

Optimalisasi Produksi *Shovel* Komatsu 3000E-6 dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* Pada Pengupasan Lapisan *Overburden* di *Pit 2* Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

Nadia Anggraini Putri^{1*}, Mulya Gusman^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*nadiaangrainip@gmail.com

**Mgusman1974@gmail.com

Abstract. *Based on production data stripping overburden in West Banko Mine Pit 2 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk months of January to August 2017, the production of overburden stripping does not reach the target. This has an impact on the operating costs incurred for stripping each BCM (Bank Cubic Meter) The overburden layer. To determine the potential improvement of a production process and the effectiveness of using a piece of equipment is necessary to do analisis using Overall Equipment Effectiveness (OEE). OEE is known as one of the applications total productive maintenance program that has the ability to clearly identify the root causes and contributing factors that make businesses more focused repairs. Now we know the root of the problem, then use statistical analysis of multiple linear regression to determine the relationship and the maximum limit of barriers - barriers so that production can be achieved. Furthermore fishbone method is used to find the root problems and more detailed evaluation with reference to the results of multiple linear regression statistical analysis acquired. After analysis and repair method - the method of production of shovel komatsu obtained 3000E-6 exceeded what had been planned. But the value of OEE each trencher-load still <85% has not been reached world-class OEE value> 85%, it can be concluded that the state of the equipment is not good. Should be repaired back to standby and tool breakdown.*

Keywords: Production, Overall Equipment Effectiveness, Statistical Analysis Multiple Linear Regression, Fishbone Method, *Shovel* Komatsu 3000E-6

1. Pendahuluan

Meningkatnya jumlah penduduk dunia di Era Modern saat ini yang mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan energi, sedangkan jumlah dari sumber daya energi dunia terus berkurang. Oleh karena itu pemerintah Indonesia mendorong untuk lebih memberikan perhatian kepada pemanfaatan sumber daya energi alternatif yang ada di Indonesia, salah satunya batubara yang merupakan bahan galian strategis sumber daya energi alternatif pengganti minyak. Salah satu tambang batubara yang ada di Indonesia yaitu PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. Saat ini batubara di Indonesia digunakan sebagai keperluan dosmetik dan ekspor.

Berdasarkan hal tersebut PT. Bukit Asam (Persero) Tbk berusaha memenuhi target produksinya dengan tujuan mampu memenuhi permintaan batubara dalam dan luar negeri. Agar target produksi batubara tercapai maka

perlu meningkatkan produksi pengupasan *overburden*. PT. Bukit Asam (Persero) Tbk adalah salah satu perusahaan tambang batubara di Indonesia dan merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN). PT. Bukit Asam (Persero) Tbk menerapkan sistem tambang terbuka dengan bahan galian yang ditambang adalah batubara. Metode penambangan yang digunakan adalah metode *conventional mining* dan *continous mining*. Adapun metode *conventional mining* merupakan metode penambangan dengan menggunakan alat gali-muat dan alat angkut. Sedangkan, metode *continous mining* menggunakan *Bucket Wheel EXcavator (BWE)* yang merupakan satu sistem yang saling berkesinambungan.

PT. Bukit Asam (Persero) Tbk memiliki beberapa lokasi penambangan yang sedang beroperasi, diantaranya Tambang Air Laya, Tambang Muara Tiga Besar, dan Tambang Banko Barat. Izin Usaha Pertambangan (IUP) untuk Tambang Air Laya seluas 7.621 Ha, Tambang

Muara Tiga Besar 3.300 Ha, dan Tambang Banko Barat 4.500 Ha.

Pada Tambang Banko Barat terdapat empat pit yang sedang beroperasi yaitu Pit 1, Pit 1 Utara, Pit 2, dan Pit 3 Timur. Penulis melakukan kegiatan penelitian di Lokasi Pit 2 Tambang Banko Barat. Sistem penambangan yang diterapkan adalah *conventional mining*. Alat gali-muat yang digunakan yaitu *Shovel* Komatsu 3000E-6. Sedangkan alat angkut yang digunakan yaitu *Rigid Truck* Belaz 75135.

Pada bulan Januari-Juli 2017 Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) untuk penggalian *overburden* di Pit 2 yaitu sebesar 725.000 Bcm, 700.000 Bcm, 750.000 Bcm, 750.000 Bcm, 775.000 Bcm, 775.000 Bcm, 800.000 Bcm sedangkan realisasi produksi *overburden* di Pit 2 bulan Januari-Juli 2017 yaitu sebesar 485.411,57 Bcm, 155.035,89 Bcm, 478.679,84 Bcm, 259.721,73 Bcm, 286.686,40 Bcm, 409.278,48 Bcm, 400.872,01 Bcm.

Sedangkan, pada bulan Agustus 2017 Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) untuk penggalian *overburden* di Pit 2 yaitu sebesar 825.000 Bcm sedangkan realisasinya yaitu 744.429,31 Bcm. Berdasarkan data realisasi produksi tersebut, dapat disimpulkan bahwa produksi pengupasan *overburden* di Pit 2 pada Bulan Agustus 2017 belum mencapai target. Hal ini berdampak pada biaya operasi yang dikeluarkan untuk pengupasan setiap BCM (*Bank Cubic Metre*) lapisan *overburden* tersebut. Ketidaktercapaian target produksi tersebut disebabkan oleh waktu kerja efektif dan produktivitas aktual yang tidak sesuai dengan yang direncanakan.

Waktu kerja efektif aktual rata – rata *shovel* komatsu 3000E-6 yaitu 367,12 jam dari target waktu kerja efektif yaitu sebesar 390 jam. Sedangkan, produktivitas aktual rata-rata *shovel* komatsu 3000E-6 685,03 bcm/jam dari target produktivitas sebesar 720 bcm/jam. Waktu kerja efektif yang kurang optimal disebabkan karena waktu *standby* dan *breakdown* alat *shovel* komatsu 3000E-6, sedangkan kurang optimalnya produktivitas disebabkan rendahnya efisiensi kerja alat.

