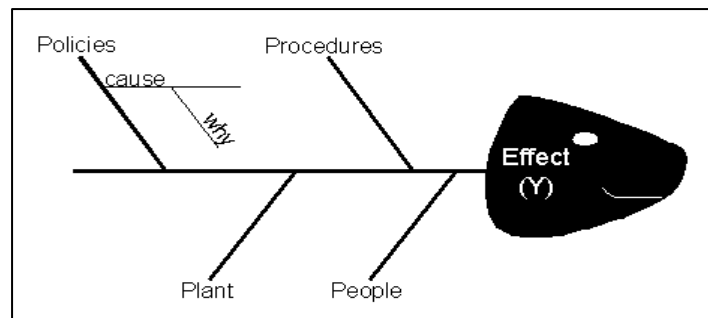
- 1) Penelitian dilakukan di Pit 10 dan 11 PT Arutmin Indonesia site Asamasam yang dikerjakan oleh subkontraktor PT Madhani Talatah Nusantara
- 2) Penelitian dilakukan pada PC 2000 atau sekelasnya, dan PC 1250

B. TEORI DASAR

B.1. Fishbone Diagram

Fishbone diagram (diagram tulang ikan-karena bentuknya seperti tulang ikan) sering juga disebut *Cause-and-Effect Diagram* atau Ishikawa Diagram diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang, sebagai satu dari tujuh alat kualitas dasar (*7 basic quality tools*). *Fishbone diagram* digunakan ketika kita ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah dan terutama ketika sebuah team cenderung jatuh berpikir pada rutinitas.

Suatu tindakan dan langkah *improvement* akan lebih mudah dilakukan jika masalah dan akar penyebab masalah sudah ditemukan. Manfaat *fishbone diagram* ini dapat menolong kita untuk menemukan akar penyebab masalah secara *user friendly*. *Fishbone diagram* akan mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan, dan sebagainya. Gambar 2 menunjukkan ilustrasi *fishbone diagram*.



Gambar 2. *Fishbone Diagram*

B.2. Produktivitas & Cycle Time

Produktivitas dapat didefinisikan sebagai banyaknya material yang dapat digali serta dimuat oleh sebuah *excavator* dalam satuan waktu tertentu. Produktivitas merupakan suatu ukuran penilaian terhadap kinerja dari *excavator*.

Menurut komatsu sebagai pabrik pembuat alat berat memberikan cara menghitung perkiraan produktivitas *excavator* tersendiri dengan persamaan:

$$\text{Produktivitas} = \frac{60}{T} \cdot BC \cdot Fk \cdot BF \quad (1)$$

Keterangan:

T = *cycle time* (menit)

BC = Kapasitas bucket (m³)

Fk = Kondisi manajemen dan medan kerja

BF = Faktor pengisian bucket

Sedangkan, persamaan produktivitas secara praktikal di lapangan yaitu:

$$\text{Produktivitas (BCM/hr)} = \frac{\text{Units Moved}}{\text{Hours time}} \tag{2}$$

Sedangkan, *cycle time excavator* adalah waktu yang dibutuhkan untuk satu kali rangkaian pengisian material ke dump truck, persamaan *cycle time* yaitu:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \tag{3}$$

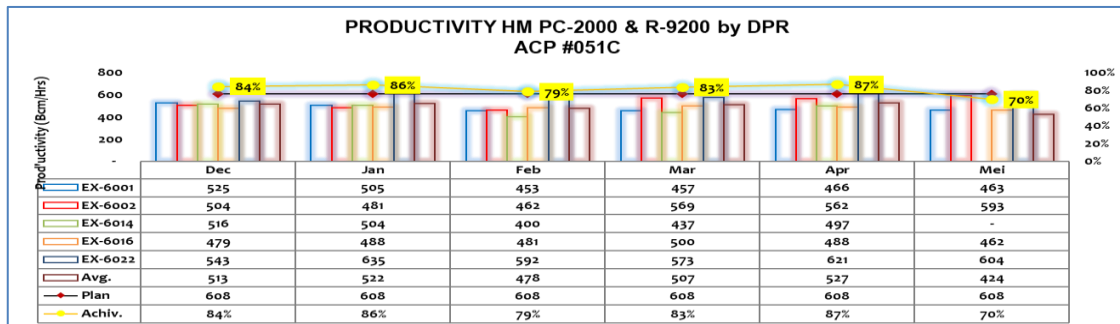
Keterangan:

