Konservasi Batubara dengan Optimalisasi *Mine Out* dan *Thin Coal*

Coal Conservation with Mine Out and Thin Coal Optimization

Kadek Arya Bayu Indra Kusuma[1*], Hidayatullah Sidiq[2], Bayurohman Pangacella Putra[3]
[1-3] Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta
Corr Author: [1*]aryabayu622@gmail.com, [2]hidayatullah@itny.ac.id, [3]bayurohman@itny.ac.id

ABSTRAK

Pada tambang batubara *site* Gurimbang PT. Berau Coal, memiliki karakteristik batubara multi *seam* dengan ketebalan bervariatif yaitu mulai dari 12 m hingga kisaran 15 cm sampai 50 cm. Berdasarkan ketebalan bervariatif inilah harus dilakukan upaya perencanaan, pengelolaan, dan pemanfaatan sehinggga prioritas penambangan bukan hanya batubara *seam* tertebal namun *seam* batubara tipis dapat dimanfaatkan dengan baik, hal ini sejalan dengan Kepmen ESDM 1827 tahun 2018 pada lampiran VII disebutkan bahwa *cut off thickness* batubara minimum 30 cm dengan potensi *thin coal* berdasarkan hasil *reserving* rentang ketebalan batubara 50 cm-30 cm sebesar 362,14 Ton. Selain batubara tipis, potensi pemanfaatan *mine out* berdasarkan *reserving* sebesar 479,24 Ton terdiri dari 15 *seam* potensial yang belum dilakukan secara maksimal. Berdasarkan hasil dan analisis didapatkan alat gali muat yang digunakan adalah *Excavator* Komatsu PC-300 dengan produktivitas alat sebesar 202,27 Ton/jam, PC-400 dengan produktivitas alat sebesar 242,92 Ton/jam, dan alat angkut *Dump Truck* Scania P360 dengan produktivitas alat sebesar 54 Ton/jam. Massa batubara pada pit L *site* Gurimbang PT. Berau Coal sebesar 304.144,96 Ton pada bulan November 2021. Peningkatan produksi batubara pada bulan November 2021 dengan memasukkan produk konservasi berupa *mine out* dan *thin coal* dalam perhitungan total produksi batubara adalah sebanyak 3.424,64 Ton atau sebesar 1,14%. Tingkat keberhasilan *coal recovery* pada optimasi dengan *mine out* dan *thin coal* meningkat sebesar 1,13% dari 99,23% menjadi 100,36% pada bulan November 2021. Namun, terdapat faktor-faktor penyebab optimasi tidak efektif yang ditunjukkan dengan *fishbone* diagram dan dilakukan analisis pada faktor utama penyebab optimasi tidak efektif.

Kata-kata kunci*:* konservasi, *thin coal, mine out*, *fishbone* diagram, *coal recovery*

ABSTRACT

At the Gurimbang coal mine site PT. Berau Coal, has the characteristics of multi-seam coal with varying thicknesses, starting from 12 m to a range of 15 cm to 50 cm. Based on this varied thickness, planning, management, and utilization efforts must be made so that the mining priority is not only the thickest seam coal but the thin coal seam that can be utilized properly. cm with the potential for thin coal based on the results of the coal thickness range of 50 cm-30 cm of 362.14 tons. Apart from thin coal, the potential utilization of mine out based on the reservation is 479.24 tons consisting of 15 potential seams that have not been carried out optimally. Based on the results and analysis, it was found that the digging equipment used was the Komatsu PC-300 Excavator with a tool productivity of 202.27 tons/hour, the PC-400 with a tool productivity of 242.92 tons/hour, and the Dump Truck Scania P360 conveyance with tool productivity of 54 tons/hour. Coal mass at pit L site Gurimbang PT. Berau Coal amounted to 304,144.96 tons in November 2021. The increase in coal production in November 2021 by including conservation products in the form of mine out and thin coal in the calculation of total coal production is as much as 3.424,64 Tons or 1,14%. The success rate of coal recovery in optimizing with mine out and thin coal increased by 1,13% from 99,23% to 100.36% in November 2021. However, there are factors that cause ineffective optimization as shown by fishbone diagrams and carried out an analysis of the main factors causing ineffective optimization.

Keywords : conservation, thin coal, mine out, fishbone diagram, coal recovery

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat
This is an open access article under the CCBYND license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
©2026, Geosapta

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan konservasi mineral dan batubara perusahaan wajib melaksanakannya, dimana salah satu perusahaan tersebut adalah PT. Berau Coal yang merupakan perusahaan Indonesia yang bergerak dibidang pertambangan bahan galian batubara, berlokasi di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur.

Konservasi adalah upaya pengelolaan dan pemanfaatan mineral dan batubara secara bijaksana dan bertanggung jawab untuk dapat digunakan secara optimal pada saat ini dan masa yang akan datang. Pengelolaan ini telah dilaksanakan dengan melakukan perencanaan kegiatan penambangan untuk mendapatkan *coal recovery* yang optimal dan mengendalikan dilusi serta kehilangan (*losses*) batubara. Pedoman pelaksanaan konservasi mineral dan batubara pada kegiatan usaha pertambangan mineral dan batubara telah ditetapkan pada Lampiran VII Kepmen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 [12].

Tambang batubara di *site* Gurimbang, memiliki karakteristik batubara multi *seam* dengan ketebalan bervariatif yaitu mulai dari yang paling tebal 15 m hingga yang paling tipis pada kisaran 15 cm sampai 50 cm. Dari ketebalan yang bervariatif inilah harus dilakukan upaya perencanaan, pengelolaan, dan pemanfaatan sehingga prioritas penambangan bukan hanya berasal dari *seam* tertebal namun *seam* batubara tipis. Kategori batubara tipis pada rentang ketebalan 30 cm hingga 50 cm [12] sehingga perlu dimanfaatkan dengan baik. Selain itu, potensi floor batubara yang memiliki batas 10 cm dapat dimanfaatkan kembali dengan melakukan pengambilan *mine out* pada target ketebalan 3 cm. Maka, dengan melakukan pengoptimalan *thin coal* dan *mine out* dapat meningkatkan

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v12i1.15430

produksi batubara sehingga *thin coal* dan *mine out* dapat dikategorikan sebagai produk konservasi pada *site* Gurimbang yang memiliki potensi berdasarkan hasil *reserving* sebesar 841,38 Ton pada bulan November 2021 yang terdiri pada 15 *seam* atau keseluruhan *seam* di pit L yang memiliki potensial pemaksimalan terhadap *mine out* sedangkan *thin coal* terdiri dari 2 *seam* yaitu OL dan QU di *site* Gurimbang pada bulan November 2021.