Kondisi ideal dalam proses produksi sangat sulit dicapai. Akan tetapi hal tersebut dapat diupayakan dengan melakukan optimalisasi terhadap alat tersebut. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* merupakan alat pengukuran performa proses produksi yang dapat mengukur bermacam macam *losses* produksi dan mengidentifikasi potensi *improvement*. OEE adalah sebuah metode yang telah diterima oleh universal untuk mengukur *level* sebuah perusahaan dan potensi *improvement* dari sebuah proses produksi. Dengan menggunakan metode ini dapat diketahui area mana yang perlu ditingkatkan untuk mencapai target produksi.

Setelah itu digunakan analisis regresi linear berganda untuk mengetahui hubungan dan batas maksimal dari

hambatan atau *loss time* yang dijadikan sebagai acuan dalam mereduksi *loss time* agar produksi dapat tercapai.

Setelah didapatkan batas maksimal dari analisis regresi linear berganda, perlu dilakukan perbaikan dari *losstime* yang menyebabkan berkurangnya jam kerja alat yang telah direncanakan perusahaan. Perbaikan dilakukan dengan metode *fishbone* dengan cara mencari sebab-akibat yang menyebabkan produksi pengupasan *overburden* tidak tercapai.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lokasi Penelitian

Wilayah Kuasa Pertambangan (KP) PT. Bukit Asam (Persero), Tbk terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Propinsi Sumatera Selatan. Secara geografis terletak pada posisi 3°42'30" LS – 4°47'30" LS dan 103°45'00" BT – 103°50'10" BT. Seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut ini.

Data penelitian yang diambil meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diantaranya adalah waktu edar masing-masing alat gali-muat *shovel* Komatsu 3000E-6.



Gambar 1. Peta situasi Pit 2 Tambang Banko Barat

2.2 Kegiatan Penambangan

Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam (Persero) Tbk menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode *backfilling*. Metode ini digunakan untuk mengurangi jumlah luasan *disposal area*, dimana material *overburden* akan di *dumping* di lokasi yang batubaranya sudah ditambang. Metode ini juga akan mencegah terbentuknya kolam – kolam bekas tambang yang nantinya akan mempengaruhi lingkungan disekitar lokasi penambangan baik disaat berjalannya aktifitas penambangan maupun setelah berakhirnya masa penambangan.

2.2.1 Survey Pemetaan

Kegiatan ini merupakan faktor penting dalam suatu tambang mulai dari proses awal sampai akhir penambangan, dan merupakan dasar untuk melakukan perencanaan suatu kegiatan penambangan. *Survey* dilakukan untuk mendapatkan data perubahan situasi dan data pengukuran yang nantinya dibutuhkan untuk keperluan seperti pemetaan, kontur, perhitungan volume *overburden* dan batubara, desain tambang, serta untuk melihat kemajuan dari kegiatan tambang.

2.2.2 Proses Land Clearing

Pembabatan adalah kegiatan pembersihan *front* kerja atau tempat kerja dari tumbuh-tumbuhan baik itu semak belukar, pepohonan dan tumbuhan lainnya yang dapat mengganggu proses penambangan atau mengganggu alat-alat mekanis yang bekerja pada lokasi penambangan. Kegiatan land clearing yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam (Persero) Tbk menggunakan alat mekanis seperti *bulldozer*.

2.2.3 Pengupasan Tanah Pucuk

Setelah lahan dibersihkan, maka selanjutnya dilakukan penggalian tanah pucuk berupa tanah humus. Material humus ditimbun ditempat terpisah dari material *overburden* karena akan digunakan untuk reklamasi sebagai media tanah.

2.2.4 Penggalian, Pemuatan, dan Pengangkutan Overburden

Kegiatan pemuatan dan pengangkutan *overburden*, pada umumnya dilakukan dengan sistem *conventional* yaitu dengan menggunakan kombinasi antara *excavator* dan *dumptruck*. *Overburden* diberai dahulu dengan bantuan *ripper bulldozer* lalu dimuat dengan *excavator* dan kemudian dilakukan pengangkutan menggunakan *dump truck* untuk diangkut ke *disposal*. Untuk material yang keras dilakukan peledakan (*Blasting*). Pada *Pit 2* dilakukan *blasting* agar memudahkan dalam proses penggalian.

Pemuatan dan pengangkutan pada *Pit 2* menggunakan kombinasi antara alat gali – muat dan alat angkut *shovel* PC 3000 dan Belaz HD 75135.

Proses pengangkutan bertujuan untuk memindahkan *overburden* atau *interburden* hasil penggalian dari *front* penambangan menuju ke *disposal* dengan menggunakan Belaz HD 75135.

2.2.5 Penambangan Batubara

Untuk melakukan penambangan batubara (*coal getting*) itu sendiri, terlebih dahulu dilakukan kegiatan *coal cleaning*. Maksud dari kegiatan *coal cleaning* ini adalah untuk membersihkan pengotor yang berasal dari permukaan batubara (*face batubara*) yang berupa material sisa tanah penutup yang masih tinggal sedikit, serta pengotor lain. Selanjutnya dilakukan kegiatan *coal getting* hingga pemuatan ke alat angkutnya. Untuk lapisan batubara yang keras, maka terlebih dahulu harus dilakukan penggaruan.

2.2.6 Reklamasi

Pada tahap ini dilakukan penataan dan perbaikan lahan bekas tambang tersebut sesuai dengan peruntukannya. Agar lahan bekas tambang tersebut dapat dimanfaatkan kembali.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus tahun 2017. Lokasi penelitian di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang

Kidul, Kabupaten Muara Enim, Propinsi Sumatera Selatan.

3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan jenis data yang diperoleh maka teknik analisis data menggunakan data kuantitatif, yaitu dengan mengolah kemudian disajikan dalam bentuk tabel atau grafik. Untuk mempersentasikan hasil pengolahan data tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan metode analisis data statistik dan persentasi.

