

## Analisis *coal losses* pada kegiatan penambangan di Pit Inul Middle Panel 3 PT Kaltim Prima Coal

### *Coal losses analysis on mining activity at Pit Inul Middle Panel 3 PT Kaltim Prima Coal*

Afif Irfandy\*, Agus Triantoro, Sari Melati

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jl. A. Yani Km. 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714, Telp.0812-7670-1521, Indonesia  
e-mail: \* [affif.irfandy@gmail.com](mailto:affif.irfandy@gmail.com), [agus@ulm.ac.id](mailto:agus@ulm.ac.id), [sari@ulm.ac.id](mailto:sari@ulm.ac.id)

#### ABSTRAK

*Coal Losses* merupakan proses hilangnya batubara yang terjadi pada saat proses penambangan berlangsung sampai pada saat pengiriman batubara ke tujuan. Proses penambangan batubara seperti *clean up roof* batubara, proses pemuatan batubara, serta saat pengangkutan batubara menuju *stockpile* berpotensi menimbulkan *coal losses*. PT Kalimantan Prima Coal menetapkan *coal recovery criteria* sebesar 98,5%, lebih ketat dari yang ditetapkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) sebesar 90%. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung *coal losses* pada proses *clean up* batubara, pemuatan batubara di *loading point*, dan pengangkutan batubara; mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *coal losses*; dan memberi rekomendasi upaya penanganan *coal losses*.

Penelitian dilakukan di Pit Inul Middle Panel 3 pada PT KPC bulan Mei dan Juni 2019. Ada lima seam batubara yang diamati, yaitu seam K17LR, K13, K12, K9 dan K4. PT KPC menggunakan survey yang dibandingkan dengan *truck count* untuk menghitung *coal recovery*. Total *coal losses* yang didapat dari setiap seam dibagi menjadi tiga proses penambangan batubara, yaitu *coal losses* pada saat *clean up roof* batubara, di *loading point*, dan saat *hauling*.

*Coal Losses* yang didapatkan pada seam K17LR bulan Mei dan Juni 2019 sebesar 4,49% dan 3,93%; seam K13 bulan Mei dan Juni 2019 sebesar 2,83% dan 1,47%; seam K12 bulan Mei dan Juni 2019 sebesar 3,57% dan 2,71%; seam K9 bulan Mei dan Juni 2019 sebesar 4,24% dan 4,15%; seam K4 bulan Mei dan Juni 2019 sebesar 4,3% dan 1,11%. *Coal losses* yang terjadi masih di atas dari kriteria yang diberikan oleh ESDM sehingga masih memenuhi batas kriteria. Persentase *coal losses* terbesar terjadi di *loading point* sehingga dilakukan simulasi pengurangan *coal losses* di *loading point*. Total losses 19,43% pada Bulan Mei and dan 13,38% pada Bulan Juni berhasil diturunkan menjadi 9,44% and 6,98%.

**Kata-kata kunci** : batubara, *recovery*, *clean up*, *loading point*, *hauling*

#### ABSTRACT

*Coal Losses* is a losses that occurs during the mining process until the coal delivery. Coal mining process include *clean up roof*, *coal retrieval process* (*coal loading*), and when transporting coal to the *stockpile* were possible to cause coal loss. PT Kalimantan Prima Coal has set the *coal recovery criteria* at 98.5%, which is stricter than the 90% set by the Ministry of Energy and Mineral Resources. This study aims to calculate *coal losses* in the process of *clean up coal*, *loading coal at the loading point*, and *transporting coal*; define the factors that cause *coal losses*; and provide recommendations for handling *coal losses*.

The study was conducted at Pit Inul Middle Panel 3 at PT KPC in May and June 2019. There were five coal seams observed, namely K17LR, K13, K12, K9 and K4 seams. PT KPC uses a survey compared to *truck count* to calculate *coal recovery*. The total *coal losses* obtained from each seams is divided into three coal mining processes, namely *coal loss during the clean up roof of coal*, *at the loading point*, and *during hauling*.

*Coal Losses* obtained on the seam K17LR in May and June 2019 were 4.49% and 3.93%; seam K13 in May and June 2019 of 2.83% and 1.47%; seam K12 in May and June 2019 of 3.57% and 2.71%; seam K9 in May and June 2019 of 4.24% and 4.15%; Seam K4 in May and June 2019 was 4.3% and 1.11%, respectively. Losses are still above the criteria given by ESDM so that it still meets the criteria limit. The largest percentage of *coal losses* occurred at the *loading point*, so that the reduction simulation was conducted in *coal losses* at the *loading poin*. Total losses 19.43% in May and 13.38% in June successfully reduce to 9.44% and 6.98%.

**Keywords**: coal, *recovery*, *clean up*, *loading point*, *hauling*

#### PENDAHULUAN

Kehilangan sebagian batubara pada proses penambangan dan pengolahan (*coal losses*) biasa terjadi dan tidak dapat dihindari. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memonitor dan mengukur penyebab dan besaran kehilangan yang terjadi selama proses penambangan dan pengolahan. Berdasarkan hasil monitoring dan pengukuran, dapat ditentukan kuantitas kehilangan yang terjadi dan usaha yang mungkin dapat dilaksanakan dalam rangka mengurangi kehilangan tersebut.