- T = *cycle time*
- t1 = waktu swing kosong
- t2 = waktu gali (*digging time*)
- t3 = waktu swing isi
- t4 = waktu menumpahkan material ke *vessel*

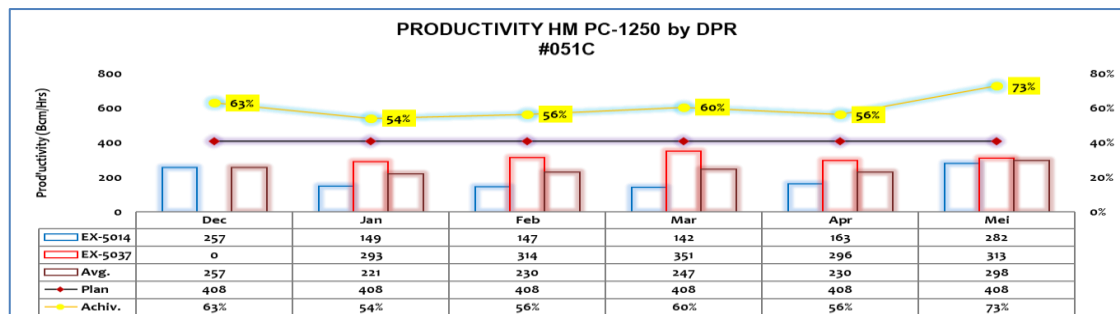
B. METODOLOGI PENELITIAN

B.1. Identifikasi & Analisis Masalah

Seperti penjelasan pada metode penelitian pada bab sebelumnya, identifikasi dan analisis awal diperlukan untuk menemukan akar masalah penyebab rendahnya produktivitas. Dari hasil perhitungan, Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan *review* produktivitas berdasarkan data production report Bulan Januari – Mei 2018:



Gambar 3. Tabel & Grafik Produktivitas PC 2000 dengan Metode *Loading* Konvensional

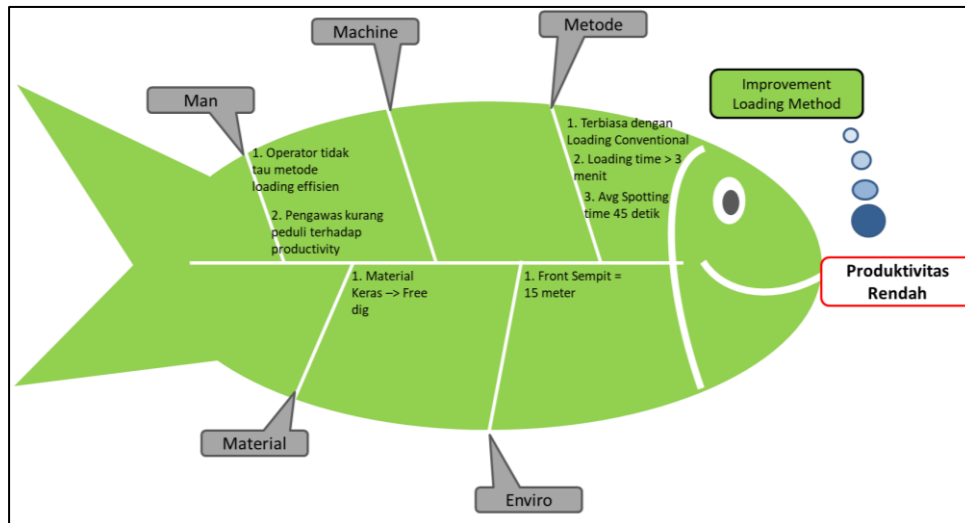


Gambar 4. Tabel & Grafik Produktivitas PC 1250 dengan Metode *Loading* Konvensional

Dari kedua tabel dan grafik di atas, terlihat bahwa produktivitas *excavator* PC 2000 masih 82% dan PC 1250 dengan metode *loading* konvensional masih jauh di bawah target.

