

# Perencanaan Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi Siklus Produksi Operasi Penambangan dengan *Time and Motion Study* di Tambang Emas Bawah Tanah PT Cibaliung Sumberdaya Pandeglang Banten

Achmatul Irzam<sup>\*</sup>, Stefano Munir, Dono Guntoro

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*irzamining@gmail.com

**Abstract.** In order to increase the production performance of the Underground gold mine from 12,109 wmt/month to 14,093 wmt/month with the progress of production excavation (horizontal slice) from along 221.3 m/month to 263.7 m/month so that it is necessary to increase performance efficiency and productivity of mine production. As an approach use the time and Motion study method which learns the measures of time measurement and work movement of all parameters involved in the mining production activities. Factors accounted for during this study in a way to increase the production of drilling and transporting equipment ie using the highest average time value in each working group (shift) then the attitude of work on each unit that approaches the target efficiency will be used as a calculation of productivity then production improvement plan can be achieved. Based on the identification and evaluation of efforts to increase work efficiency and productivity of production tools obtained Jumbo Drill DR06 has the highest average value of working time on each rock condition as much as 3.35 hours/Shift with EU 41.93% and HAS a ROP 0,617-0,743 m/min so that the productivity of Jumbo Drill increased from 108.12 wmt/hr/tool to 112,09-125,473 wmt/shift/tool that produces production blasting as much as 13.787-15.433 wmt/month. Then the highest average value of working time on the Cikoneng Block is the Unit Mine Truck MMU02 as much as 3.54 hours/Shift with EU 44% and on the unit Cibitung block MMU03 as much as 3.63 hours/shift by using 6-7 of conveyance so as to produce the production value of a number of 18,712 wmt/month. Thoroughly (overall) production plan in the hole Cibitung block openings A number of 4,363 wmt and Cikoneng block a number of 9,729 wmt with the design of 112 production front that will use 5,204 kg explosive materials with the progress of excavation Cibitung block along 90.3 M and Cikoneng Block along 173.4 m based on the minimum blasting progress 2.1 m/blast.

**Keywords:** Time and motion studies, efficiency, productivity, evaluation.

**Abstrak.** Dalam rangka meningkatkan kinerja produksi tambang emas bawah tanah dari 12.109 wmt/bulan menjadi 14.093 wmt/bulan dengan kemajuan penggalian produksi (horizontal slice) dari sepanjang 221,3 m/bulan menjadi 263,7 m/bulan sehingga diperlukan peningkatan kinerja efisiensi dan produktivitas produksi tambang. Sebagai pendekatan menggunakan metode *time and motion study* yang mempelajari tindakan pengukuran waktu dan

gerakan kerja dari semua parameter yang terlibat dalam kegiatan produksi tambang. Faktor-faktor yang diperhitungkan selama penelitian ini dengan cara untuk meningkatkan produksi alat pemboran dan pengangkutan yaitu menggunakan nilai waktu rata-rata tertinggi pada setiap kelompok kerja (shift) kemudian perilaku kerja pada setiap unit yang mendekati target efisiensi akan digunakan sebagai perhitungan produktivitas maka rencana peningkatan produksi dapat tercapai. Berdasarkan identifikasi dan dilakukan evaluasi upaya peningkatan efisiensi kerja dan produktivitas alat produksi didapatkan Jumbo Drill DR06 memiliki nilai rata-rata tertinggi waktu kerja pada setiap kondisi batuan sebanyak 3,35 jam/shift dengan EU 41,93% dan memiliki ROP 0,617-0,743 m/menit sehingga produktivitas jumbo drill meningkat dari 108,12 wmt/jam/alat menjadi 112,09-125,473 wmt/shift/alat yang menghasilkan peledakan produksi sebanyak 13.787-15.433 wmt/bulan. Kemudian nilai rata-rata tertinggi waktu kerja pada Blok Cikoneng ialah Unit Mine Truck MMU02 sebanyak 3,54 jam/shift dengan EU 44% serta pada Blok Cibitung Unit MMU03 sebanyak 3,63 jam/shift dengan menggunakan 6-7 alat angkut sehingga menghasilkan nilai pengangkutan produksi sejumlah 18.712 wmt/bulan. Secara menyeluruh (overall) rencana produksi pada lubang bukaan Blok Cibitung sejumlah 4.363 wmt dan Blok Cikoneng sejumlah 9.729 wmt dengan rancangan 112 front produksi yang akan menggunakan 5.204 kg bahan peledak dengan kemajuan penggalian Blok Cibitung sepanjang 90,3 m dan Blok Cikoneng sepanjang 173,4 m berdasarkan kemajuan peledakan minimal 2,1 m/blast.