Berikut ini sejumlah penelitian terbaru tentang *coal losses*. Tyulenev, *et al.* (2016) berusaha mengurangi

kehilangan batubara yang terjadi karena penggunaan alat shovel pada batas-batas akhir penambangan batubara [1]. Litvin, *et al.* (2017) meninjau metode perhitungan kehilangan batubara pada tambang dengan kondisi geologi yang rumit [2]. Tyulenev, *et al.* (2017) menghitung kehilangan batubara pada tambang terbuka di area patahan [3]. Kualitas batubara dapat berubah pada proses pengangkutan, penyimpanan, dan pengapalan [4,5]. Pencucian yang bertujuan meningkatkan kualitas proksimat batubara juga memiliki konsekuensi hilangnya sejumlah batubara yang dibawa bersama tailing [6,7]. Baruya (2012) mengatakan kehilangan batubara umumnya terjadi karena tertinggal di tanah, tercecer selama pengangkutan,

pencurian, dan selama proses pengolahan [8]. Penimbangan dan pengukuran massa batubara sepanjang proses penyediaan batubara penting untuk mengontrol coal losses.

Rencana Strategis Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara tahun 2015-2019 memiliki tujuan mewujudkan pengendalian dan konservasi pertambangan mineral dan batubara. Upaya pengendalian kegiatan pertambangan dilakukan dengan pengendalian produksi mineral dan batubara, meningkatkan manfaat pertambangan mineral dan batubara serta memaksimalkan perolehan pemanfaatan (recovery) mineral dan batubara seluruhnya dengan mengurangi mineral dan batubara yang terbuang (losses). *Losses* dimulai pada saat penambangan, yaitu ekstraksi *seam* yang tidak selesai, batubara yang tertinggal di tanah, penambangan pada batas terluar yang tidak dapat dilakukan, atau peledakan yang salah menyebabkan batuan *overburden* menjadi tercampur dengan batubara. Pada area lapisan batubara yang berbeda dapat menimbulkan *losses* yang berbeda.

PT Kaltim Prima Coal (KPC) adalah perusahaan pertambangan batubara yang berlokasi di Sangatta, Kalimantan Timur, Indonesia. PT KPC mengelola area konsesi pertambangan dengan luas mencapai 90.960 hektar. PT Kaltim Prima Coal (KPC) memiliki beberapa Pit yang dikerjakan oleh Departemen *Coal Mining*. Salah satunya yaitu Pit Inul *Middle Panel 3*. Pada Pit Inul *Middle Panel 3 exposed seam* batubara nya *continue*, sehingga terpilih lah *pit* tersebut. Selain itu, Pit Inul *Middle Panel 3* memiliki kondisi struktur geologi berupa patahan pada *seam-seam* batubara nya. Pada Pit Inul *Middle Panel 3* perolehan *Coal Recovery* setiap *seam* batubara ada yang di bawah dari *Coal Recovery Criteria* PT KPC.

*Coal Recovery Criteria* yang ditetapkan PT KPC sendiri yaitu sebesar minimal 98,5%, lebih ketat dari yang ditetapkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), yakni sebesar 90%. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung *Coal Losses* pada proses *Clean Up Batubara*, Pemuatan batubara di *Loading Point*, dan Pengangkutan Batubara; mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *Coal Losses*; dan memberi rekomendasi upaya penanganan *Coal Losses*.

## METODOLOGI

### Metode Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan pada penelitian ini, antara lain :

- a. Data primer, meliputi :
  - 1) Volume *Clean Up Roof* Batubara
  - 2) Volume *Losses Loading Point*
  - 3) Dokumentasi *Losses Loading Point* dan *Hauling Road*
- b. Data sekunder, meliputi :
  - 1) Data *Truck Count*
  - 2) Data *Coal Recovery*
  - 3) Data Tonase Batubara Hasil Survey
  - 4) Peta Lokasi Penelitian
1. Teknik pengolahan data, yaitu data yang telah diperoleh kemudian dikelompokkan sesuai dengan kegunaannya untuk lebih memudahkan dalam penganalisaan, yang selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik atau perhitungan penyelesaian.
  - a. Perhitungan Volume Survey Pit.
  - b. Perhitungan Tonase Hasil Survey Pit.

- c. Perhitungan Tonase *Truck Count*.
- d. Perhitungan *Coal Recovery* Pada *Seam* yang diteliti.
- e. Perhitungan Persentase *Coal Losses*.
- f. Pembagian Persentase *Coal Losses*.
2. Teknik analisis data, berfungsi untuk mengetahui hubungan antar variabel data yang digunakan dan sinkronisasinya satu sama lain
  - a. Analisis hubungan Survey dan *Truck Count*.
  - b. Analisis *Coal Losses* pada Proses *Clean Up* Batubara.
  - c. Analisis *Coal Losses* pada Pemuatan Batubara di *Loading Point*.
  - d. Analisis *Coal Losses* pada Pengangkutan Batubara.
  - e. Analisis Persentase total *Coal Losses* pada Kegiatan Penambangan Batubara.
  - f. Simulasi Pengurangan *Coal Losses*.

## Batubara

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen.