B.2. Analisis Sebab Akibat

Analisis sebab akibat bertujuan untuk menemukan penyebab utama rendahnya produktivitas excavator secara site spesifik. Dari hasil pengamatan, *fishbone diagram* sebab akibat ditunjukkan dalam Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Fishbone Diagram

Faktor Manusia :

- 1) Operator tidak mengetahui metode *loading* yang efisien
- 2) Pengawas yang kurang peduli terhadap pencapaian produktivitas

Faktor Metode :

- 1) Terbiasa dengan metode konvensional loading
- 2) *Loading time* lebih dari 3 menit
- 3) Tidak ada efisiensi pada *spotting time*, *spotting time* lebih dari 45 detik

Faktor Material

- Material keras yang di loading dengan *free dig* (*digging time* lambat)

Faktor Lingkungan

- Front sempit kurang dari 15 meter

B.3. Metode V-shape Loading

Penerapan metode *V-shape loading* diperlukan pemahaman yang komprehensif, terutama dari pihak-pihak yang terlibat, yaitu operator *excavator*, operator HD, dan pengawas *loading point*. Berikut adalah langkah-langkah penerapan metode *V-shape loading*:

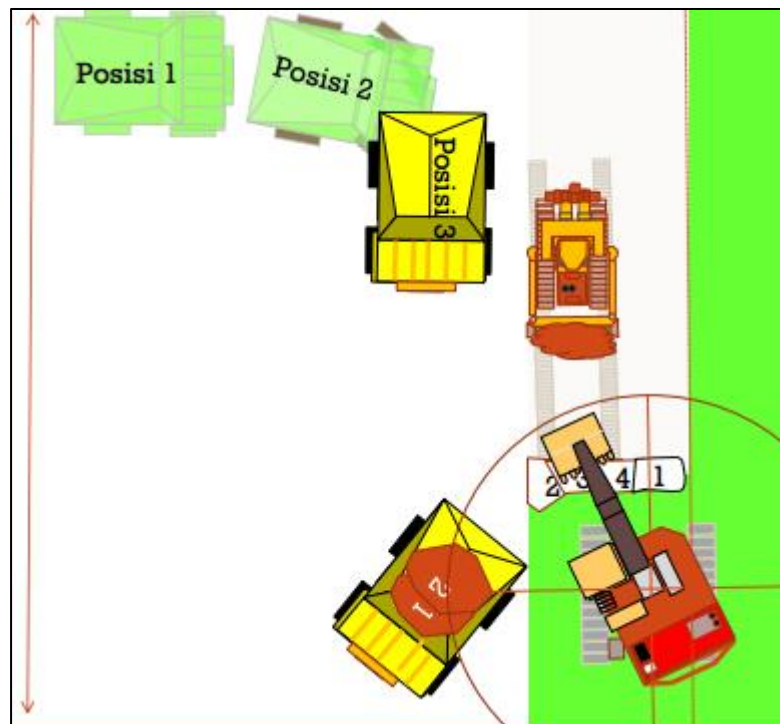
- 1) Persiapan Front Loading
 - Pertahankan *face* penggalian tegak lurus dan bersih
 - Pembersihan *front* diupayakan tidak mengganggu manuver truk
 - Pertahankan ketinggian dudukan *excavator* 4 meter
- 2) Manuver di Front
 - Posisi *vessel* samping mengarah lurus dengan posisi *front idler excavator*
 - Posisi parkir truk membentuk sudut V terhadap *face* penggalian, dan tidak menutup posisi penggalian terdekat *excavator*
 - Operator *excavator* wajib mengupayakan posisi *bucket* tidak mengganggu manuver dan parkir truk