Diharapkan dengan optimasi tersebut, operasional *site* Gurimbang lebih produktif dan efisien sehingga dapat meningkatkan *coal recovery* dengan batas yang ditoleransi sesuai prosedur adalah 98%. Setelah dilakukan optimasi, *coal recovery* meningkat 1,13% dari 99,23% menjadi 100,36% di pit L *site* GMO pada bulan November tahun 2021. Target produksi pada bulan November 2021 adalah sebesar 260.000 Ton dan produksi batubara yang tercapai sebesar 304.144,96 Ton, meningkat sebesar 117% dari target produksi batubara yang telah direncanakan. Hal ini tentunya sejalan dengan salah satu peraturan pemerintah yaitu Permen ESDM No 26 tahun 2018 tentang "Pelaksanaan Kaidah Pertambangan Yang Baik Dan Pengawasan Pertambangan Mineral Dan Batubara" yang diantaranya memberikan pedoman tentang teknis penambangan dan konservasi mineral dan batubara.

Metode Penelitian

Di dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian secara langsung maupun tidak langsung. Dengan menggabungkan teori, data-data di lapangan dan interview sehingga memperoleh pendekatan penyelesaian yang tepat.

Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data ini terbagi menjadi dua, yaitu:

a. Data primer, yaitu data yang diperoleh secara langsung berdasarkan pengamatan dan pengumpulan data di lapangan, antara lain dokumentasi *thin coal*, dokumentasi *mine out,* kondisi dan jumlah alat gali muat dan angkut, waktu edar alat gali muat, waktu edar alat angkut, data massa batubara *weight bridge.*

b. Data sekunder, yaitu data yang tidak diperoleh secara langsung, biasanya menjadi data pendukung dan pelengkap, seperti peta geologi regional, peta IUP PT. Berau Coal, model *roof floor,* data curah hujan, spesifikasi alat gali muat dan angkut, kesediaan dan penggunaan peralatan.

Pengolahan Data

Dari hasil data-data yang diperoleh di lapangan maupun secara tidak langsung, maka selanjutnya akan dilakukan pengolahan data yang telah ada. Data yang telah diperoleh lalu dikelompokkan dan diolah. Pengolahan data yang pertama berdasarkan data densitas *insitu* batubara dan densitas *loose* batubara dalam menghitung *swell factor.* Untuk dapat menghitung *swell factor* menggunakan rumus [4] :

$$SF = \frac{loose\ density}{insitu\ density} \quad \text{.......................................} \ (1)$$

Keterangan :

Loose density : Densitas *insitu* (Ton/m^3)
Insitu density : Densitas *loose* (Ton/m^3)

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan *bucket fill factor* dengan *payload* alat angkut, spesifikasi alat, jumlah *passing*, *swell factor*, dan densitas *insitu*. Dengan persamaan sebagai berikut [4]

$$BFF = \frac{Vn}{Vb} x\ 100\% \quad \text{..........} \ (2)$$

Keterangan :

BFF : Faktor pengisian, %
Vn : Volume nyata (m^3)
Vb : Volume baku (m^3)

Atau dapat menggunakan persamaan [1] :

$$BFF = \frac{Payload}{Kb\ x\ n\ x\ SF\ x\ DI} x\ 100\% \quad \text{..........} \ (3)$$

Keterangan :

BFF : Faktor pengisian, %
Payload : Massa alat angkut (Ton)
n : Jumlah *passing*
Kb : Kapasitas baku *bucket* (m^3)
SF : Faktor pengembangan material
DI : Densitas *insitu* (Ton/m^3)

Sebelum didapatkan produktivitas alat gali muat dan angkut maka perlu diketahui jumlah alat yang tersedia, kesediaan dan penggunaan peralatan dengan persamaan [4] :

$$PA = \frac{W+S}{W+S+R} x100\% \quad \text{..........} \ (4)$$

Keterangan:

W = Waktu yang dibebankan untuk seorang operator pada suatu alat yang ada dalam kondisi dapat dioperasikan (menit).
R =Waktu yang dipakai untuk perbaikan, perawatan dan waktu menunggu untuk perbaikan dalam menunggu suku cadang (menit).
S = jumlah waktu dari suatu alat tidak dipakai sedang alat tersebut dipakai untuk tambang dalam keadaan operasi (menit).

Berikutnya dalam menghitung produktivitas alat gali muat dan alat angkut yang membutuhkan data spesifikasi alat, *cycle time*, *swell factor*, *physical availability*, densitas *insitu* dan *bucket fill factor* dengan persamaan sebagai berikut untuk alat gali muat [10] :

$$PM = \frac{3600}{CT} x\ KB\ x\ FF\ x\ SFx\ PA\ x\ Density \quad \text{..........} \ (5)$$

Keterangan :

PM = Produktivitas alat gali muat (Ton/Jam)
CT = Waktu edar alat gali muat (detik)
KB = Kapasitas *Bucket* (m^3)
PA = *Physical Availability* (%)
FF = Faktor pengisian mangkuk (%)
SF = Faktor pengembangan (*swell factor*)

Produktivitas alat angkut dapat dihitung dengan persamaan [10] :

$$Pa = \frac{3600}{CT} x\ n\ x\ Kb\ x\ FF\ x\ SF\ x\ Density \quad \text{..........} \ (6)$$

Keterangan :

Pa = Produktivitas alat angkut (Ton/jam)
CT = Waktu edar alat angkut (detik)
KB = Kapasitas *bucket* (m^3)
FF = Faktor pengisian *vessel* (%)
SF = Faktor pengembangan (*swell factor*)
n = Jumlah passing alat gali muat kepada alat angkut

Perhitungan produksi dapat dihitung dengan persamaan :

P = PA x UA x *Pty* x MOHH…………………..(7)

Keterangan:

P = Produksi (Ton)

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v12i1.15430

PA = *Physical of Availability* (%)
UA = *Use of Availability* (%)
Pty = Produktivitas Alat (Ton/jam)
MOHH = *Machine on Hand Hours* (Jam)