**Kata Kunci:** Studi waktu dan gerakan, efisiensi, produktivitas, evaluasi.

## 1. Pendahuluan

PT Cibaliung Sumberdaya (PT. CSD) mengoperasikan tambang emas bawah tanah dengan metode *cut and fill stoping* tipe *Underhand* (dari atas ke bawah) yang dipilih selama ini di bawah manajemen PT Antam Tbk. Selama kegiatan proses persiapan penambangan (development mining) dan produksi tambang (production mining) pada ore block yang dipersiapkan menggunakan satuan operasional mekanis sejak dari pemboran peledakan sampai dengan operasi pengangkutan bijih melalui haulage level dengan moda angkut bijih Mine Truck.

PT CSD telah menetapkan target rencana peledakan produksi sampai pengangkutan produksi bijih berdasarkan bulan Oktober 2019 adalah sebesar 14.093 wmt/bulan dengan lubang kemajuan produksi tambang sepanjang 263,7 m/bulan namun realisasi produksi yang tercapai untuk peledakan produksi sebesar 12.109 wmt/bulan dengan kemajuan produksi tambang 221,3 m dan untuk realisasi pengangkutan produksi sebesar 13.453 wmt/bulan, maka dari itu PT CSD berencana untuk meningkatkan produksi tambang sebagai upaya pemenuhan target produksi yang tidak tercapai.

Berdasarkan ketidaksesuaian target produksi bulanan dengan proses penggalian melalui peledakan sampai proses pengangkutan inilah yang menjadi pertimbangan untuk melakukan penelitian mengenai perencanaan peningkatan produktivitas dan efisiensi tambang emas bawah tanah melalui *Time And Motion Study*. Penerapan metode *time and motion* ini diperlukan karena pekerjaan yang dilakukan oleh operator terjadi secara berulang-ulang di Underground Gold Mine PT CSD. Untuk mencapai target produksi ini diperlukan peningkatan pada parameter-parameter faktor yang mempengaruhi produktivitas seperti kekerasan batuan, kemiringan jalan angkut, waktu siklus operasi peralatan (cycle time), efisiensi kerja mesin dan operator, serta pengisian daya peledakan yang tepat sehingga dapat diperoleh efisiensi, produktivitas, dan waktu standar bagi operator untuk menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam

penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana cara meningkatkan kinerja efisiensi untuk memperbaiki produktivitas peralatan produksi?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui nilai efisiensi dan produktivitas alat produksi aktual
2. Mengetahui faktor yang mempengaruhi efisiensi alat produksi tambang
3. Mengetahui pengaruh kekerasan batuan terhadap waktu pengeboran dan pengaruh kecepatan alat angkut terhadap produktivitas pengangkutan
4. Mengevaluasi efisiensi dan produktivitas alat produksi
5. Merancang produksi tambang untuk memenuhi kebutuhan produksi

## 2. Landasan Teori

Tambang bawah tanah adalah suatu metode penambangan untuk mendapatkan komoditas mineral dan/atau batubara yang kegiatannya dilakukan di bawah permukaan bumi (Kepmen ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018). Metode penambangan *Cut and Fill stoping*, merupakan metode penambangan dimana bijih dipotong menjadi beberapa irisan dalam stope penambangan bawah tanah kemudian digantikan oleh beberapa bahan pengisi yang menjadi pijakan bagi para pekerja tambang dan peralatan untuk menambang potongan berikutnya (Hustrulid W, 2001).