Batubara merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Zat lain, yaitu senyawa anorganik pembentuk *ash* (debu), tersebar sebagai partikel zat mineral yang terpisah di seluruh senyawa batubara.

Secara ringkas, batubara bisa didefinisikan sebagai batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna cokelat tua sampai hitam, dapat terbakar yang terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisika. Batubara berasal dari tumbuhan yang telah mati dan tertimbun dalam cekungan yang berisi air dalam waktu yang sangat lama, mencapai jutaan tahun. Dalam proses pembentukan batubara, banyak faktor yang mempengaruhi. Sebagai contoh, besarnya temperatur dan tekanan terhadap tumbuhan mati akan memengaruhi kondisi lapisan batubara yang terbentuk, termasuk pengayaan kandungan karbon di dalam batubara. Timbunan material ini kemudian mengalami proses penggabungan dan pembatubaraan sehingga menjadi batubara [9].

## Densitas Batubara

Densitas adalah perbandingan antara berat material seluruhnya dengan volume material seluruhnya. Material mempunyai densitas yang berbeda karena dipengaruhi sifat-sifat fisiknya, antara lain : ukuran partikel, kandungan air, pori-pori dan kondisi fisik lainnya. Densitas material tentunya akan berubah akibat adanya penggalian dari kondisi *bank* ke *loose*. Densitas material dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Densitas batubara} = \frac{\text{Berat material dalam ton}}{\text{volume material dalam m}^3} \quad (1)$$

Jenis material yang akan diangkut mempunyai densitas yang berbeda-beda. Pada umumnya setiap alat berat mempunyai Batasan kapasitas berat dan volume tertentu berdasarkan spesifikasi dari produsen alat angkut. Densitas material akan berpengaruh terhadap volume dan berat yang dapat dipindahkan oleh alat muat, biasanya dihitung dalam keadaan asli atau lepas.

Densitas material yang ringan maka akan cenderung material mempunyai volume yang besar. Hal ini menyebabkan dari segi volume dapat tercapai sesuai dengan spesifikasi alat muat. Namun dari segi tonase akan lebih kecil dari *payload* alat. Demikian pula sebaliknya. Dengan densitas material yang variatif, kapasitas *bucket* actual *digger* untuk memuat material tergal akan berbeda-beda meskipun target *payload* yang ditetapkan adalah sama [10].

### Coal Losses

*Coal Losses* adalah proses hilangnya batubara yang terjadi pada saat proses penambangan berlangsung baik dari pit sampai pada saat pengiriman batubara di tongkang. *Losses* dimulai pada saat penambangan, yaitu ekstraksi *seam* yang tidak selesai, batubara yang tertinggal di tanah, penambangan pada batas terluar tidak dapat dilakukan atau peledakan yang salah menyebabkan batuan overburden menjadi tercampur dengan batubara. Pada area lapisan batubara yang berbeda dapat menimbulkan *losses* yang berbeda. Adapun rumus untuk menghitung *coal losses*, yaitu persamaan 2 dimana L adalah *Coal Losses*, A adalah *Truck Count* dalam satuan ton, dan B adalah *Survey Tonnage* dalam satuan ton [8].

$$L = \frac{(B - A)}{B} \times 100\% \quad (2)$$

### Coal Recovery

*Coal Recovery* adalah suatu angka atau besaran yang menunjukkan seberapa efektif batubara yang ditambang. Angka *coal recovery* ditunjukkan dalam bentuk persentase (%), semakin besar angka *coal recovery* maka semakin efektif penambangan batubaranya. Ada beberapa metode perhitungan *coal recovery* yang biasa digunakan, yaitu:

1. In-situ model vs aktual data ditambang (Insitu Model – Actual Coal Mined).

Perhitungan *Coal Recovery* dengan metode ini dihitung dengan membandingkan In-situ Model (Geological Model) dengan batubara ditambang berdasarkan perhitungan truk (truck account / dispatch). Saat ini permodelan untuk *seam* dengan ketebalan < 2m mempunyai perlakuan yang sama.

2. ROM Merge version 4.0.3 vs aktual data ditambang (ROM Merge vs Actual Coal Mined)

Metode perhitungan ini hampir sama dengan perhitungan diatas, namun parameter perhitungan cadangan batubara yang berbeda. Perbedaannya adalah perhitungan cadangan ROM Merge mencakup lapisan tanah penutup (overburden) dengan ketebalan tertentu diatas insitu batubara yang dihitung sebagai dilusi.

3. Data Survey vs Actual data ditambang

Metode perhitungan ini adalah jumlah batubara berdasarkan *pick up* survey antara lapisan batubara atas (top coal) dan lapisan batubara bawah (coal floor) dibandingkan dengan aktual batubara ditambang berdasarkan perhitungan truk. Perhitungan dengan membandingkan data survey dan *Actual* yang ditambang lebih *representative* untuk melihat *Coal recovery* dengan mengeliminir Variasi *Geology Model*. Rumus untuk menghitung *coal recovery*, yaitu

persamaan (3), dimana R adalah *Coal Recovery*, A merupakan *Truck Count* dalam satuan ton, dan B adalah *Survey Tonnage* dalam satuan ton [11].