Berikutnya menghitung faktor keserasian alat dengan persamaan [5] :

$$MF = \frac{Na \; x \; n \; x \; CTm}{Nm \; x \; CTa} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Keterangan:
Na = Jumlah alat angkut (unit)
CTm = Waktu edar alat muat (menit)
n = Jumlah *Loading* alat muat
Nm = Jumlah alat muat (unit)
CTa = Waktu edar alat angkut (menit)

Setelah penjadwalan produksi, maka jika produksi bulan November 2021 telah tercapai, dihitung massa *mine out* menggunakan luasan *seam* batubara berdasarkan pengukuran department *survey*, jika diketahui luasan maka dicari massa dengan melakukan perkalian dengan tebal yang ditargetkan sebesar 3 cm melalui *excel* dan didapatkan massa dari *mine out*, selanjutnya diubah ke Tonase dengan dikalikan densitas *insitu* batubara. Perhitungan *coal recovery* dengan data massa batubara jembatan timbang (*weight bridge*), massa batubara *roof floor*, massa *mine out*, dan massa *thin coal* dengan persamaan sebagai berikut :

$$CRec = \frac{WB-(MO+TC)}{RF-MO} \text{x} 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

$$CRic = \frac{WB}{RF-MO} \text{x} 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

Keterangan:
CRec : *Coal Recovery Exclude Conservation* (%)
CRic : *Coal Recovery Include Conservation (*%)
WB : *Weight bridge* (Ton)
RF : *Roof floor* (Ton)
Mo : *Mine out* (Ton)
TC : *Thin coal* (Ton)

Jika perhitungan diatas sudah, maka dilakukan identifikasi kemungkinan penyebab masalah atau ketidakefektifan pada optimasi batubara dengan *mine out* dan *thin coal* menggunakan *fishbone* diagram dan akar permasalahan utama [3] pada optimasi berdasarkan *fishbone* yaitu *machine* yang akan dianalisis berdasarkan korelasi *digging time* PC 200 *cutting edge* dan PC 300 punggung *bucket* dengan produktivitasnya saat melakukan pengambilan *mine out*.

Hasil dan Diskusi

Kesediaan dan Penggunaan Peralatan Mekanis

Dengan mengetahui tingkat kesediaan dan penggunaan efektif alat maka dapat diketahui sejauh mana tingkat efisiensi alat yang telah beroperasi [9]. Hal tersebut ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel-1 Unjuk Kerja Peralatan

Unit	Jumlah Unit	PA (%)
Excavator Komatsu PC 400	2	90,28
Excavator Komatsu PC 300	3	90,28
Dump Truck Scania P360	18	90,28

Keterangan :
a. PA : *Physical Availability*

Penjadwalan Produksi

Produksi batubara yang ditargetkan berlangsung selama 1 bulan pada bulan November 2021. Jam kerja dibagi menjadi 2 *shift* yaitu pada siang dan malam. Perhitungan produksi ini disesuaikan dengan kapasitas alat dan pasangan (*fleet)*. Area atau lokasi front penambangan yang baik juga akan mempengaruhi efisiensi dan efektivitas produktivitas alat.

Ketersediaan Peralatan

Alat berat merupakan faktor penting dalam pelaksanaan kegiatan penambangan batubara. Secara garis besar, alat yang digunakan pada tambang dibagi berdasarkan fungsinya yaitu untuk penggalian, pengangkutan, dan alat penunjang atau *support* [11] yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel-2 Daftar Alat-Alat yang Tersedia

Alat	Jumlah Unit	Kapasitas Per unit	Lingkup Kerja
Excavator Backhoe Komatsu PC 300	3	1,6 m^3	*Loading* batubara
Excavator Backhoe Komatsu PC 400	2	1,9 m^3	*Loading* batubara
Dump Truck Scania P360	18	27 m^3	*Hauling* batubara

Produksi Alat Gali dan Angkut untuk Batubara

Perkiraan produksi batubara berdasarkan estimasi perhitungan produktivitas alat gali-muat *Excavator* Komatsu PC 300 & PC 400 serta angkut *Dump Truck* Scania P360. Produksi batubara ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel-3 Produksi Batubara

Unit	*Produktivitas* (Ton/jam)	Produksi (Ton/bulan)
PC 400	242,92	206.705,58
PC 300	202,27	258.175,04
DT Scania	54	373.351,08

Faktor Keserasian (*Match Factor*)

Faktor keserasian atau *match factor* alat gali-muat dan angkut dapat dilihat dari beberapa parameter salah satunya adalah *cycle time* dan dapat ditinjau dari perbandingan unitnya [7]. Untuk keserasian kerja alat ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel-4 Keserasian Alat

Unit *Excavator*	*Cycle Time Loader* (detik)	Jumlah *Passing* (n)	*Cycle Time Hauler* (detik)	*Match Factor Actual*
PC 400	22,12	15	1693,41	0,78
PC 300	21,99	19		0,82

Estimasi Waktu Target Produksi Batubara

Dalam menentukan estimasi waktu target produksi batubara, banyak faktor yang perlu diperhitungkan dan estimasi ini tentunya akan berubah-ubah tergantung dari beberapa faktor salah satunya cuaca, kondisi alat dan lain-lain. Perhitungan estimasi waktu target produksi batubara membutuhkan produktivitas dari alat angkut *Dump Truck Scania* P360 dan jumlah unit yang tersedia kemudian akan dibagi dengan target produksi batubara yang ditunjukkan pada tabel 5.

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v12i1.15430

Tabel-5 Estimasi Waktu Target Produksi Batubara

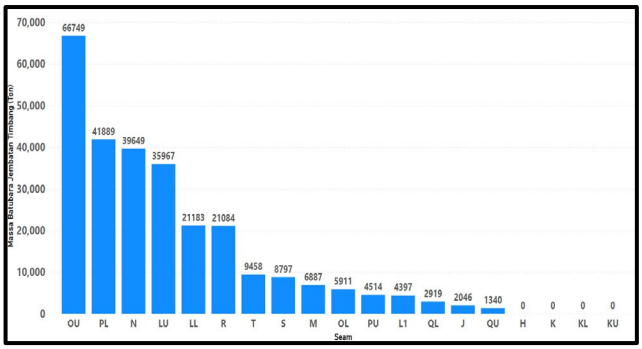
Alat	Produktivitas (Ton/hari)	Jumlah Alat Aktual	Jumlah Alat *Plan*	*Monthly Production Plan* (Ton)	Waktu Selesai *Plan* (hari)	Waktu Selesai Aktual (hari)
DT Scania P360	691,39	18	22	260.000	17	21

Massa Batubara

Massa batubara pada *site* Gurimbang dapat dihitung berdasarkan dua cara yaitu menggunakan jembatan timbang yang menghitung massa batubara terangkut oleh *Dump Truck* dan pengukuran survey roof floor menggunakan alat total station pada *seam* batubara di pit yang dimulai awal dan akhir shift. Massa batubara yang dihitung berdasarkan dua cara yang telah disebutkan diatas adalah sebagai berikut.