Operasi tambang dibagi menjadi 2 bagian yaitu persiapan penambangan (mine development) dan produksi penambangan (mine production). Persiapan penambangan terdiri dari penggalian yang hampir keseluruhan merupakan galian material tidak bernilai (waste) untuk membuat akses menuju endapan bijih sedangkan Produksi penambangan adalah terdiri dari penggalian yang hampir keseluruhan merupakan galian material bernilai (ore) untuk mengambil endapan bijih (Prof Harraz in mining geology).

Menurut Herjanto (2007), produktivitas merupakan suatu ukuran yang menyatakan bagaimana baiknya sumberdaya diatur dan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal. Berbagai faktor kunci yang mempengaruhi produktivitas, yaitu siklus operasi, penyebaran tenaga kerja, efisiensi mesin, faktor material dan membahas manajemen tenaga kerja. Peralatan produksi tambang diantaranya alat bor, alat muat dan alat angkut. Produktivitas pengeboran dapat ditentukan melalui persamaan berikut (Jurnal Geologi Pertambangan Vol.1, No.14 dalam Sujiman 2014)

$$P = Vdr \times Veq \times EU \times We \times 60 \times \pi$$

Keterangan:

P = Produktivitas alat bor (BCM/shift/alat)

Vdr = kecepatan pengeboran (m/menit)

Veq = Volume batuan yang dibongkar (BCM/meter)

We = Waktu efektif (jam/shift)

EU = Efisiensi kerja alat (%)

$\pi$  = Efisiensi kerja alat (%)

Produktivitas alat muat menggunakan persamaan Prodjosumarto1995 berikut ini :

$$P = \frac{(60 \times EU) \times (H \times FF) \times SF \times \pi}{Ct}$$

Alat Angkut :

$$P = \frac{(60 \times EU) \times (H \times FF \times np) \times SF \times \pi}{Ct}$$

Keterangan:

P = Kemampuan produksi alat angkut (BCM/jam/alat)

Ct = Waktu edar alat angkut (menit)

H = Kapasitas bak alat (LCM)

FF = Faktor pengisian (%)

EU = Efisiensi kerja alat (%)

SF = Faktor Pengembang (%)

$\pi$  = Densitas (bcm/m<sup>3</sup>)

np = Jumlah pengisian bucket

Studi kerja adalah istilah umum keteknikan, khususnya studi metode dan pengukuran kerja, yang digunakan dalam semua konteksnya dan yang mengarah secara sistematis ke

penyelidikan semua faktor, yang mempengaruhi efisiensi dan ekonomi situasi yang sedang ditinjau untuk peningkatan efek. (Procedia economics and finance, 2015). Output dari pengukuran ini didapatkan nilai *Effective Utilization (EU)* yang merupakan perbandingan antara waktu kerja efektif dengan penjumlahan antara waktu kerja efektif delay dan repair.

$$EU = \frac{W_e}{W_e + R + S} \times 100\%$$

Studi kerja umumnya diklasifikasikan dalam studi dua bidang yaitu metode studi (studi gerak/motion study) dan (studi waktu/time study), (kulkarni, et al., 2014) dimana studi waktu merupakan aspek studi waktu berisi beragam prosedur untuk menentukan jumlah waktu yang dibutuhkan, di bawah pengukuran untuk pekerjaan yang terkait dengan manusia, mesin, atau kombinasi keduanya (frederick W. Taylor sejak 1881) sedangkan Studi gerak adalah analisis terhadap beberapa bagian badan pekerja dalam menyesuaikan pekerjaannya, agar gerakan-gerakan yang tidak efektif dapat dikurangi bahkan dihilangkan, sehingga akan diperoleh penghematan waktu kerja dan pengurangan kelelahan pekerja menurut Sitohang dan Norita (2015).