Metode penelitian kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel yang umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan^[1].

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan mengambil data primer yaitu data *cycle time* alat muat *shovel* komatsu 3000E-6 (SE-3001, SE-3002, dan SE-3003). Kemudian data sekunder berupa peta lokasi kegiatan, spesifikasi alat muat *shovel* komatsu 3000E-6, waktu hambatan *shovel* komatsu 3000E-6, target volume pekerjaan pemindahan tanah penutup, jam jalan alat dan realisasi produksi, serta rekapitulasi biaya operasional.

3.3 Tahap Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh diolah dengan menggunakan perhitungan, selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, diagram atau perhitungan penyelesaian.

3.3.1 Perhitungan Produktivitas

Pemuatan merupakan proses pemuatan material hasil galian oleh alat gali muat yang dimuatkan pada alat angkut. Ukuran dan tipe dari alat muat yang dipakai harus sesuai dengan kondisi lapangan dan keadaan alat angkutnya^[2].

Perhitungan produktivitas alat mekanis dapat digunakan untuk menilai kinerja dari alat mekanis. Semakin baik tingkat penggunaan alat maka semakin besar produktivitas yang dihasilkan alat tersebut^[3].

Faktor yang mempengaruhi produktivitas adalah segala sesuatu yang memungkinkan untuk mempengaruhi pengaruh kondisi kerja. Salah satu tolak ukur yang dapat dipakai untuk mengetahui baik buruknya hasil kerja (keberhasilan) suatu alat pemindahan tanah mekanis adalah besarnya produksi yang dapat dicapai oleh alat berat yang digunakan. Oleh sebab itu usaha dan upaya untuk dapat mencapai produksi yang tinggi selalu menjadi perhatian yang khusus (*serious*).

Produktivitas alat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor dari material, faktor pengembangan, faktor pengisian *bucket*, waktu edar, ketersediaan alat mekanis, keadaan jalan angkut, efisiensi kerja, dan waktu kerja efektif^[4].

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{C_m} \times SF \quad (1)$$

$$q = q_1 \times k \quad (2)$$

Dimana:

Q = Produksi perjam alat muat (Bcm/jam)

q = Produksi alat muat persiklus (m³)

q₁ = Kapasitas *bucket* (m³)

k = faktor *bucket*

E = Efisiensi Kerja

SF = *Swell Factor*

3.3.2 Perhitungan Ketersediaan Alat

Beberapa hal yang menunjukkan keadaan alat mekanis dan efisiensi pada penggunaannya antara lain^[5]:

Availability index atau mechanical availability

Merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$A.I = ((W)/(W+R)) \times 100 \% \quad (3)$$

Keterangan:

W = *Working Hours*, atau jumlah jam kerja alat

R = *Repair Hours*, atau jumlah jam perbaikan.

Physical Availability atau Operational Availability

Merupakan catatan mengenai keadaan fisik dari alat yang sedang dipergunakan.

Persamaannya adalah:

$$P.A = ((W+S)/(W+R+S)) \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

S = *Standby Hours* atau jumlah jam dalam suatu alat yang tidak dapat dipergunakan padahal alat itu tidak rusak dan dalam keadaan siap beroperasi.

W + R + S = *Schedule Hours* atau jumlah seluruh jam jalan dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi. Tingkat efisiensi dari sebuah alat mekanis naik jika *angka physical availability* mendekati angka *availability index*.

Use of Availability

Menunjukkan berapa persen waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan.

Persamaannya adalah:

$$U.A = ((W)/(W+S)) \times 100 \% \quad (5)$$

Angka *use of availability* biasanya dapat memperlihatkan seberapa efektif suatu alat yang sedang tidak rusak dapat dimanfaatkan. Hal ini dapat menjadi ukuran seberapa baik pengelolaan (*management*) peralatan yang dipergunakan.

Effective Utilization

Menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif.

Effective Utilization sebenarnya sama dengan pengertian efisiensi kerja.

Persamaannya adalah:

$$EU = ((W)/(W+R+S)) \times 100\% \quad (6)$$

3.4 Tahap Analisis Data

Analisis data menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), analisis statistik yaitu regresi linier berganda, dan menganalisis permasalahan dengan metode *fishbone*.

3.4.1 Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Pengertian OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah metode pengukuran efektivitas penggunaan suatu peralatan. OEE dikenal sebagai salah satu aplikasi program *Total Productive Maintenance* (TPM)^[6].

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan ukuran menyeluruh mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin/peralatan dan kinerja secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu ditingkatkan produktivitas maupun efisiensi mesin/peralatan^[7].

OEE dapat dinyatakan sebagai perbandingan dari output aktual dari mesin dibagi dengan output maksimal mesin saat berada dalam kondisi terbaik^[8].

OEE merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur metrik dalam penerapan program TPM guna menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan menghapuskan *Six Big Losses* peralatan^[9].

Berikut adalah faktor yang akan dihitung pada komponen OEE:

Availability Factor (A)

Ketersediaan alat maksudnya diikaikan dengan suatu peralatan yang beroperasi dapat dihitung dengan persamaan:

$$A = \frac{AT}{TT} \quad (7)$$

Keterangan:

AT = *Available time*

TT = *Total calendar Time*

Utilization Factor (U)

Maksudnya adalah pemanfaatan menandakan penggunaan produktif jam tersedia, dapat dihitung dengan persamaan:

$$U = \frac{UT}{AT} \quad (8)$$

Keterangan:

UT = *utilization time*

AT = *available time*

Speed Factor (S)

Faktor kecepatan adalah rasio waktu siklus yang direncanakan dengan waktu siklus aktual, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{CTp}{CTa} \quad (9)$$

Keterangan:

Ctp = *planned cycle time*

Cta = *actual cycle time*

Bucket Factor (B)

Yaitu menandakan penggunaan produktif kapasitas *bucket*, kuantitas *bucket* yang dimuat secara aktual dibandingkan dengan output aktual

$$B = \frac{Oac}{Opc} \quad (10)$$

OEE of Equipment

$$OEE = A \times U \times S \times B \quad (11)$$

Dari persamaan diatas didapatkan

$$OEE = \frac{AA}{TT} \times \frac{UT}{AT} \times \frac{EOT}{UT} \times \frac{NOT}{EOT} = \frac{NOT}{TT} \quad (12)$$

Untuk menghitung produksi pada waktu tertentu dapat digunakan rumus :

$$O = Opc \times \frac{TT \times 3600}{CTp} \times OEE \quad (13)$$

Maka diperolehlah O yaitu output produksi dalam jangka waktu tertentu (m^3).