Massa Batubara Berdasarkan Jembatan Timbang

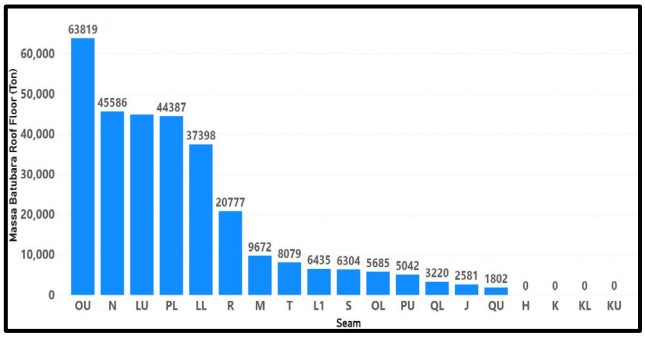
Jembatan timbang (*Weight Bridge*) berfungsi untuk menghitung massa dari batubara yang diangkut oleh DT atau *Dump Truck*. Pada jembatan timbang,alat yang digunakan dalam menentukan atau menghitung massa batubara adalah *load cell* yang ditanamkan pada setiap sudut badan jembatan berjumlah 4 unit. Alat inilah yang akan mengukur regangan saat tertekan. Perubahan ini akan menghasilkan perbedaan arus listrik yang akan dikirimkan pada *junction box*. Sinyal yang dikirimkan akan digabungkan dengan jumlah setiap *load cell* dan mengubah sinyal menjadi sinyal digital sehingga nilai numerik pada layar LED indikator yang akan dicatat oleh *checker* jembatan timbang menggunakan *excel* yang telah disesuaikan format perusahaan. Hasil pencatatan massa batubara berdasarkan jembatan timbang sebesar 304.144,96 Ton yang terdiri dari 15 *seam* ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar-1 Grafik Massa Batubara Jembatan Timbang

Massa Batubara Berdasarkan *Roof Floor*

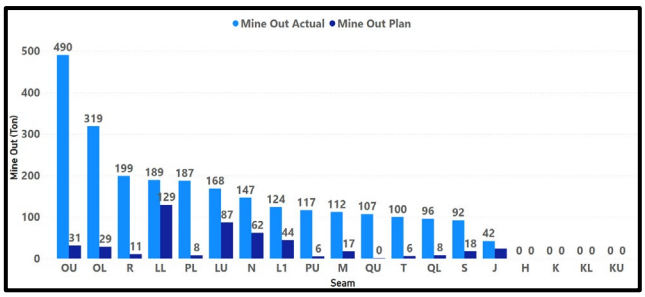
Massa batubara dapat diketahui dengan melakukan pengukuran *roof* dan *floor* batubara yang dilakukan sebelum dan sesudah kegiatan penambangan. Sebelum penambangan suatu *seam* dimulai maka terlebih dahulu dilakukan pengecekan awal penambangan sesuai prosedur perusahaan dengan *checklist* penambangan batubara. Jika sudah dilakukan maka dilanjutkan dengan pembersihan *roof* batubara dan selanjutnya melakukan pengukuran *roof* batubara. Begitu juga *floor* batubara akan diukur, pada saat menjelang akhir *shift* 2 atau jam 5 sore. Tujuan pengukuran tersebut untuk mengetahui massa batubara yang akan diolah oleh department *survey*. Berikut jumlah massa batubara berdasarkan data *roof* dan *floor* yaitu sebesar 305.550,53 Ton terdiri dari 15 *seam* yang ditunjukkan gambar 2.



Gambar-2 Massa Batubara *Roof Floor*

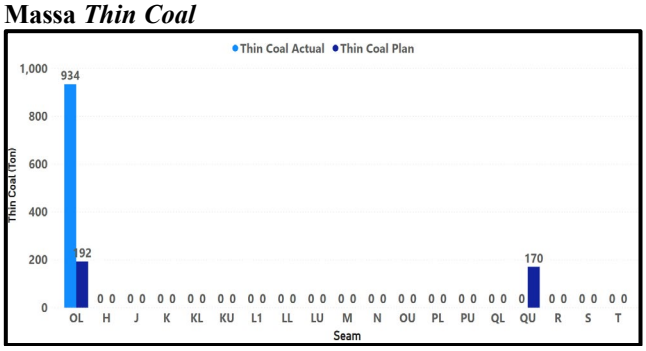
Massa *Mine Out*

Massa *mine out* di *pit* L *Site* Gurimbang sebesar 2.490,66 Ton berdasarkan dari 15 *seam* batubara. Massa *mine out plan* lebih rendah daripada *mine out actual* disebabkan karena hasil dari rencana tahunan yang dibagi menjadi bulanan yang belum disesuaikan dengan peningkatan produksi batubara sehingga kondisi rencana *mine out* yang dihitung pada awal tahun berbeda dengan akhir tahun sehingga menyebabkan selisih *mine out plan* terhadap aktual menjadi besar. Berikut massa masing-masing *mine out seam* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar-3 Grafik Massa *Mine Out Plan & Actual*