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Agar dapat menganalisa kinerja pengeboran perlu dilakukan pengamatan melalui parameter pengeboran dan parameter kekerasan Batuan seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Kekerasan Batuan dengan Kecepatan Pengeboran

Rock Class	Kecepatan pemboran (m/mnt)	Kekerasan Batuan (MPa)
II	0,62	43,36
III	0,74	31,50

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan kinerja efisiensi aktual dan efisiensi ideal guna mengimprove produktivitas harus menggunakan kinerja efisiensi mendekati idealnya.

**Tabel 2.** Kinerja Efisiensi Alat Produksi Aktual terhadap Efisiensi Ideal (%)

UNIT	Efisiensi (%)	
	Aktual	Ideal
LHD CKN	35,89	54,00
LHD CBT	32,94	54,00
Mine Truck CKN	33,51	54,00
Mine Truck CBT	37,38	54,00
Jumbo Drill	32,12	54,00

Agar dapat menganalisa kinerja pengangkutan perlu dilakukan pengamatan melalui parameter kemiringan jalan (%) dan parameter kecepatan pengangkutan seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Kemiringan Jalan (%) terhadap Kecepatan Pengangkutan

GR lb/ton/(%)	3	6	8	8	10	11	12	12	12	12	13	13	14
kecepatan (kmh)	20	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5

Kajian produktivitas 5 alat bor didominasi oleh Unit DR06 sebagaimana unit tersebut pada semua kondisi batuan mampu menghasilkan produktivitas maksimal seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Produktivitas *Jumbo Drill*

DR06	Produktivitas		Satuan
	RMR II	RMR III	
Max	112,092	125,473	wmt/blast
Min	46,542	36,578	
Median	72,563	52,601	
Jumlah Front	123		
Produksi	13.787	15.433	wmt/bulan

Dengan menggunakan persamaan produktivitas alat angkut, maka seluruh parameter produktivitas disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Data Produktivitas *Mine Truck*

Blok	Ct (mnt)	$\rho_i$ (Ton/m <sup>3</sup> )	SF	FF	H (lcm)	EU (%)	We (Hour)	P (Ton/Hour/Unit)
Cikoneng	42,26	2,62	0,88	0,72	10	44,20	3,54	10,417
Cibitung	52,26					45,31	3,63	8,636

#### Perbandingan kurva antara kinerja efisiensi ideal dan kinerja efisiensi aktual

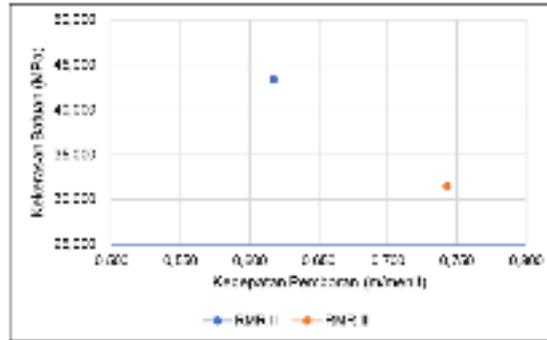
Berikut adalah penelitian mengenai hubungan antara Kinerja efisiensi ideal dengan kinerja efisiensi aktual pengeboran (data lihat tabel 2) yang diuji menggunakan teknik analisis komparatif.

**Gambar 2.** Efisiensi Kerja Alat Pemboran

Gambar 2 menunjukkan bahwa dari 5 alat bor yang diamati beserta hambatannya setelah dievaluasi maka didapatkan solusi perbaikan yaitu dengan menggunakan perilaku kerja yang bernilai rata-rata paling tinggi efisiensinya yang menekan banyak hambatan yaitu pada unit DR06 dimana nilai efisiensinya bernilai 41,39% dengan waktu efektif kerja 3,35 jam/shift dan kecepatan pemboran yang menentukan skill operator dan kinerja mesin yang baik yaitu 0,617 meter/menit sehingga dapat dijadikan sebagai usulan evaluasi bagi unit pemboran yang lainnya.