$$R = B - \frac{(B - A)}{B} \times 100\% \quad (3)$$

## HASIL DAN DISKUSI

### Deskripsi Data

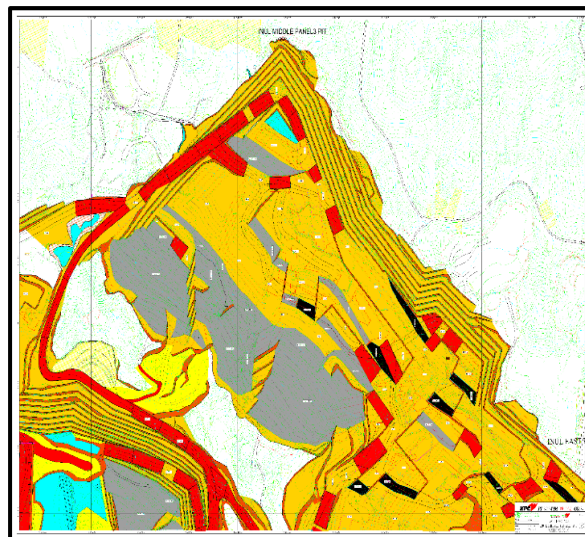
Pada penelitian ini, *Coal Recovery* dihitung menggunakan metode survey dibandingkan dengan *Truck Count*. *Coal Recovery Criteria* PT Kaltim Prima Coal sebesar 98,5%. Apabila *Recovery* batubara tidak mencapai 98,5%, *Coal Losses* dikatakan berlebihan. Sedangkan Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 1827K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik sebesar 90%. *Coal losses* terjadi pada tiga proses kegiatan penambangan, yaitu *coal losses* pada saat *clean up* batubara, *coal losses* di *loading point*, serta *coal losses* pada saat *hauling* (others).

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Pit Inul *Middle Panel* 3 di PT Kaltim Prima Coal yang terletak di Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Bisa dilihat pada Gambar-1.

### Volume dan Tonase Batubara Hasil Survey

Perhitungan volume dan tonnase batubara hasil survey bulan Mei dan Juni 2019 menggunakan *software* Minex 6.5.0. Adapun untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel-1.



Gambar-1. Pit Inul *Middle Panel* 3 PT Kaltim Prima Coal

Tabel-1. Volume dan Tonase Batubara Survey

| Seam  | Bulan                    |             |                          |             |
|-------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|       | Mei                      |             | Juni                     |             |
|       | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (ton) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (ton) |
| K17LR | 39.234,47                | 51.004      | 9.117                    | 11.852,10   |
| K13   | 64.558                   | 83.925,40   | 96.929,25                | 126.008,03  |
| K12   | 43.344,56                | 56.347,93   | 60.396                   | 78.154,80   |
| K9    | 23.650,90                | 30.746,17   | 8.199,45                 | 10.659,29   |
| K4    | 22.800                   | 29.640      | 60.867,35                | 79.127,56   |

### Tonase Truck Count

Pada penelitian ini tonnase *truck count* yang digunakan yaitu bulan Mei dan Juni 2019. Tonnase hasil *truck count* dapat dilihat pada Tabel-2.

### Perbandingan antara Survey dan Truck Count

Perbandingan antara perhitungan berdasarkan Survey Pit dan *Truck Count* pada bulan Mei dan Juni 2019 dapat dilihat pada Tabel-3.

### Thickness Batubara Survey

*Thickness* batubara hasil survey di dapat dari pengukuran dilapangan yang nantinya di input dan diproses. Berikut *thickness* batubara pada *seam* K17LR, K13, K12, K9 dan K4 pada Tabel-4.

### Coal Recovery

*Coal Recovery* adalah ukuran yang dibuat untuk menggambarkan tingkat perolehan penambangan batubara dari ketersediaan (inventory) batubara yang ada. Secara sederhana, Coal Recovery dapat mengukur efektifitas penambangan suatu batubara.

Pada penelitian ini, angka atau besaran *Coal Recovery* penambangan batubara yang diangkut dan dihitung berdasarkan data *truck* (truck count) terhadap data survey. Data yang digunakan berdasarkan pada Bulan Mei dan Juni 2019. Untuk hasil perhitungan Coal Recovery dapat dilihat pada Tabel-5 dan Gambar-2.

Tabel-2. Tonase Truck Count

| Seam  | Bulan       |             |
|-------|-------------|-------------|
|       | Mei         | Juni        |
|       | Berat (ton) | Berat (ton) |
| K17LR | 47.951      | 11.209      |
| K13   | 80.292      | 122.270     |
| K12   | 53.493      | 75.200      |
| K9    | 28.982      | 10.057      |
| K4    | 27.920      | 77.063      |

Tabel-3. Perbandingan antara Survey dan Truck Count

| No | Bulan | Seam  | Survey<br>ton | Truck<br>Count<br>ton | Selisih   | Persentase |
|----|-------|-------|---------------|-----------------------|-----------|------------|
| 1  | Mei   | K17LR | 51.004        | 47951                 | -3.053,81 | -5,99%     |
| 2  |       | K13   | 83.925,40     | 80.292                | -3.633,40 | -4,33%     |
| 3  |       | K12   | 56.347,93     | 53.493                | -2.854,93 | -5,07%     |
| 4  |       | K9    | 30.746,17     | 28.982                | -1.764,17 | -5,74%     |
| 5  |       | K4    | 29.640        | 27.92                 | -1,720    | -5,80%     |
| 6  | Juni  | K17LR | 11.852,10     | 11.209                | -643,10   | -5,43%     |
| 7  |       | K13   | 126.008,03    | 122.27                | -3.738,03 | -2,97%     |
| 8  |       | K12   | 78.514,80     | 75.200                | -3.314,80 | -4,22%     |
| 9  |       | K9    | 10.659,29     | 10.057                | -602,29   | -5,65%     |
| 10 |       | K4    | 79.127,56     | 77.063                | -2.064,56 | -2,61%     |