Massa *Thin Coal*



Gambar-4 Massa *Thin Coal Plan & Actual*

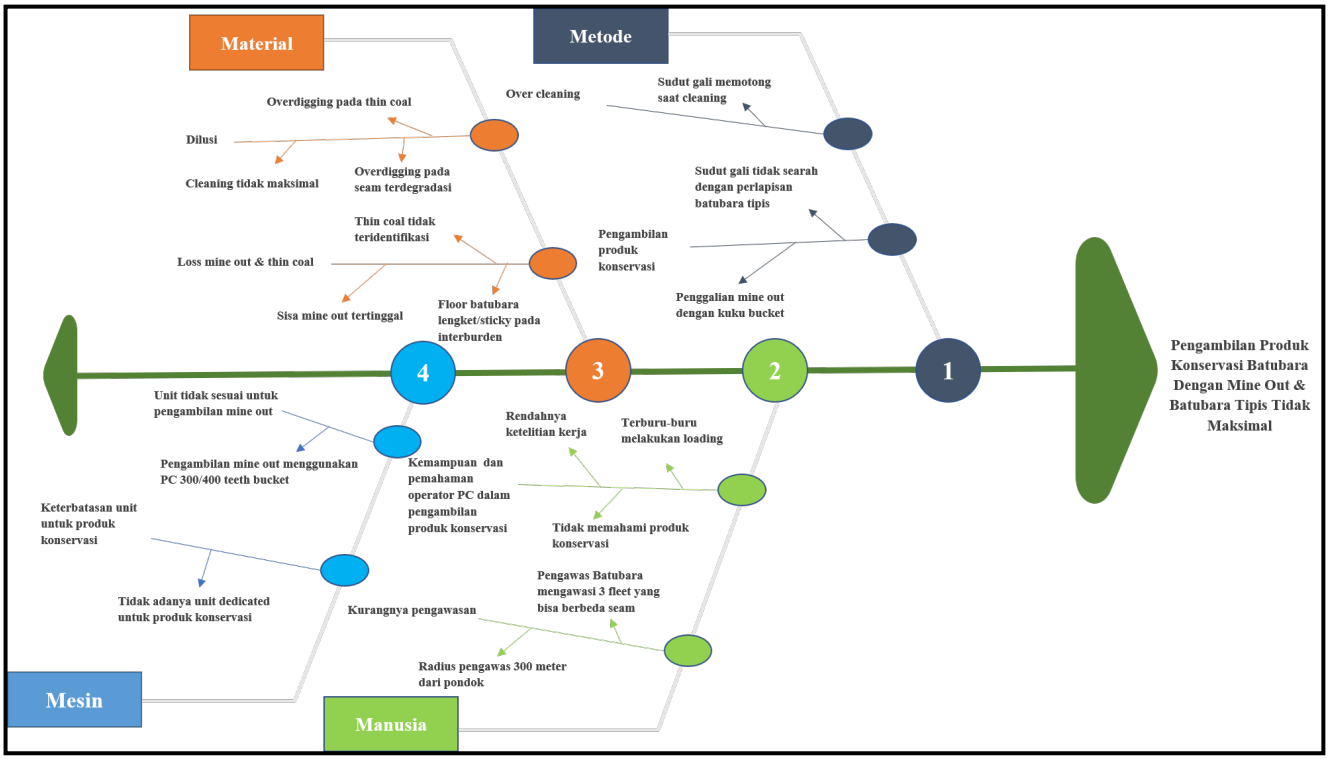
Pada gambar 4 menunjukkan grafik massa *thin coal* pada bulan November 2021. Massa dari *thin coal* atau batubara tipis *seam* OL sebesar 933,98 Ton. Berdasarkan hasil identifikasi di lapangan hanya terdapat satu *thin coal*

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v12i1.15430

seam yaitu *seam* OL sedangkan *seam* QU pada kondisi aktual *roof floor* mengalami kemenerusan *seam* tidak menipis atau *un-pinching* dengan ketebalan rata-rata 61 cm sehingga tidak termasuk produk *thin coal*.

Permasalahan Optimasi Dengan *Fishbone* Diagram

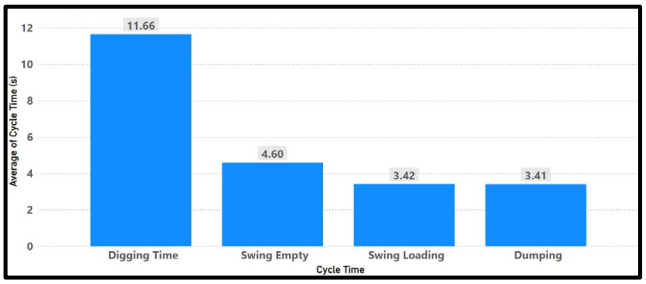
Faktor-faktor yang menjadi akar permasalahan yang ada pada optimasi batubara dengan *mine out* dan *thin coal* akan dijabarkan dalam bentuk *fishbone* diagram yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar-5 *Fishbone* Diagram

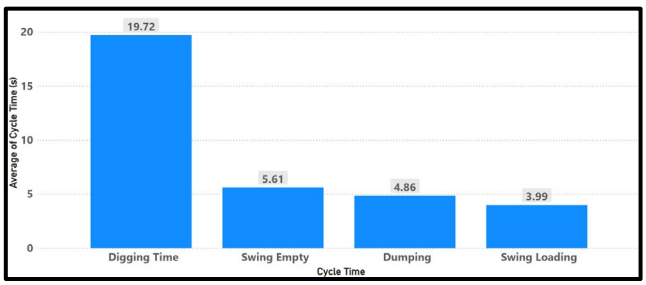
Analisis Efektivitas Alat Gali Muat Pada Pengambilan *Mine Out*

Berdasarkan permasalahan utama pada pembahasan *fishbone* diagram diatas, tepatnya pada *machine* dimana unit tidak sesuai dalam pengambilan produk konservasi khususnya *mine out* yaitu PC 300 *teeth bucket* yang digunakan pada pengambilan *mine out*. Hal ini tentunya akan memicu *overdigging* dan dilusi akibat batubara yang tercampur dengan *interburden* karena ketebalan *mine out* sangatlah tipis dengan target 3 cm dari batas *mine out* 10 cm. Jika diterapkan metode pengambilan *mine out* menggunakan punggung *bucket* daripada depan *bucket* (*teeth bucket*) maka hal ini akan menjadi solusi namun tidak efektif karena *cycle time* akan meningkat drastis yang akan berimbas pada produktivitas alat gali muat. Maka, berikut analisis efektivitas alat gali muat PC 200 Komatsu & PC 300 Komatsu pada pengambilan *mine out*.



Gambar-6 Grafik *Cycle Time* PC 200 *Cutting edge*

Pada gambar 6 terdapat *cycle time* PC 200 *cutting edge* saat melakukan pengambilan *mine out*. Dari keempat bagian *cycle time* tersebut, nilai *digging time* lebih tinggi daripada bagian *cycle time* yang lain. Namun, jika dibandingkan dengan saat pengambilan batubara normal, nilai *digging time* tidak mengalami kenaikan signifikan. Hal ini berbanding terbalik saat melakukan pengambilan *mine out* menggunakan PC 300 punggung *bucket*, dimana nilai dari *digging time* sangat tinggi saat melakukan pengambilan *mine out* daripada nilai *digging time* saat melakukan pengambilan batubara normal.