3.4.2 Analisis Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linier berganda adalah analisis yang memiliki variabel bebas lebih dari satu^[10].

Regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh antara variabel bebas (X_1 dan X_2) terhadap variabel terikat (Y) yang menggunakan rumus regresi linier berganda.

Uji regresi berganda digunakan untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) apabila variabel bebas minimal dua atau lebih. Uji regresi ganda adalah alat analisis peramalan nilai pengaruh dua variabel bebas atau lebih terhadap satu variabel terikat (untuk membuktikan ada atau tidaknya hubungan fungsional atau hubungan kausal antara dua variabel bebas atau lebih, (X_1) (X_2) (X_3)... (X_n) dengan satu variabel terikat^[11].

Secara umum model regresi linier berganda adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (14)$$

Keterangan:

Y = Variabel tak bebas

X_i = Variabel bebas

a = Penduga bagi α intersep (titik potong)

b_i = Penduga bagi β_i

Regresi berganda dengan dua variabel bebas adalah:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (15)$$

Nilai-nilai dari persamaan regresi ganda untuk dua variabel bebas dapat ditentukan sebagai berikut:

$$b_1 = \frac{(\sum x_2^2)(\sum x_1y) - (\sum x_1x_2)(\sum x_2y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1x_2)^2} \quad (16)$$

$$b_2 = \frac{(\sum x_1^2)(\sum x_2y) - (\sum x_1x_2)(\sum x_1y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1x_2)^2} \quad (17)$$

$$a = \frac{\sum y}{n} - b_1 \frac{\sum x_1}{n} - b_2 \frac{\sum x_2}{n} \quad (18)$$

Koefisien Determinansi (R^2)

Koefisien determinansi digunakan sebagai informasi mengenai kecocokan suatu model. Nilai koefisien determinansi antara 0 sampai dengan 1^[12].

Menghitung nilai determinan dapat menggunakan rumus:

$$KP \text{ atau } R^2 = \frac{b_1 \sum x_1y + b_2 \sum x_2y}{\sum y^2} \quad (19)$$

Analisis Korelasi Berganda (R)

Analisis ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel atau lebih variabel independen terhadap variabel dependen. Koefisien ini menunjukkan seberapa besar hubungan yang terjadi antara variabel independen (X) terhadap variabel dependen (Y). Nilai R berkisar antara 0-1, dengan rumus :

$$R = \sqrt{R^2} \text{ atau } R = \sqrt{KP} \quad (20)$$

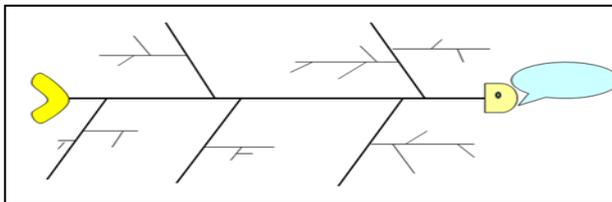
3.4.3 Metode Fishbone

Analisis terhadap penyebab faktor-faktor *six big losses* yang mengakibatkan efektivitas mesin dalam perhitungan OEE dilakukan dengan menggunakan diagram sebab akibat^[13].

Diagram tulang ikan atau fishbone diagram adalah salah satu metode/ tool di dalam meningkatkan kualitas. Sering juga ini disebut dengan diagram Sebab-Akibat atau *cause effect diagram*. Penemunya adalah seorang ilmuwan jepang pada tahun 60-an. Bernama Dr. Kaoru Ishikawa, ilmuwan kelahiran 1915 di Tokyo Jepang yang juga alumni teknik kimia Universitas Tokyo. Sehingga sering juga disebut dengan diagram ishikawa. Metode tersebut awalnya lebih banyak digunakan untuk manajemen kualitas. Yang menggunakan data verbal (*non-numerical*) atau data kualitatif. Dr. Ishikawa juga ditengarai sebagai orang pertama yang memperkenalkan 7 alat atau metode pengendalian kualitas (*7 tools*). Yakni *fishbone diagram*, *control chart*, *run chart*, *histogram*, *scatter diagram*, *pareto chart*, dan *flowchart*^[14].

Fishbone merupakan salah satu metode atau *tool* yang akan digunakan untuk mengetahui akar permasalahan lebih rinci di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.

Diagram ini merupakan suatu diagram yang digunakan untuk mencari semua unsur penyebab yang diduga dapat menimbulkan masalah tersebut. Diagram ini sering juga disebut dengan diagram tulang ikan karena menyerupai bentuk susunan tulang ikan. Bagian kanan dari diagram biasanya menggambarkan akibat atau permasalahan, sedangkan bagian cabang-cabang tulang ikannya menggambarkan penyebab-penyebabnya. Diagram *fishbone* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. *Fishbone Diagram*

Diagram Fishbone (Tulang Ikan) telah menciptakan ide cemerlang yang dapat membantu dan memampukan setiap orang atau organisasi/perusahaan dalam menyelesaikan masalah dengan tuntas sampai ke akarnya. Jadi sebenarnya dengan adanya diagram ini sangatlah bermanfaat bagi perusahaan, tidak hanya dapat menyelesaikan masalah sampai akarnya namun bisa mengasah kemampuan berpendapat bagi orang-orang yang masuk dalam tim identifikasi masalah perusahaan yang dalam mencari sebab masalah menggunakan diagram tulang ikan.