- HD melakukan manuver dan memposisikan siap loading tanpa menunggu *bucket excavator* menggantung
- HD antri berjarak 1x dari HD yang sedang mengisi, dengan posisi sudah siap manuver

3) Loading

- Ketika HD melakukan manuver, *excavator* mulai menggali material dari area terjauh dari HD agar manuver truk tidak terganggu, lanjutkan menggali dari posisi terdekat HD hingga terjauh, agar menjaga *swing* isi dan kosong tetap pada jarak yang sama
- Lakukan *dumping* isi di *vessel* dari depan ke belakang

Gambar 6 menunjukkan ilustrasi langkah-langkah metode *loading V-shape* dari persiapan *front loading*, manuver di *front*, dan *loading*.

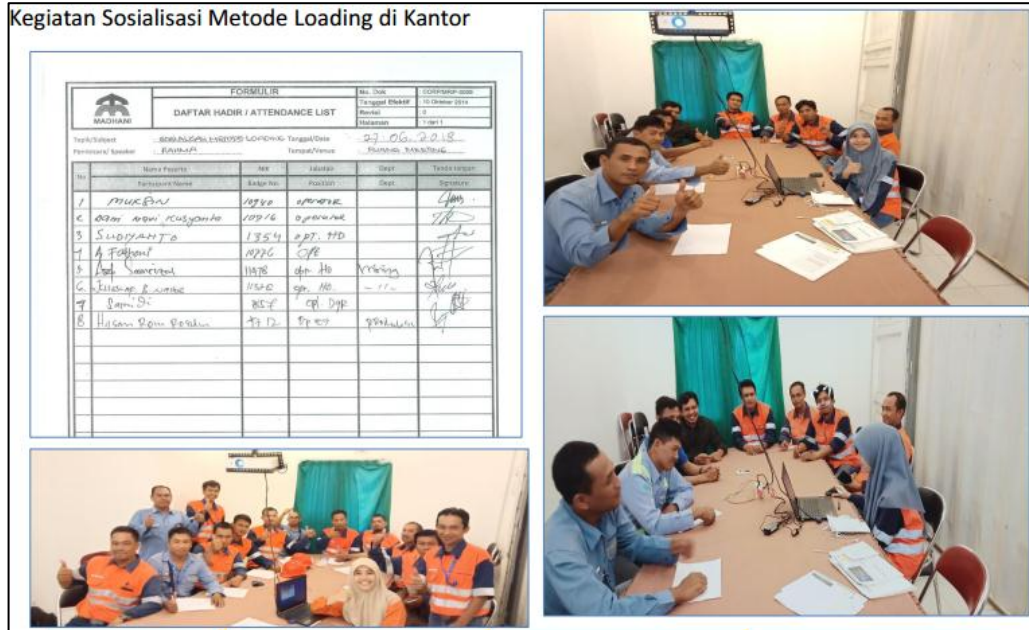


Gambar 6. Ilustrasi Metode *V-shape Loading*

B.4. Sosialisasi Metode *Loading*

Metode ini merupakan metode baru, sehingga pemahaman oleh semua pihak yang terlibat sangat penting. Sebelum diadakan penerapan di lapangan, sosialisasi di kelas dan di lapangan dilakukan. Sosialisasi dilaksanakan secara bergantian, dari mulai *mine superintendent*, *supervisor*, *foreman*, dan tentunya *operator* baik excavator, HD maupun dozer, yang terlibat aktif dalam penerapan nantinya. Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan kegiatan sosialisasi metode *loading* baik di kantor maupun di lapangan sebelum diterapkan, dan tabel 1 menunjukkan persentase karyawan terlibat yang tersosialisasikan metode *V-shape loading* ini.