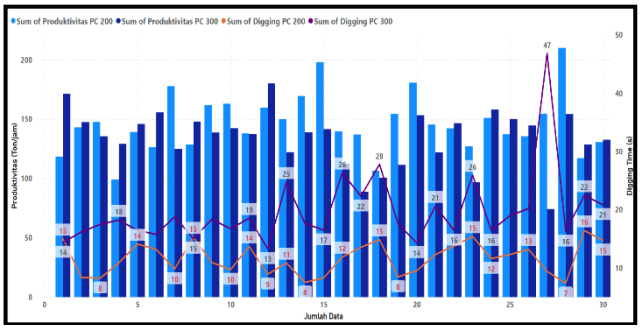


Gambar-7 Grafik *Cycle Time* PC 300 Punggung *Bucket*

Pada gambar 7 *digging time* PC 300 punggung *bucket* mengalami peningkatan signifikan daripada tiga bagian *cycle time* alat gali muat lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa PC 300 punggung *bucket* terlalu lama saat menggali atau mengambil material *mine out* dibandingkan saat melakukan penggalian *mine out* dengan

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v12i1.15430

PC 200 *cutting edge* yang hanya membutuhkan waktu *digging time* selama 11,7 detik. Jika dilihat waktu *digging time* PC 300 punggung *bucket* saat penggalian *mine out* membutuhkan waktu selama 19,72 detik yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dibandingkan nilai *digging time* pengambilan batubara normal dengan persentase total kenaikan sebesar 145%. Disisi lain, nilai *digging time* PC 200 *cutting edge saat* penggalian material *mine out* hanya mengalami peningkatan persentase sebesar 3,44% dari nilai *digging time* saat pengambilan batubara normal.

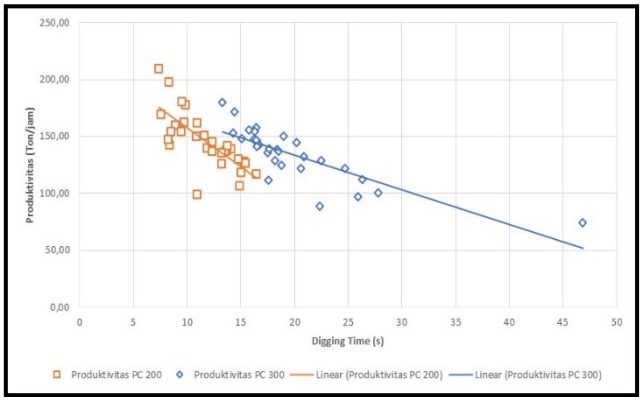


Gambar-8 Grafik Pengaruh *Digging time* Terhadap Produktivitas

Pada gambar 8 menunjukkan grafik pengaruh *digging time* terhadap produktivitas alat gali muat *excavator*, dimana produktivitas PC 200 *cutting edge* berkisar antara 99,14 Ton/jam hingga 209,99 Ton/jam sedangkan PC 300 punggung *bucket* berkisar antara 74,25 Ton/jam hingga 180,13 Ton/jam.

Kemudian pada nilai *digging time* PC 200 *cutting edge* berkisar antara 7,36 detik hingga 16,42 detik dan PC 300 punggung *bucket* berkisar antara 13,27 detik hingga 47 detik. Jika dilihat pada diagram garis nilai *digging time* terhadap diagram batang produktivitas menunjukkan bahwa nilai *digging time* sangat berpengaruh terhadap produktivitas dari PC 200 *cutting edge* dan PC 300 punggung *bucket*, hal ini terlihat jika diagram garis *digging time* mengalami peningkatan maka diagram batang produktivitas akan mengalami penurunan, demikian juga sebaliknya jika diagram batang akan mengalami peningkatan maka diagram garis *digging time* akan menurun. Pada diagram garis *digging time* PC 300 punggung *bucket* mengalami peningkatan besar hingga mencapai 47 detik yang menyebabkan produktivitas menurun hingga sebesar 74,25 Ton/jam, jika dibandingkan dengan PC 200 *cutting edge* yang cenderung stabil tidak mengalami peningkatan waktu *digging time* yang signifikan dan produktivitas dari PC 200 *cutting edge* lebih tinggi daripada PC 300 punggung *bucket*. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan PC 200 *cutting edge* dalam penggalian *mine out* lebih efektif dalam dibandingkan dengan PC 300 punggung *bucket*.

Begitu juga pada gambar 9 menunjukkan PC 300 punggung *bucket* tidak efektif dibandingkan PC 200 *cutting edge,* hubungan *digging time* dengan produktivitas alat gali muat akan ditampilkan dengan *scatter diagram* atau *scatter plot* yang digunakan dalam menginvestigasi korelasi antar dua variabel yaitu variabel *independent* dan variabel *dependent*. Pada sumbu X (*digging time*) merupakan variabel ditempatkan variabel *independent* sebagai variabel penyebab, sementara pada sumbu Y (produktivitas) ditempatkan pada variabel *dependent* sebagai variabel akibat yang mana perubahan variabel ini disebabkan perubahan variabel *independent*.



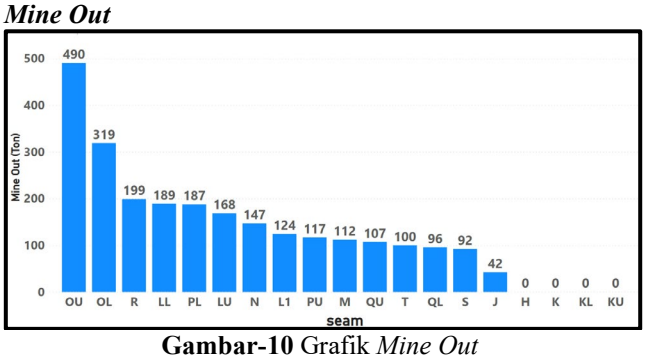
Gambar-9 *Scatter Diagram Digging time* Terhadap Produktivitas

Terlihat sebaran titik-titik mengelompok dalam bentuk linier yang jelas sehingga kemungkinan kuat variabel *independent* mempengaruhi langsung variabel *dependent*. Oleh karena itu, setiap perubahan pada sumbu X (*digging time*) akan mempengaruhi dan memprediksi perubahan pada sumbu Y (produktivitas). Dimana peningkatan sumbu X menghasilkan penurunan nilai sumbu Y yang dapat dilihat pada warna orange adalah produktivitas PC 200 *cutting edge* dan warna biru produktivitas PC 300 punggung *bucket*. Nilai dari sumbu X pada PC 300 punggung *bucket* lebih besar dibandingkan nilai sumbu X pada PC 200 *cutting edge* yang menyebabkan nilai sumbu Y pada PC 300 mengalami penurunan melebihi PC 200 *cutting edge*.