Manfaat metode fishbone

Fungsi dasar *fishbone* adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya. *Fishbone* memberikan keuntungan terutama bagi perusahaan.

Kelebihan dan Kekurangan metode fishbone

Kelebihan *fishbone* ini adalah dapat menjabarkan setiap masalah yang terjadi dan setiap organisasi terlibat dalam memberikan saran yang menjadi penyebab masalah tersebut, sedangkan kekurangan dari *fishbone* ini kemampuan manajemen dalam menjabarkan masalah-masalah menjadi terbatas.

3.4.4 Biaya Operasi Alat Mekanis

Dalam dunia pertambangan yang seluruh kegiatannya menggunakan alat-alat berat maka harus dipertimbangkan terlebih dahulu mengenai komponen biaya-biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disediakan hingga keuntungan yang akan diperoleh perusahaan. Pemilihan suatu alat itu bukan hanya didasarkan atas besarnya produksi atau kapasitas alat tersebut, tetapi didasarkan atas ongkos termurah untuk setiap cu, yd atau ton nya^[15].

Operating cost atau biaya operasi adalah biaya setiap jam yang harus dikeluarkan untuk keperluan pengoperasian alat-alat mekanis. Ada beberapa parameter yang perlu diketahui untuk menghitung biaya operasi alat mekanis, parameter-parameter tersebut

meliputi, biaya bahan bakar, biaya minyak pelumas, biaya penggantian ban, biaya reparasi umum, upah operator, dan lain-lain^[3].

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Jadwal Kerja

Jadwal Kerja PT. Bukit Asam (Persero) Tbk dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Kerja PT. Bukit Asam (Persero) Tbk

Hari	Shift	Jam Kerja	Kegiatan	Jumlah
		(WIB)		(Jam)
Senin - Kamis	I	07:00	Masuk Kerja	0
		07:00 – 07:30	Persiapan Kerja	30
		07:30 – 12:00	Kerja Produktif	270
		12:00 – 13:00	Isoma	60
		13:00 – 18:00	Kerja Produktif	300
		18:00 – 19:00	Pergantian Shift	60
Sabtu - Minggu	II	19:00	Masuk Kerja	0
		19:00 – 19:30	Persiapan Kerja	30
		19:30 – 24:00	Kerja Produktif	270
		24:00 – 01:00	Isoma	60
		01:00 – 06:00	Kerja Produktif	300
		06:00 – 07:00	Pergantian Shift	60
Total				
Jum'at	I	07:00	Masuk Kerja	0
		07:00 – 07:30	Persiapan Kerja	30
		07:30 – 12:00	Kerja Produktif	270
		11:00 – 13:00	Isoma	120
		13:00 – 18:00	Kerja Produktif	300
		18:00 – 19:00	Pergantian Shift	60
	II	19:00	Masuk Kerja	0
		19:00 – 19:30	Persiapan Kerja	30
		19:30 – 24:00	Kerja Produktif	270
		24:00 – 01:00	Isoma	60
		01:00 – 06:00	Kerja Produktif	300
		06:00 – 07:00	Pergantian Shift	60
Total				22

4.2 Total Loss Time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003 Bulan Agustus 2017

Total Loss Time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003 Bulan Agustus 2017 dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Total Loss Time Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003

Unit	Delay Time	Kondisi Disposal	Kondisi Front	Kondisi Jalan	Kondisi Unit	Weather	Kondisi Material
SE-3001	125,75	0,50	60,50	41,67	16,83	59,50	2,17
SE-3002	164,67	0	54,00	26,00	19,00	57,92	0
SE-3003	146,50	0	57,83	39,00	16,50	64,50	0

4.3 Jam Kerja

Jam Kerja Pit 2 Tambang Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Jam Kerja Pit 2 Tambang Banko Barat

Unit	Jam Tersedia (Jam)	Jam Operasi (Jam)	Jam Repair/ Breakdown (Jam)	Jam Standby (Jam)
SE-3001	682	375,00	16,83	290,08
SE-3002	676	354,30	19,00	302,58
SE-3003	682	357,20	16,50	307,83

4.4 Ketersediaan Alat

Dari data jam kerja *shovel* Komatsu 3000E-6 (SE-3001, se-3002, dan SE-3003) bulan Agustus 2017, dengan rumus diatas maka dapat dihitung MA, UA, PA, dan EU sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai MA, UA, PA, dan EU Shovel Komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003

Unit	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
SE-3001	95,70	97,53	56,38	54,99
SE-3002	94,91	97,19	53,94	52,42
SE-3003	95,58	97,58	53,71	52,41

4.5 Perhitungan Produktivitas

Produktivitas excavator dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \times SF$$

$q = q_1 \times k$

Keterangan:

Q = Produksi perjam alat muat (BCM/jam)

q = Produksi alat muat persiklus

q_1 = Kapaistas *bucket*

k = faktor *bucket*

E = Efisiensi Kerja

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan produktivitas masing-masing unit *Shovel* Komatsu 3000E-6 sebagai berikut:

Tabel 5. Produktivitas

Unit	q_1	k	Cm	E	Q
	m^3	m^3	detik	%	m^3 /jam
SE-3001	16	1	32,28	55	704,23
SE-3002	16	1	31,98	52	677,59
SE-3003	16	1	30,55	52	709,23

4.6 Perhitungan Produksi dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Dengan menggunakan rumus 7, 8, 9, 10, 11 dan 13 maka didapatkan nilai OEE dan produksi *Shovel* komatsu 3000E-6 sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan OEE shovel komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003

banyak waktu terbuang selama proses produksi yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Unit	A	U	S	B	OEE	O (m^3)	O (m^3) (aktual)
SE-3001	0,92	0,55	0,87	0,84	0,37	480227,75	264.087,12
SE-3002	0,91	0,52	0,88	0,84	0,35	457970,51	240.069,47
SE-3003	0,92	0,52	0,92	0,84	0,37	483361,91	253.335,92

4.7 Pembahasan

Setelah menghitung data produksi, dapat dilihat pada data jam kerja terdapat *loss time* yaitu berupa data jam *breakdown* dan *standby*. *Breakdown* dan *standby* terjadi karena beberapa faktor berikut:

1. Peralatan

Loss time yang terjadi karena perlatan biasanya disebabkan oleh kerusakan atau pengecekan pada alat baik yang direncanakan maupun tidak direncanakan, dan *problem mechanical*.