Kegiatan Sosialisasi Metode Loading di Kantor



Gambar 7. Sosialisasi Metode V-Shape Loading di Kantor MTN



Gambar 8. Sosialisasi Metode V-Shape Loading di Lapangan sebelum Penerapan

Tabel 1. Porsentase Karyawan Terlibat yang Tersosialisasikan

No	Item	Man Power Act	Sosialisasi		%taje
			Sudah	Belum	
1	Mine Supt	1	1	0	100%
2	Mine Spv	4	1	3	25%
3	Mine Foreman	13	11	2	85%
4	HD & OHT	71	58	13	82%
5	Bulldozer	16	8	8	50%
6	Excavator	30	18	12	60%
7	Trainer	5	5	0	100%
8	Total	140	102	38	73%

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *V-shape loading* adalah metode penggalian dimana dimana posisi truk membentuk sudut “V” terhadap *face* penggalian. Penerapan metode *V-shape loading* memerlukan *front* kerja dengan luas minimal 20 meter untuk PC-2000 dan 15 meter untuk PC-1250. Metode *V-shape loading* bertujuan untuk mempercepat waktu manuver truk saat memposisikan siap loading, mengurangi swing radius excavator, dan mengurangi waktu angkat bucket excavator sehingga loading time semakin efisien dan produktivitas akan meningkat. Selain itu, metode ini juga mengurangi waktu *delay* perbaikan *front loading* oleh alat dorong dozer karena bekas *front loading* yang tidak dilalui oleh HD. Gambar 9 menunjukkan penerapan metode *V-shape loading* di lapangan.



Gambar 9. Implementasi *V-shape Loading*

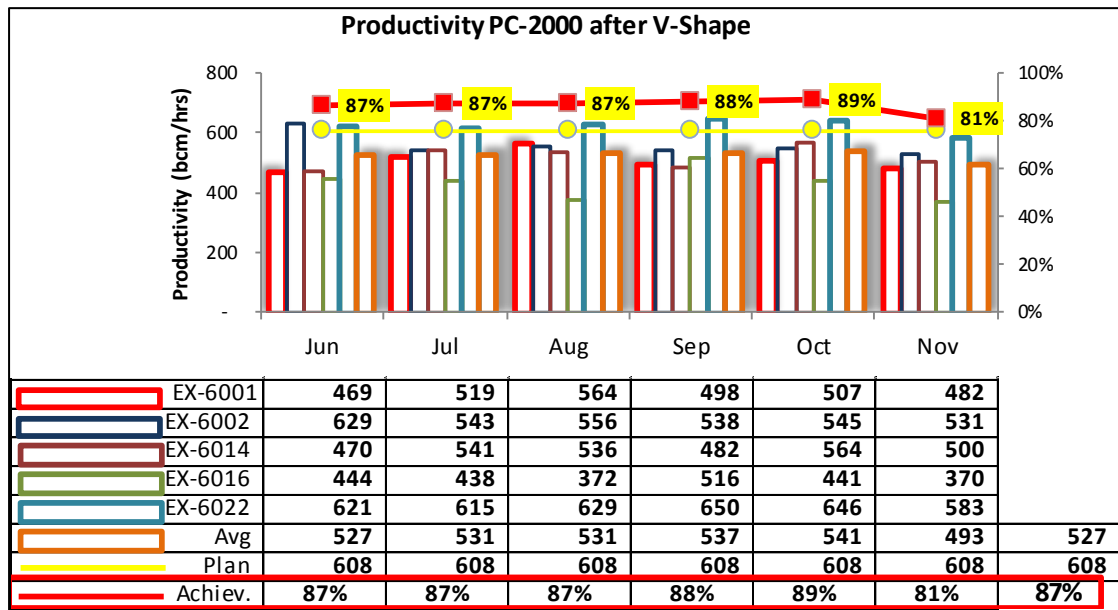
Tabel 2. Perbandingan Penerapan *V-shape Loading* terhadap Konvensional Loading