Analisis Tingkat Keberhasilan *Coal Recovery*

Coal recovery merupakan perbandingan antara massa batubara yang diukur oleh *survey* (berdasarkan *roof* dan *floor* batubara) dengan massa batubara yang tertimbang (diukur menggunakan *weight bridge*). Apabila *coal recovery* rendah maka terdapat permasalahan yang menyebabkan adanya loss batubara pada proses pengambilan batubara. Juga terdapat tindakan yang dapat meningkatkan angka *coal recovery* salah satunya dengan optimasi batubara pada *mine out* dan *thin coal* yang akan dilihat tingkat keberhasilannya sebagai berikut.

Mine Out



Gambar-10 Grafik *Mine Out*

Pada gambar 10 menunjukkan grafik tonase *mine out* yang berasal dari 15 *seam* yang telah dilakukan pengoptimalan *floor* pada bulan November 2021. Peningkatan massa batubara tertinggi berasal dari *seam OU*

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v12i1.15430

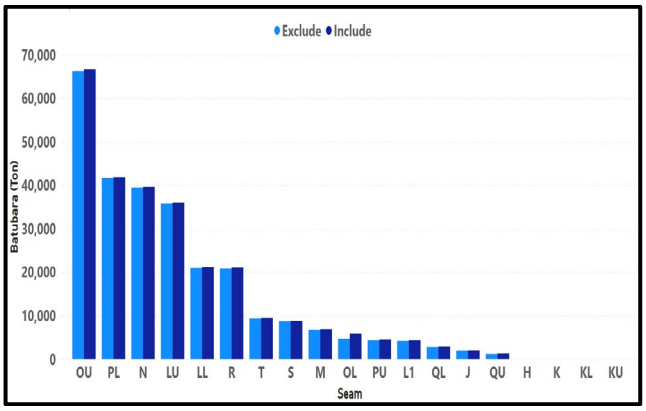
sebesar 490 Ton karena luas cakupan *floor* batubara seluas 1.5091,48 m^2 dan *seam* J yang terkecil sebesar 41,9 Ton dengan luas cakupan *floor* batubara seluas 805,73 m^2.

Thin Coal

Massa dari *thin coal* atau batubara tipis *seam* OL sebesar 933,98 Ton. Hal ini mengalami peningkatan signifikan karena berdasarkan hasil *reserve thin coal plan* dengan target ketebalan 30-50 cm hanya berkisar 192,06 Ton sehingga aktual *thin coal* melebihi dari *plan* pada bulan November 2021 sebesar 386%, tentunya hal ini terjadi sebab beberapa faktor salah satunya tidak terbacanya ketebalan batubara dibawah 30 cm padahal aktual di lapangan terdapat *seam* batubara yang dibawah ketebalan 30 cm yang dilakukan pengambilan *thin coal*. Hal ini juga selaras dengan ketebalan *seam* OL yang kurang dari 30 cm berdasarkan data *roof floor*.

Penambahan Massa Batubara Hasil Optimasi

Hasil perhitungan massa batubara di *pit* L termasuk produk konservasi yaitu *mine out* dan *thin coal* yang telah dioptimasi ditujukkan gambar 11 pada grafik penambahan massa batubara hasil optimasi, dapat dilihat hasil *seam* terbesar pada massa batubara yaitu OU dan *seam* terkecil QU, setiap *seam* mengalami peningkatan massa batubara dengan produk konservasi.

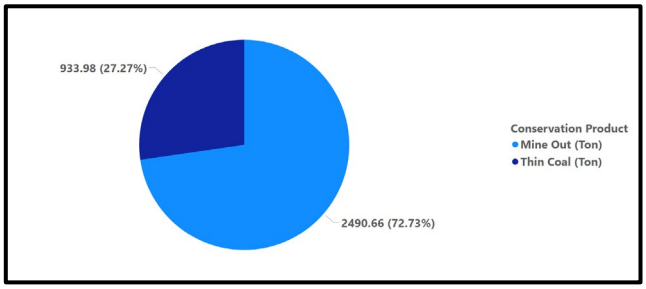


Gambar-11 Grafik Penambahan Massa Batubara Hasil Optimasi

Pada gambar 11 grafik penambahan massa batubara hasil optimasi, dimana nilai *include* merupakan penambahan massa batubara normal dengan batubara produk konservasi yaitu *thin coal* dan *mine out* sedangkan nilai *exclude* merupakan hanya massa batubara normal tanpa penambahan produk konservasi. Penambahan massa batubara hasil optimasi dengan *mine out* dan *thin coal* adalah sebesar 3.424,64 Ton. Produksi batubara tertinggi terjadi pada *seam* OU sebesar 66.749,16 Ton dan terkecil pada *seam* QU sebesar 1.340,36 Ton. Namun, jika dalam penambahan produk konservasi *seam* OL mengalami peningkatan produksi yang signifikan dari 4.658,13 Ton menjadi 5.911,05 Ton atau penambahan sebesar 1.252,92 Ton. Hal ini terjadi karena *seam* OL termasuk kategori *thin coal*. Peningkatan massa batubara dengan optimasi produk konservasi ini sebesar 1,14% dari massa total batubara.

Persentase Produk Konservasi

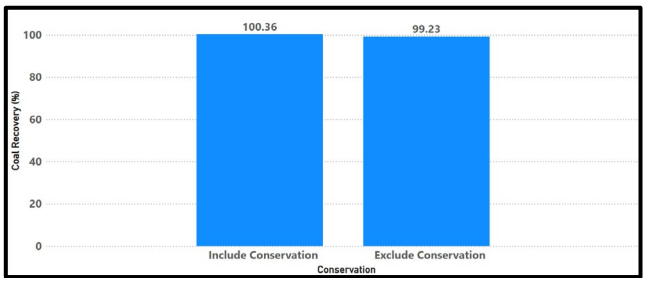
Berdasarkan gambar 12 *pie chart* produk konservasi, menunjukkan bahwa persentase produk konservasi terbagi menjadi dua yaitu *mine out* dan *thin coal*. Dimana total keseluruhan produk konservasi yang berhasil ditambang pada bulan November 2021 adalah sebesar 3.424,64 Ton. Dengan *mine out* tertambang sebesar 2.490,66 Ton atau 72,73% dari total produk konservasi dan *thin coal* sebesar 933,98 Ton atau 27,27% dari total produk konservasi.