2. Lingkungan

Loss time yang terjadi karena lingkungan biasanya disebabkan oleh perbaikan front, keadaan material, perbaikan jalan, perbaikan disposal.

3. Manusia

Loos time yang disebabkan oleh manusia adalah seperti operator terlambat saat jam kerja sudah dimulai, operator izin karena sesuatu hal mendadak, ataupun operator tanpa keterangan, kemudian juga disebabkan oleh jadwal *change shift* yang melebihi batas waktu yang telah ditetapkan.

Frekuensi hambatan-hambatan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

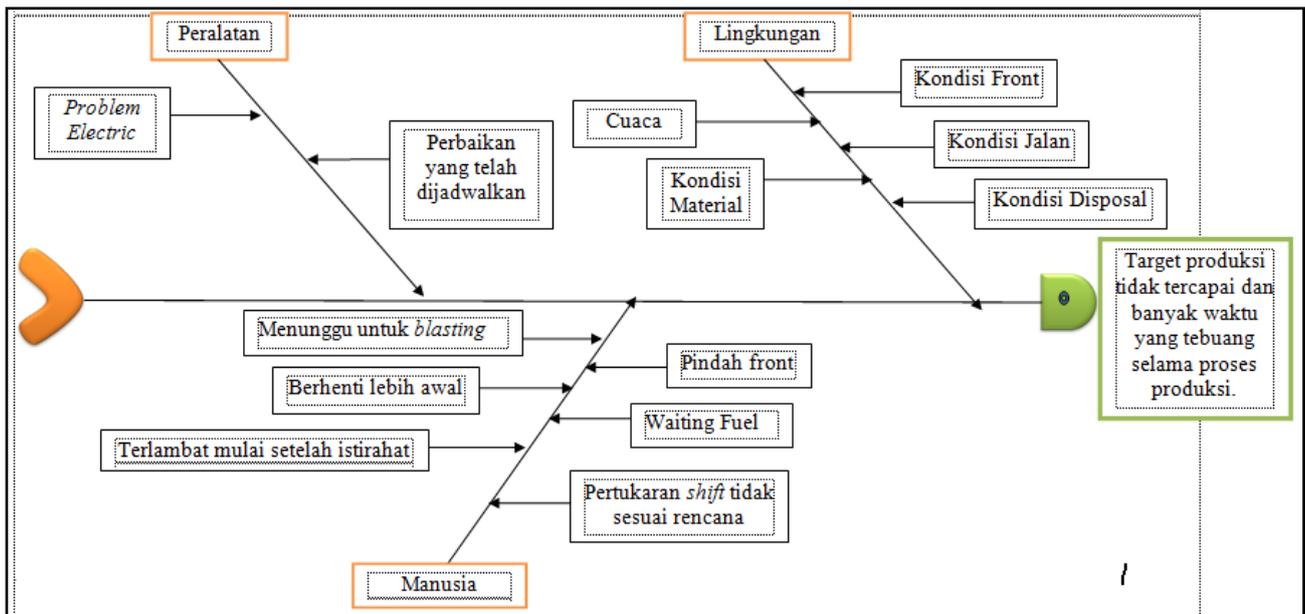
Tabel 7. Data keterangan breakdown dan standby shovel komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003

Kategori Hambatan	Frekwensi			
	SE-3001	SE-3002	SE-3003	Total
Peralatan	7	10	8	25
Lingkungan	69	61	64	181
Manusia	30	30	30	51

Dari tabel diatas diketahui penyebab *breakdown* dan *standby* pada alat gali muat *shovel* komatsu 3000E-6 bulan Agustus 2017 yang paling banyak adalah berasal dari lingkungan dimana hambatan yang paling banyak terjadi adalah perbaikan front kemudian kondisi lainnya disebabkan oleh kondisi disposal, kondisi jalan, kondisi material, dan cuaca. Sedangkan dari faktor peralatan disebabkan oleh *problem mechanical* dan pengecekan yang telah direncanakan. Faktor manusia disebabkan oleh operator izin karena sesuatu hal mendadak, ataupun operator tanpa keterangan, kemudian juga disebabkan oleh jadwal *change shift* yang melebihi batas waktu yang telah ditetapkan, *waiting for blasting*, evakuasi *blasting*.

4.8 Diagram Fishbone

Berdasarkan pengamatan dilapangan dapat dibuat diagram fishbone tidak tercapainya target produksi dan



Gambar 3. Diagram Fishbone

4.9 Perhitungan Standby Time Maksimal untuk Memenuhi Produksi Pengupasan Lapisan Overburden dengan Menggunakan Analisis Regresi Linear Berganda

Sampel data yang digunakan pada perhitungan untuk mendapatkan waktu optimal tersebut sebanyak 31 data, karena jumlah hari pada bulan Agustus 2017 adalah 31 hari.

Input: Data jumlah *repair/breakdown time* (X_1), *standby time* (X_2), dan Produksi aktual harian (Y) Agustus 2017 dari data sekunder peneliti.

Proses: Adapun proses yang akan dilakukan dengan cara menghitung jumlah nilai:

1. *Repair/breakdown time* (X_1^2),
2. *Standby time* (X_2^2),
3. Produksi (Y^2)
4. X_1Y
5. X_2Y
6. X_1X_2

Kemudian dihitung dengan menggunakan rumus 14, 15, 16, 17, dan 18. Maka didapatkan *standby time* maksimal untuk memenuhi produksi.