### Persentase Coal Losses

*Coal Losses* adalah proses hilangnya batubara yang terjadi pada saat proses penambangan berlangsung sampai pada saat pengiriman batubara ke tujuan. Sedangkan untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada Gambar-3.

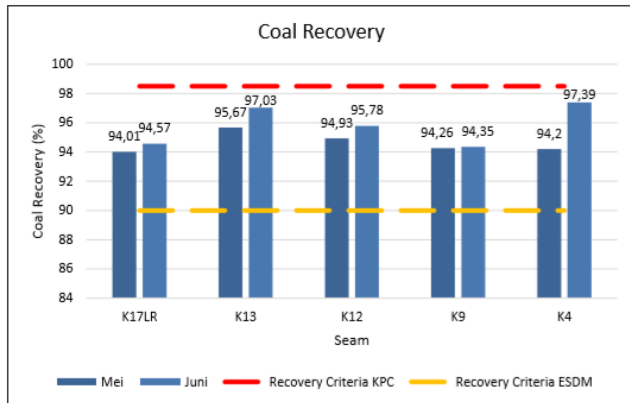
Pada Gambar-3 dapat diketahui persentase *coal losses* pada Pit Inul Middle Panel 3. Pada bulan Mei dan Juni 2019 dari 5 *seam* batubara yang diteliti, Ke lima *seam* batubara mengalami *Coal Losses* Hal ini dapat terlihat dari Grafik Persentase *Coal Losses* bulan Mei dan Juni 2019. Pada *seam* k17lr bulan Mei dan Juni 2019 mengalami *coal losses* sebesar 4,49% dan 3,93%. *Losses* ini didapatkan dari acuan batas *recovery* PT Kaltim Prima Coal sebesar 98,5%. Pada *seam* k13 bulan Mei dan Juni 2019 mengalami *coal losses* sebesar 2,83% dan 1,47%. *Losses* ini didapatkan dari acuan batas *recovery* PT Kaltim Prima Coal sebesar 98,5%. Pada *seam* k12 bulan Mei dan Juni 2019 mengalami *coal losses* sebesar 3,57% dan 2,72%. *Losses* ini didapatkan dari acuan batas *recovery* PT Kaltim Prima Coal sebesar 98,5%. Pada *seam* K9 bulan Mei dan Juni 2019 mengalami *coal losses* sebesar 4,24% dan 4,15%. *Losses* ini didapatkan dari acuan batas *recovery* PT Kaltim Prima Coal sebesar 98,5%. Pada *seam* K4 bulan Mei dan Juni 2019 mengalami *coal losses* sebesar 4,3% dan 1,11%. *Losses* ini didapatkan dari acuan batas *recovery* PT Kaltim Prima Coal sebesar 98,5%.

Tabel-4. Thickness Batubara Survey

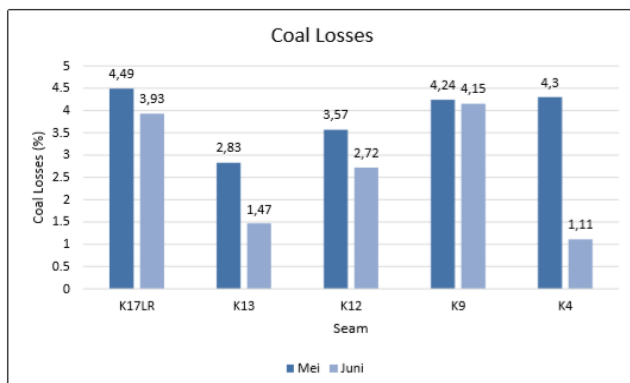
| No | Bulan | Seam  | Thickness<br>m |
|----|-------|-------|----------------|
| 1  | Mei   | K17LR | 1,87           |
| 2  |       | K13   | 2,6            |
| 3  |       | K12   | 2,03           |
| 4  |       | K9    | 1,82           |
| 5  |       | K4    | 2              |
| 6  | Juni  | K17LR | 2,25           |
| 7  |       | K13   | 3,79           |
| 8  |       | K12   | 2,8            |
| 9  |       | K9    | 1,71           |
| 10 |       | K4    | 4,39           |

Tabel-5. Persentase Coal Recovery Bulan Mei dan Juni 2019

| No | Bulan | Seam  | Coal Recovery<br>% |
|----|-------|-------|--------------------|
| 1  | Mei   | K17LR | 94,01              |
| 2  |       | K13   | 95,67              |
| 3  |       | K12   | 94,93              |
| 4  |       | K9    | 94,26              |
| 5  |       | K4    | 94,20              |
| 6  | Juni  | K17LR | 94,57              |
| 7  |       | K13   | 97,03              |
| 8  |       | K12   | 95,78              |
| 9  |       | K9    | 94,35              |
| 10 |       | K4    | 97,39              |