EX-6001					EX-6002				
Date	:	30-Jan-18	24-Jul-18		Date	:	25-Jan-18	25-Jul-18	
Time	:	08.00-10.00	09.00-10.00		Time	:	15.00-17.00	09.00-10.00	
Operator	:	Budi Santoso	Purwanto		Operator	:	Welem Rerung	Hasan Rosidin	
Foreman	:	Yakobus	Togar T Sitinjak		Foreman	:	Yakobus	Beni Markus	
Supervisor	:	Baharudin	Taufik Rahmanto		Supervisor	:	Baharudin	Taufik Rahmanto	
Material	:	OB	OB		Material	:	OB	OB	
Bench Height	:	3	4 meter		Bench Height	:	4	3.5 meter	
Bench Width	:	20	30 meter		Bench Width	:	15	15 meter	
Distance	:	2000	2110 meter		Distance	:	1700	2050 meter	
Pit	:	10	11		Pit	:	4	9	
Disposal	:	Basuki	Void 12		Disposal	:	IPD	IPD	
Loading Method	:	Bench Loading	Bench Loading		Loading Method	:	Bench Loading	Bench Loading	
Study Motion	Units	Before V-Shape	After V-Shape	Variance	Study Motion	Units	Before V-Shape	After V-Shape	Variance
Digging	sec	19.9	23.5	-3.6	Digging	sec	18.9	18.1	0.8
Swing Loaded	sec	7.2	6.3	0.9	Swing Loaded	sec	11.4	6.2	5.3
Dump	sec	4.9	3.4	1.4	Dump	sec	4.3	3.6	0.7
Swing Empty	sec	7.9	5.6	2.4	Swing Empty	sec	5.1	5.4	-0.3
Cycle Time	sec	39.9	38.7	1.2	Cycle Time	sec	39.7	33.3	6.4
Bucket/Truck		6.0	6.7	-0.7	Bucket/Truck		5.3	6.9	-1.6
Load Time	min	4.0	4.3	-0.3	Load Time	min	3.5	3.8	-0.3
Jumlah Bucket	n	6.0	6.7	-0.7	Jumlah Bucket	n	5.3	6.9	-1.6
BFF	%	80%	66%	-14%	BFF	%	95%	63%	-32%
Job Efficiency	%	75%	89%	14%	Job Efficiency	%	69%	93%	24%
Productivity by Obs	bcm/hrs	450.0	497.0	47.0	Productivity by Obs	bcm/hrs	475.0	579.0	104.00
Productivity by PPC	bcm/hrs	560.0	585.0	25.0	Productivity by PPC	bcm/hrs	380.0	535.0	155.0
Cycle Time Truck	min	20.2	19.2	1.0	Cycle Time Truck	min	19.0	20.8	-1.8
Exchange truk	sec	83.76	53.5	30.26	Exchange truk	sec	100.57	43.6	56.97
Spotting time	sec	56.92	35.5	21.42	Spotting time	sec	52.33	30.8	21.53

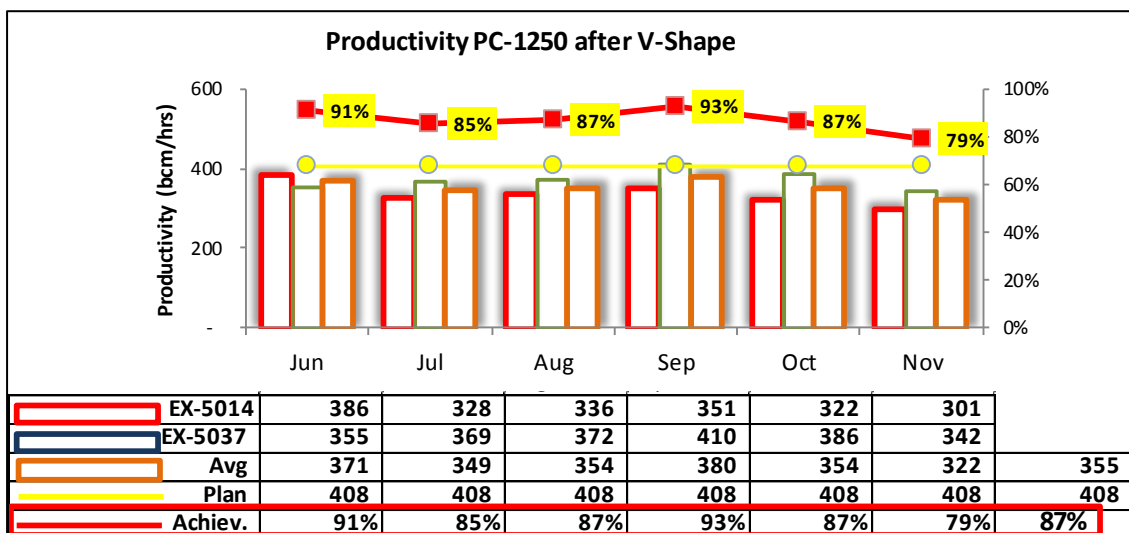
Dari hasil tabel tersebut, penerapan metode *V-shape loading* sangat berpengaruh pada naiknya *job efisiensi* yang signifikan. Hal ini disebabkan dua faktor yang paling berpengaruh yaitu waktu *exchange truck* (pergantian truk), atau ketika truk datang ke front loading sampai waktu manuver