#### Usaha peningkatan produktivitas

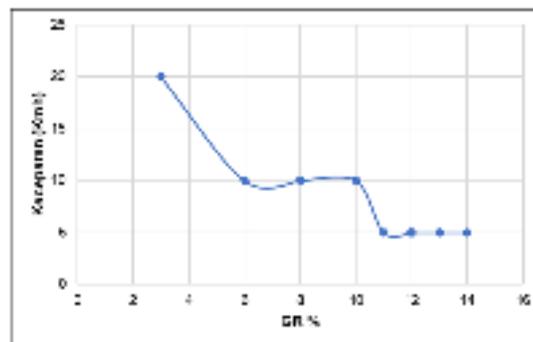
Data hubungan antara kecepatan pengeboran dan kekerasan batuan (data lihat Tabel 1) yang diplot seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pengaruh Kekerasan Batuan terhadap Kecepatan Pemboran

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin kecil nilai kekerasan batuan maka semakin besar kecepatan pemboran dan kondisi alat yang baik maka produktivitas akan semakin besar, sehingga produktivitas alat/hari meningkat.

Adapun analisis pengangkutan produksi ialah data hubungan antara kemiringan jalan dan kecepatan pengangkutan (data lihat Tabel 3) yang diplot seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Pengaruh Kemiringan (%) Jalan Terhadap Kecepatan Alat Angkut

Gambar 4 menunjukkan bahwa jika kecepatan truk yang digunakan semakin kecil yang diakibatkan kemiringan jalan angkut >12% maka akan semakin lama mengangkut dan cycle time yang dikeluarkan akan semakin lama sehingga produktivitas pengangkutan semakin menurun untuk setiap shift hingga perbulannya.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut :

1. Kinerja efisiensi rata-rata alat pengeboran adalah 32,12% dengan produktivitas sebesar 125,47 wmt/alat. Kinerja efisiensi rata-rata alat pemuatan adalah 34,41% dengan produktivitas sebesar 66,87 wmt/jam/alat. Kinerja efisiensi rata-rata alat pengangkutan adalah 44,2% dengan produktivitas sebesar 10,23 wmt/jam/alat. Pada bulan Oktober 2019 rencana peledakan produksi dan pengangkutan produksi adalah sebesar 14.093 wmt/bulan, namun realisasi peledakan produksi yang tercapai 12.109 wmt sedangkan realisasi pengangkutan produksi sebesar 13.453 wmt/bulan, sehingga selisih pengangkutan produksi yang tidak tercapai sebesar 640 wmt/bulan.
2. Faktor kinerja efisiensi yang menyebabkan tidak tercapainya produksi dari yang telah direncanakan yaitu lamanya persiapan pasca safety talk, berhenti sebelum istirahat dan pulang, istirahat *overtime*, *change shift* terlalu cepat, dan terdapatnya genangan air pada front produksi dan area jalan hauling menuju ROMpad serta nilai kemiringan jalan >12% sehingga nilai efisiensi kerja dan produktivitas bernilai rendah.
3. Pengaruh kekerasan batuan terhadap waktu pengeboran ialah semakin kecil nilai kekerasan batuan maka semakin besar kecepatan pemboran dan kondisi alat yang baik

maka produktivitas akan semakin besar, sehingga produktivitas alat/hari meningkat menjadi 112,09 wmt/hari pada RMR II dan 125,47 wmt/hari pada RMR III dengan begitu produksi/bulan peledakan tersebut menjadi 13.787 - 15.433 wmt/bulan. Sedangkan pengaruh kecepatan alat angkut terhadap produktivitas pengangkutan ialah jika kecepatan truk yang digunakan semakin kecil maka akan semakin lama *cycle time* yang dikeluarkan sehingga produktivitas pengangkutan semakin menurun.