Gambar-2. Grafik Persentase *Coal Recovery* Bulan Mei dan Juni 2019



Gambar-3. Grafik Persentase *Coal Losses* Bulan Mei dan Juni 2019

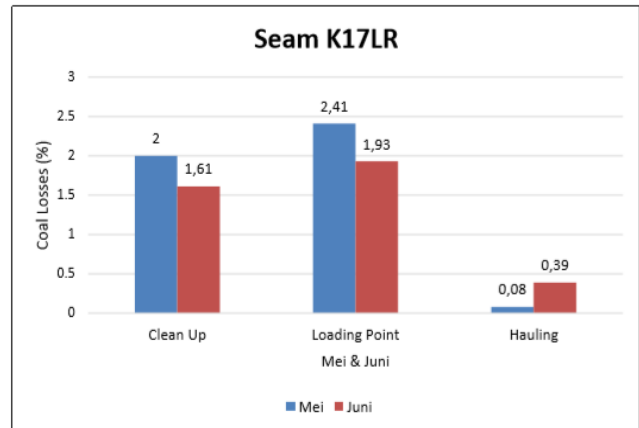
#### Coal Losses Bulan Mei dan Juni 2019

Berikut persentase *Coal Losses* pada bulan Mei dan Juni 2019 dapat dilihat pada gambar-4 untuk *Coal Losses seam K17LR*, gambar-5 untuk *Coal Losses seam K13*, gambar-6 untuk *Coal Losses seam K12*, gambar-7 untuk *Coal Losses seam K9* dan gambar-8 untuk *Losses Batubara seam K4*.

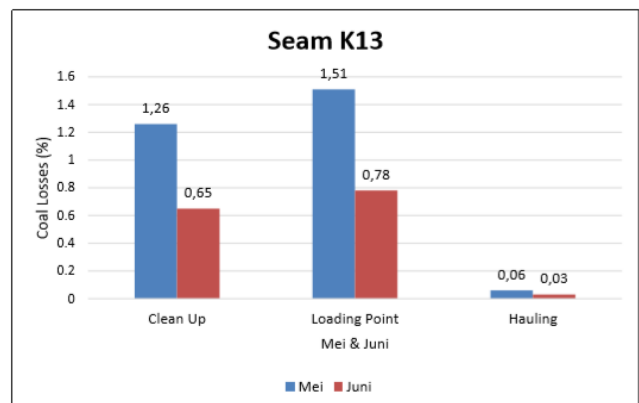
Dapat dilihat pada Gambar-4 *seam K17LR* bulan Mei 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 4,49%. Dari total *Coal Losses* sebesar 4,49% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam K17LR losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 2% atau sebesar 1.363,77 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam K17LR* mengalami *losses* sebesar 2,41% atau sebesar 1.636,96 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,08% atau sebesar 53,09 ton.

*Seam K17LR* bulan Juni 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 3,93%. Dari total *Coal Losses* sebesar 3,93% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam K17LR losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 1,61% atau sebesar 263,38 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam K17LR* mengalami *losses* sebesar 1,93% atau sebesar 316,16 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,39% atau sebesar 63,56 ton.

Dapat dilihat pada Gambar-5 *seam K13* bulan Mei 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 2,83%. Dari total *Coal Losses* sebesar 2,83% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam K13 losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 1,26% atau sebesar 1.613,95 ton.



Gambar-4. *Coal Losses Seam K17LR* Bulan Mei dan Juni 2019



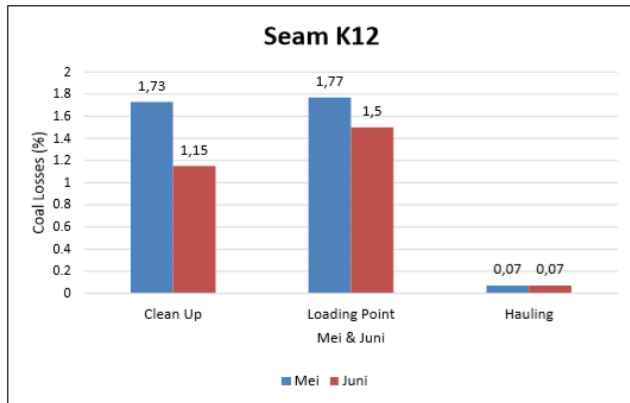
Gambar-5. *Coal Losses Seam K13* Bulan Mei dan Juni 2019

Untuk *losses* di *loading point*, *seam K13* mengalami *losses* sebesar 1,51% atau sebesar 1.937,81 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,06% atau sebesar 81,64 ton.