berkurang 54% dari metode konvensional loading. Selain itu, yang berpengaruh adalah *spotting time* yang menjadi sangat efektif, yaitu 61% dari waktu spotting daripada menggunakan metode konvensional loading. Peningkatan pada *match factor* tentunya akan menaikkan nilai produktivitas, dari tabel 2 terlihat produktivitas meningkat signifikan.

Penerapan metode ini dalam jangka waktu yang singkat tentunya tidak komprehensif dibandingkan dengan metode konvensional yang biasa dilakukan di ACP. Kesenambungan atau kontinuitas penerapan metode ini menjadi tantangan tersendiri, terutama bagi pengawas dan operator yang terlibat langsung. Peran keduanya sangat penting dalam rencana peningkatan produktivitas fleets Madhani Talatah Nusantara. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan peningkatan produktivitas dalam 6 bulan penerapan metode *V-shape loading*.



Gambar 10. Produktivitas PC-2000 setelah Penerapan *V-Shape Loading*



Gambar 11. Produktivitas PC-1250 setelah Penerapan *V-Shape Loading*

Dari kedua tabel & grafik di atas terlihat bahwa produktivitas meningkat dalam 6 bulan penerapan metode *V-shape loading* di Madhani Talatah Nusantara ACP, dimana dengan metode konvensional untuk bulan Januari – Mei 2018 produktivitas PC-2000 sebesar 492 bcm/jam naik menjadi 527 bcm/jam atau mengalami kenaikan sebesar 107% periode Juni – Desember 2019. Dalam periode

waktu yang sama, untuk PC-1250 dari sebelumnya 245 bcm/jam naik menjadi 355 bcm/jam atau mengalami kenaikan 145%.

D. KESIMPULAN

- 1) Faktor penyebab rendahnya produktivitas yaitu *digging rate* excavator tinggi dengan metode konvensional, menyebabkan *cycle time* lebih tinggi dari plan.
- 2) Karakteristik material di ACP yaitu *free dig* (material keras), sehingga *digging time* tinggi. Metode *V-shape loading* yang memperkecil *spotting time* & *swing time* menjadi solusi untuk meningkatkan produktivitas untuk tetap mempertahankan loading time.
- 3) Kenaikan produktivitas sebesar 107% dari 492 bcm/jam menjadi 527 bcm/jam untuk PC-2000 dan sebesar 145% dari 355 bcm/jam menjadi 355 bcm/jam setelah penerapan metode *V-shape loading* di ACP dalam jangka waktu 6 bulan penerapannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, A.N., 2009. Analisis Waktu Tunggu Truk di Area Penambangan Pit J PT Kaltim Prima Coal. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Fishbone Diagram dan Langkah-Langkah Pembuatannya, diperoleh dari situs internet <https://eriskusnadi.com/2011/12/24/fishbone-diagram-dan-langkah-langkah-pembuatannya/> pada 14 September 2019
- Sulistianto, B., 2008. *Diktat TA2221 Peralatan Tambang dan Penanganan Material*, Bandung: Lembaga Afiliasi Penelitian dan Industri Institut Teknologi Bandung.
- _____, 2013, *Komatsu Specifications and Application Handbook*, Edition 31. Komatsu Ltd.