Setelah didapatkan *standby time* maksimal, maka perlu dilakukan perbaikan terhadap *losstime* yang diakibatkan oleh *standby time*. Perbaikan yang bisa dilakukan agar produksi tercapai adalah perbaikan terhadap faktor yang disebabkan oleh *delay time*, yaitu kedisiplinan kerja. Setelah diteliti dalam satu hari *delay time* yang diperbolehkan adalah 3 hrs, yang terdiri dari waktu untuk persiapan kerja dan pergantian *shift*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada jadwal kerja yang telah dipaparkan sebelumnya.

Namun, ada beberapa hari pada bulan agustus 2017 *delay time* tidak mencapai 3 hrs, hal itu disebabkan

karena ada faktor hambatan lain yang terjadi sebelum pergantian shift maupun waktu istirahat.

Tabel 8. Waktu Optimal untuk Memenuhi Produksi

Unit	Jam Tersedia (Jam)	Jam Operasi (Jam)	Jam Repair/Breakdown (Jam)	Jam Standby (Jam)
SE-3001	681,92	460,16	238,59	16,83
SE-3002	675,88	436,30	220,58	19,00
SE-3003	681,53	422,03	243,00	16,50

Manfaat dilakukannya analisis regresi linear berganda pada perhitungan ini adalah untuk mengetahui total *standby time* maksimal dalam satu bulan agar produksi tercapai. Tidak bisa jika hanya berpatokan terhadap *standby time* maksimal dalam satu hari, karena ada faktor-faktor *standby time* dalam beberapa hari yang tidak bisa dikurangi lagi. Jadi, yang jadi patokan adalah *standby time* maksimal dalam satu bulan.

4.10 Perhitungan Produksi dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Setelah Perbaikan Standby Time

Produksi setelah perbaikan *standby time* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Hasil Perhitungan OEE shovel komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003

Unit	A	U	S	B	OEE	O (m ³)	O (m ³) (aktual)
SE-3001	0,92	0,67	0,87	0,84	0,45	589288,55	397.657,07
SE-3002	0,91	0,65	0,88	0,84	0,43	563964,25	364.053,37
SE-3003	0,92	0,62	0,92	0,84	0,44	571094,18	353.644,89

Pada perhitungan diatas dapat dilihat dengan efisiensi 100 %, produksi shovel komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003 berturut-turut yaitu 589.288,55 bcm, 563.964,25 bcm, dan 571.094,18 bcm mencapai target bahkan sangat jauh melebihi target produksi. Yang mana

target produksi masing-masing unit *shovel* komatsu 3000E-6 yaitu 275.000 bcm.

Sedangkan dengan efisiensi kerja setelah perbaikan *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003 berturut-turut sebesar 45%, 43%, dan 44% produksi perbaikan *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003 berturut-turut adalah 397.657,07 bcm, 364.053,37 bcm, dan 353.644,89 bcm dari target produksi masing-masing unit 275.000. hal itu berarti bahwa produksi *shovel* komatsu 3000E-6 sudah mencapai target. Namun, produksi masih bisa ditingkatkan karena standar OEE kelas dunia yaitu 85%.

4.11 Perhitungan Biaya Operasi Per BCM Sebelum dan Setelah Peningkatan Produksi

Variabel cost untuk unit *shovel* komatsu 3000E-6 per jam sudah ditetapkan sebesar Rp. 466.388. Sedangkan untuk pemakaian listrik per jamnya rata-rata yaitu sebesar 453,14 kwh dengan tarif 1 kwh yaitu sebesar Rp. 1.474.

4.11.1 Perhitungan Biaya Operasi Per Bcm Sebelum Peningkatan Produksi

Biaya Operasi Per BCM sebelum peningkatan produksi dapat dilihat pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Biaya Operasi Per BCM sebelum Peningkatan Produksi

Operating Cost						
No	Komponen Biaya	Tipe Alat	Jumlah Unit	Tarif	Elektrifikasi	
					Quantity	Biaya
1	Variabel Cost	<i>Shovel</i> Pc 3000	3	466.388	1.087	506.730.942
2	Pemakaian Listrik	<i>Shovel</i> Pc 3000		1.474	492.335	725.702.081
Total Biaya (Rp)						1.262.433.023
Total Produksi (Ritase) (Bcm)						744.429,31
Biaya Operasi/Bcm Menggunakan Shovel Komatsu 3000e-6						1.656

Jadi, berdasarkan perhitungan pada tabel diatas biaya operasi per bcm *shovel* komatsu 3000E-6 yaitu sebesar Rp. 1.656.

4.11.2 Perhitungan Biaya Operasi Per Bcm Setelah Peningkatan Produksi

Biaya Operasi Per BCM setelah peningkatan produksi dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Biaya Operasi Per BCM setelah Peningkatan Produksi

Operating Cost						
No	Komponen Biaya	Tipe Alat	Jumlah Unit	Tarif	Elektrifikasi	
					Quantity	Biaya
1	Variabel Cost	<i>Shovel</i> Pc 3000	3	466.388	1.318	613.686.228
2	Pemakaian Listrik	<i>Shovel</i> Pc 3000		1.474	597.462	878.875.426
Total Biaya (Rp)						1.492.561.654
Total Produksi (Ritase) (Bcm)						1.110.754
Biaya Operasi/Bcm Menggunakan Shovel Komatsu 3000e-6						1.344

1	Variabel Cost	<i>Shovel</i> Pc 3000	3	466.388	1.318	613.686.228
2	Pemakaian Listrik	<i>Shovel</i> Pc 3000		1.474	597.462	878.875.426
Total Biaya (Rp)						1.492.561.654
Total Produksi (Ritase) (Bcm)						1.110.754
Biaya Operasi/Bcm Menggunakan Shovel Komatsu 3000e-6						1.344