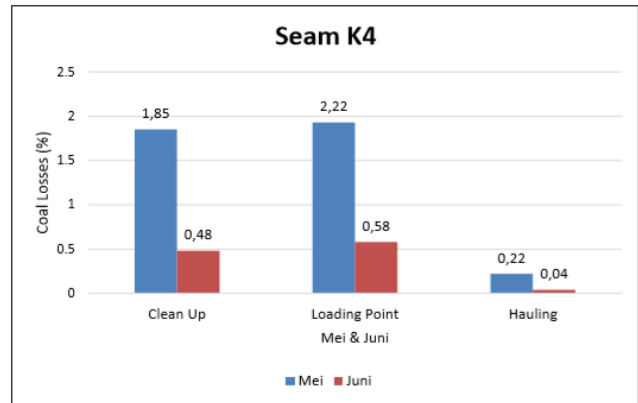
*Seam K13* bulan Juni 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 1,47%. Dari total *Coal Losses* sebesar 1,47% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam K13 losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 0,65% atau sebesar 1.662,38 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam K13* mengalami *losses* sebesar 0,78% atau sebesar 1.993,88 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,03% atau sebesar 81,78 ton.

Dapat dilihat pada gambar-6 *seam K12* bulan Mei 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 3,57%. Dari total *Coal Losses* sebesar 3,57% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam K12 losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 1,73% atau sebesar 1.387,88 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam K12* mengalami *losses* sebesar 1,77% atau sebesar 1.414,53 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,07% atau sebesar 52,52 ton.

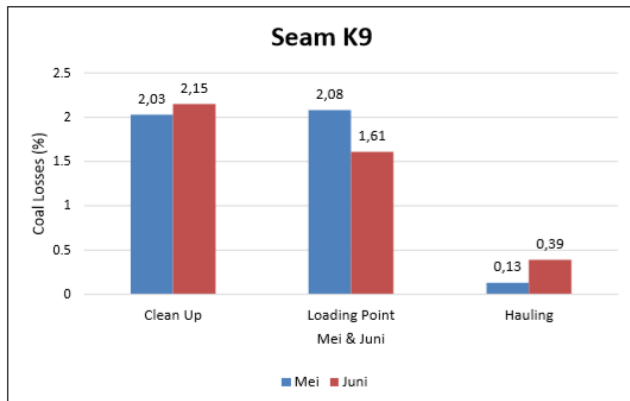
*Seam K12* bulan Juni 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 2,72%. Dari total *Coal Losses* sebesar 2,72% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam K12 losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 1,15% atau sebesar 1.402,05 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam K12* mengalami *losses* sebesar 1,50% atau sebesar 1.825,20 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,07% atau sebesar 87,55 ton.



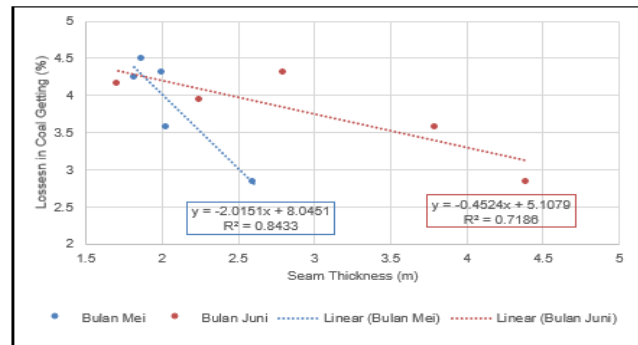
Gambar-6. Coal Losses Seam K12 Bulan Mei dan Juni 2019



Gambar-8. Coal Losses Seam K4 Bulan Mei dan Juni 2019



Gambar-7. Coal Losses Seam K9 Bulan Mei dan Juni 2019

Gambar-9. Analisis Antara *Thickness* Batubara dan Coal Losses

Dapat dilihat pada gambar-7 *seam* K9 bulan Mei 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 4,24%. Dari total *Coal Losses* sebesar 4,24% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam* K9 *losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 2,03% atau sebesar 844,68 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam* K9 mengalami *losses* sebesar 2,08% atau sebesar 865,80 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,13 atau sebesar 53,70 ton.

Untuk *seam* K9 bulan Juni 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 4,15%. Dari total *Coal Losses* sebesar 4,15% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam* K9 *losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 2,15% atau sebesar 311,68 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam* K9 mengalami *losses* sebesar 1,61% atau sebesar 234 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,39 atau sebesar 56,61 ton.

Dapat dilihat pada gambar-8 *seam* K4 bulan Mei 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 4,30%. Dari total *Coal Losses* sebesar 4,30% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam* K4 *losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 1,85% atau sebesar 741 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam* K4 mengalami *losses* sebesar 2,22% atau sebesar 889,20 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,22 atau sebesar 89,80 ton.

*Seam* K4 bulan Juni 2019 mengalami *Coal Losses* sebesar 1,11%. Dari total *Coal Losses* sebesar 1,11% ini terdiri dari *losses* pada saat *clean up roof* batubara, *losses* di *loading point*, *losses* di *hauling* (others). Pada *seam* K4 *losses* pada saat *clean up roof* batubara sebesar 0,48% atau

sebesar 901,23 ton. Untuk *losses* di *loading point*, *seam* K4 mengalami *losses* sebesar 0,58% atau sebesar 1.081,60 ton. Sedangkan *losses* yang terjadi pada *hauling* (others) sebesar 0,04 atau sebesar 81,73 ton.