4. Upaya peningkatan kinerja efisiensi dipengaruhi oleh waktu kerja dan kondisi batuan sehingga studi waktu yang dilakukan ialah menggunakan waktu kerja maksimal pada masing-masing kondisi batuan yaitu Unit Bor DR06 yang memiliki nilai EU 41,93% dengan waktu kerja 3,35 jam/shift serta memiliki ROP 0,617-0,743 m/menit dengan begitu produktivitas *jumbo drill* meningkat menjadi 112,09-125,473 wmt/shift/alat dan juga *mine truck* walaupun produktivitas sebesar 1.968-2.142 wmt/alat namun jika pekerjaan dilakukan menggunakan waktu kerja alat MMU 02 di Blok Cikoneng 3,54 jam/shift serta MMU 03 di Blok Cibitung sebesar 3,63 jam/shift maka akan menghasilkan nilai pengangkutan produksi tercapai sebanyak 18.712 wmt/bulan.
5. Rencana produksi pada lubang bukaan Blok Cibitung sebesar 4.363 wmt dan Blok Cikoneng sebesar 9.729 wmt. Hasil rancangan produksi ialah akan menambang 112 front produksi dengan kemajuan tambang Blok Cibitung sepanjang 90,3 m dan Blok Cikoneng sepanjang 173,4 m serta kemajuan peledakan minimal 2,1 m/blast melalui kebutuhan bahan peledak (*dayagel magnum*) selama satu bulan sebesar 5.204 kg dan penunjang keamanan selama satu bulan berupa *rockbolt*, *wiremesh*, dan *shotcrete*.

## 5. Saran

Adapun saran dalam upaya penerapan waktu standar serta mengoptimalkan produktivitas alat produksi, sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat mempertimbangkan waktu baku yang diperoleh pada penelitian ini, karena hasil output produksi yang diperoleh telah memaksimalkan jam kerja.
2. Kinerja efisiensi dan produktivitas pengeboran disarankan kerja 3,35 jam/shift untuk drill face maka nilai efisiensi >40% sehingga nilai produktivitasnya dapat mencapai 125,47 wmt/shift seperti Jumbo drill DR06.
3. Kinerja efisiensi dan produktivitas pengangkutan bijih disarankan kerja 3,54 jam/shift pada Blok Cikoneng maka kinerja efisiensi >44% sehingga nilai produktivitasnya dapat mencapai 10,23 wmt/rit seperti Mine Truck MMU 02 dan pada Blok Cibitung disarankan kerja 3,63 jam/shift pada Blok Cikoneng maka nilai efisiensi otomatis >45% sehingga nilai produktivitasnya dapat mencapai 9,19 wmt/rit seperti Mine Truck MMU 03.

## Daftar Pustaka

- [1] Angeles, C. A. (2002). *Geology and Alteration-Mineralization Characteristics of the Cibaliung Epithermal Gold Deposit*. Banten, Indonesia.: Resource Geology.
- [2] Anshariah, S. H. (2017). Produktivitas Kinerja Mesin Bor Dalam Pembuatan Lubang Ledak Di Quarry Batugamping B6, *Jurnal Geomine*, Vol.5, No. 2, Agustus 2017.
- [3] Bieniawski, Z. (1979). "Engineering Rock Mass Classifications". New York..
- [4] Hustrulid, W. A., & Bullock, R. L. (2001). *Underground Mining Methods - Engineering Fundamentals and International*. Littleton, Colorado, USA : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc .
- [5] Koesnaryo, S. (2001). *Rancangan Peledakan Batuan*. UPN "Veteran" Yogyakarta.: Fakultas Teknologi Mineral – Jurusan Teknik Pertambangan.
- [6] Prodjosumarto, P. (1995). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- [7] Ratan Raj Tatiya, P. B. (2013). *Surface and Underground Excavations 2nd Edition Methods, Techniques and Equipment*. London UK: CRC Press/Balkem.
- [8] Wignjosoebroto, S. (2008). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya : Guna Widya.