Jadi, berdasarkan perhitungan pada tabel diatas biaya operasi per bcm *shovel* komatsu 3000E-6 yaitu sebesar Rp. 1.344.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Untuk efektivitas alat gali muat yaitu:
 - Persentase *Mechanical Availability* masing-masing alat muat sangat baik.
 - Persentase *Use Availability* masing-masing alat muat masih rendah.
 - Persentase *Efectivity utilization* masing-masing alat muat masih rendah.
- Produktivitas aktual alat gali muat *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, dan SE-3003 pada bulan Agustus 2017 berturut-turut adalah 704,23 Bcm/Jam, 677,59 Bcm/Jam, 709,23 Bcm/Jam dari produktivitas yang direncanakan adalah 720 Bcm/Jam.
- Setelah dilakukan perhitungan dengan metode *Overall Equipment Efektiveness* diperoleh hasil produksi *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003 berturut-turut sebesar 264.087,12 Bcm, 240.069,47 Bcm, dan 253.335,92 Bcm dari target produksi satu unit *shovel* komatsu 3000E-6 275.000 Bcm
- Hasil perhitungan produksi dengan metode *Overall Equipment Efektiveness* setelah dilakukannya perbaikan waktu kerja dengan mengurangi waktu *standby* masing-masing alat gali muat dan meningkatkan jam operasi maka diperoleh produksi *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003 berturut-turut sebesar 393.057,82 Bcm, 364.053,37 Bcm, dan 353.644,89 Bcm dari target produksi satu unit *shovel* komatsu 3000E-6 275.000 Bcm
- Nilai OEE masing-masing alat gali muat *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003 masih sangat rendah berturut-turut sebesar 48%, 46%, dan 47%. Ini artinya nilai OEE masing-masing alat belum mencapai nilai OEE standar kelas dunia yaitu $\geq 85\%$, dapat disimpulkan bahwa keadaan masing-masing alat kurang baik.
- Biaya operasi per bcm dengan menggunakan *shovel* komatsu 3000E-6 di Pit 2 Tambang Banko Barat aktual adalah Rp. 1.656/bcm, sedangkan setelah dilakukan peningkatan produksi biaya operasi per bcm menjadi Rp. 1.344.

5.2 Saran

- Perlunya mengurangi *standby time* masing-masing unit *shovel* komatsu 3000E-6 SE-3001, SE-3002, SE-3003 berturut-turut 48,83 hrs, 82 hrs, 64,83 hrs

untuk meningkatkan produksi pengupasan *overburden*.

2. Perlunya meminimalisir *standby time* yang disebabkan oleh manusia pada alat gali muat *shovel* komatsu 3000E-6 dengan cara meningkatkan kesadaran akan kedisiplinan terhadap waktu kerja yang telah ditetapkan.
3. Perlunya meningkatkan efisiensi kerja agar biaya operasi per bcm berkurang

Daftar Pustaka

- [1] Sugiyono. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung. ALFABETA (2014)
- [2] Indonesianto, Yanto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta. Teknik Pertambangan UPN Veteran (2010)
- [3] S.B. Widhiyansyah, Zaenal, D. Guntoro. *Rencana Penggantian Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Berdasarkan Kajian Teknis dan Ekonomi pada Penambangan Andesit di PT. Panghegar Mitra Abadi, Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat*. Prosiding Teknik Pertambangan ISSN 2460-6499. (2015)
- [4] Ilahi, Riki Rizki, et al. *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali-Muat (Excavator) dan Alat Angkut (Dump truck) Pada Pengupasan Tanah Penutup Bulan September 2013 di Pit 3 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk UPTE*. (2013)
- [5] Prodjosumarto, Partanto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung. Teknik Pertambangan ITB (2000)
- [6] Betrianis, Robby. *Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness sebagai Dasar Usaha Perbaikan Proses Manufaktur pada Lini Produksi*. Jurnal Teknik Industri. 7. 2 (2005)
- [7] Mohammadi, Mousa. *Performance Evaluation of Bucket Based Excavating, Loading and Transport (Belt) Equipment-An OEE Approach*. DOI 10.1515/amsc-2017-0008 (2017)
- [8] C.Y. Wijaya, G.D. Widyadana. *Pengukuran Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT. Astra Otoparts Tbk. Divisi Adiwira Plastik*. Jurnal Titra. 3. 1 (2015)
- [9] Hermanto. *Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness pada Divisi Painting di PT. AIM*. Jurnal Metris ISSN: 1411-3287 (2016)
- [10] Sulistyono, W. Sulistiyowati. *Peramalan Produksi dengan Metode Regresi Linear Berganda*. Jurnal Proxima, 1. 2 (2017)
- [11] M. Iqbal, Hasan. *Pokok-Pokok Materi Statistik 1*. Jakarta. Bumi Aksara (2001)
- [12] R.E. Ndruru, M. Situmorang, G. Tarigan. *Analisa Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Hasil Produksi Padi di Deli Serdang*. Jurnal Saintia Matematika . 2. 1 (2014)
- [13] D.I. Rinawati, N.C. Dewi. *Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Pada Mesin Cavitec di PT. Essentra Surabaya*. Jurnal Prosiding SNATIF ISBN: 978-602-1180-04-4 (2014)
- [14] H. Murnawan, Mustofa. *Perencanaan Produktivitas Kerja dari Hasil Evaluasi Produktivitas dengan Metode Fishbone di Perusahaan Percetakan Kemasan PT. X*. Jurnal Teknik Industri HEURISTIC. 11.1 (2014)
- [15] E. S, Zaenal, S. Widayati. *Kajian Biaya Kepemilikan (Owning Cost) dan Biaya Operasi (Operating Cost) pada Peralatan Penambangan Batuan Andesit di PT Panghegar Mitra Abadi, Blok Gunung Gadung, Kampung Cikuya Desa Lagadar, Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat*. Prosiding Teknik Pertambangan ISSN:2460-6499. 3. 2 (2017)