Gambar-12 *Pie Chart* Produk Konservasi

Coal Recovery

Pada gambar 11 grafik penambahan massa batubara hasil optimasi, terlihat bahwa penyumbang terbesar peningkatan *coal recovery* untuk *mine out* adalah *seam* OU sebesar 490,47 Ton dan untuk *thin coal* adalah *seam* OL sebesar 933,98 Ton. Dengan adanya optimasi batubara dengan *mine out* dan *thin coal*, nilai *coal recovery* dari 99,23% mengalami peningkatan menjadi 100,36% atau sebesar 1,13% yang ditunjukkan pada gambar 13 grafik *coal recovery*.



Gambar-13 Grafik *Coal Recovery*

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa kesimpulan yang diambil dari penelitian tentang Optimasi Batubara Dengan *Mine out* dan *thin coal* Pada PT. Berau Coal *Pit* L *Site* Gurimbang, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur, yaitu sebagai berikut:

A. Produktivitas alat *Excavator* Komatsu PC-300 sebesar 202,27 Ton/jam, 2868,61Ton/hari, 86.058,35 Ton/bulan dan PC-400 dengan produktivitas alat sebesar 242,92 Ton/jam, 3445,09 Ton/hari, 103.352,79 Ton/bulan. Jumlah alat gali-muat *Excavator* Komatsu sebanyak 5 unit dengan PC-300 sebanyak 3 unit dan PC-400 sebanyak 2 unit. Lalu produktivitas alat angkut *Dump Truck* Scania P360 dengan produktivitas alat sebesar 54 Ton/jam, 691,39 Ton/hari, 20.741,73 Ton/bulan dengan jumlah alat sebanyak 18 unit.
B. Penjadwalan produksi batubara dengan target produksi 260.000 Ton pada bulan November 2021 dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai target produksi batubara berdasarkan produktivitas alat angkut pada *pit* L *site* Gurimbang PT. Berau Coal adalah 21 hari.
C. Berdasarkan *fishbone* diagram dapat diketahui faktor

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v12i1.15430

utama penyebab ketidakefektifan optimasi batubara dengan *thin coal* dan *mine out*, yaitu dari segi *machine* dimana unit tidak sesuai dalam pengambilan produk konservasi khususnya *mine out* dengan PC 300 punggung *bucket* dan dilakukan analisis berdasarkan korelasi *digging time* dengan produktivitas menunjukkan bahwa rata-rata *digging time* PC 300 punggung *bucket* sebesar 19,71 detik dan produktivitas sebesar 128,26 Ton/jam dibandingkan PC 200 *cutting edge* dengan rata-rata *digging time* sebesar 11,71 detik dan produktivitas 140,96 Ton/jam. Hal ini menunjukkan bahwa PC 200 *cutting edge* lebih efektif dibandingkan PC 300 punggung *bucket* saat pengambilan *mine out*.

D. Produksi batubara di *pit* L *site* Gurimbang bulan November 2021 sebesar 304.144,96 Ton. Peningkatan produksi batubara dengan penambahan *mine out* sebesar 2.490,66 Ton dan *thin coal* sebesar 933,98 Ton dengan total produk konservasi sebanyak 3.424,64 Ton atau sebesar 1,14% dari total produksi batubara.

E. Tingkat keberhasilan *coal recovery* pada optimasi dengan *mine out* dan *thin coal* meningkat sebesar 1,13% dari 99,23% menjadi 100,36% pada bulan November 2021.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Berau Coal khususnya rekan-rekan dan mentor di *site* Gurimbang yang telah memberikan dukungan serta memfasilitasi dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Aditia, Ahmad Panji, 2021. *Penggunaan Aplikasi Time Motion Studies Pada Kegiatan Pengupasan Overburden Oleh Unit Pc 2000-8 Di Tambang Batubara Pt. Mandala Karya Prima, Provinsi Kalimantan Utara*, *Skripsi*. Fakultas Teknologi Mineral. Institut Teknologi Nasional Yogyakarta. Yogyakarta.

[2] Anggraeni, C., Rande, S., A., Wardana, N., K., Sidiq, H., 2021, *Technical Review of Scheduling and Sequence of Overburden Production PT. Tambang Bukit Tambi*, ICITID.

[3] Bank, John., 1992, *The Essence of Total Quality Management*, Prentice Hall, New York

[4] Indonesianto, Y., 2020, *Pemindahan Tanah Mekanis*, Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta.

[5] Indonesianto, Y., Sidiq, H., 2021, *Perencanaan Tambang Terbuka*, Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta.

[6] Oemati N, Revisdah R, Rahmawati R., 2020, *Analisa Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (Overburden),* J Bear UM, Palembang.

[7] Prabowo, B. A., Wijaya, R. A. E., Sidiq, H., 2020, *Rancangan Teknis Penambangan Batubara Jangka Pendek Pit 9-10 Di Pt Madhani Talatah Nusantara Site Project Asam Asam Tanah Laut Kalimantan Selatan*. Mining Insight, 1(01), 11- 19.

[8] Pratama, Reza Pratama., Kahar, Abdul., Ridwan, Arif., 2019, *Optimasi Batubara Tipis (Thin coal Seam) Di Pit A Site Senakin PT Arutmin Indonesia*, Prosiding TPT XXVIII PERHAPI, Kalimantan Selatan.

[9] Sartika., 2022, *Bahan Ajar Pemindahan Tanah Mekanis*, CV Semiotika, Bandung.

[10] Sidiq, H., 2020, *Perancangan Design Tambang*, Edisi 2. Diandra kreatif. Yogyakarta.

[11] Supandi, Sidiq, H., Pangacella, B., 2023, *Buku Ajar Perencanaan Tambang*, Deepublish, Yogyakarta.

[12] Vidya, Dwi., Ilianta, Ivan., 2020, *Ruang Lingkup Dan Objek Konservasi Sumberdaya Mineral Dan Batubara*, Prosiding TPT XXIX PERHAPI, Jakarta.