#### Analisis Hubungan Antara *Thickness* Batubara dan Coal Losses

Penambangan batubara identik dengan *Coal Recovery*, *Coal Recovery* adalah tingkatan yang bisa dihasilkan dari batubara yang sudah di *expose*. Target *Coal Recovery* PT. KPC saat ini sebesar 98,5%. Dilapangan, *seam-seam* batubara yang tipis mempunyai tingkat kesulitan yang lebih tinggi Ketika dilakukan penambangan. Dalam lingkup areal penambangan KPC, *seam-seam* tipis memiliki *range* ketebalan maksimum (1,5 -2 meter). Jika tidak dikelola dengan benar, *seam-seam* tipis ini akan menjadi masalah pada proses berikutnya. Untuk Hubungan antara *Thickness* batubara dan *Coal Losses* dapat dilihat pada gambar 5.33 dibawah ini.

Gambar-9 merupakan grafik hubungan antara *thickness* batubara dengan *coal losses*. Data yang digunakan merupakan data pada bulan Mei dan Juni 2019. Dari grafik di Gambar-9, diketahui untuk sumbu x merupakan *seam thickness* batubara dan untuk sumbu y merupakan *losses in coal getting*. Pada bulan Mei *seam thickness* sebesar 1,82 m untuk *seam* K9, 1,87 m untuk *seam* K17LR, 2 m untuk *seam* K4, 2,03 n untuk *seam* K12 dan 2,6 m untuk *seam* K13. Dari *seam thickness* ini didapatkan *coal losses* yang berbeda-beda. *Coal losses* pada bulan Mei sebesar 4,24% untuk *seam* K9, 4,49% untuk *seam* K17LR, 4,3% untuk *seam* K4, 3,57% untuk *seam* K12 dan 2,83% untuk *seam* K13. *Coal Losses* terbesar yang terjadi pada bulan Mei yaitu sebesar 4,49% pada *seam* K17LR dengan *seam thickness* sebesar 1,87 m yang dimana

merupakan *seam* tipis. Pada grafik bisa dilihat semakin tinggi *seam thickness*nya maka semakin rendah *coal losses* yang terjadi. Pada bulan Juni *seam thickness* sebesar 1,71 m untuk *seam* K9, 2,25 m untuk *seam* K17LR, 2,8 m untuk *seam* K12, 3,79 m untuk *seam* K13 dan 4,39 m untuk *seam* K4. Dari *seam thickness* ini didapatkan *coal losses* yang berbeda-beda. *Coal losses* pada bulan Juni sebesar 4,15% untuk *seam* K9, 3,93% untuk *seam* K17LR, 4,3% untuk *seam* K12, 3,57% untuk *seam* K13 dan 2,83% untuk *seam* K4. *Coal Losses* terbesar yang terjadi pada bulan Juni yaitu sebesar 4,15% pada *seam* K9 dengan *seam thickness* sebesar 1,71 m yang dimana merupakan *seam* tipis. Pada grafik bisa dilihat semakin tinggi *seam thickness*nya maka semakin rendah *coal losses* yang terjadi. Terlihat pada *linier* pada bulan Mei dan Juni bahwa semakin tebal *seam* batubara nya memiliki kecenderungan semakin kecil *coal losses* nya. Sedangkan semakin tipis *seam* batubara maka memiliki kecenderungan semakin besar *coal losses* nya. Hal ini terjadi karena pada *seam* batubara yang tipis memiliki kesulitan yang lebih sulit pada saat pengambilan batubara dibandingkan dengan *seam* batubara yang tebal.

### Simulasi Pengurangan Coal Losses

Berdasarkan perhitungan volume dan persentase *coal losses* pada sub bab sebelumnya, diketahui persentase *coal losses* terbesar terjadi di *loading point*, yaitu pada Bulan Mei 9,99% dari total losses 19,47% dan Bulan Juni 6,4% dari total losses 13,38%. Terlihat pada Gambar 5.28 sampai 5.32, bahwa *coal losses* di proses *clean up* dan *hauling* lebih kecil dibanding *coal losses* di *loading point*.

Meskipun *coal losses* pada proses *clean up* cukup signifikan, yaitu bulan Mei sebesar 8,87% dan bulan Juni sebesar 5,56%. *Coal losses* pada proses *clean up* tidak mungkin untuk dikurangi. Alat yang digunakan untuk membersihkan batubara di bagian *roof* adalah *Excavator Backhoe* Komatsu PC200, dengan ketebalan pembersihan  $\pm 5$  cm. Kontraktor PT Kaltim Prima Coal, PT Thiess Indonesia, tidak menggunakan alat gali muat yang lebih kecil dari itu. Pengurangan ketebalan pembersihan juga berdampak pada penurunan kualitas batubara yang tertambang, misalnya kadar abu akan meningkat karena batubara tercampur dengan lempung di batas *roof* batubara. Sehingga batubara tersebut beresiko tidak memenuhi parameter kualitas proksimat yang diminta oleh pembeli.

*Coal losses* pada proses *hauling* sangat kecil, Bulan Mei sebesar 0,34% dan Bulan Juni sebesar 0,88%. Proses pengangkutan tidak teramati secara mendalam saat penelitian ini berlangsung. Rute pengangkutan ada yang ke *inpit stockpile*, *ROM stockpile*, dan *stockpile CPP*, dengan *grade* jalan maksimal 11,2%. Kemungkinan batubara dari dalam *dump truck* Komatsu HD785 dan Cat 785, ada sebagian yang tercecer di jalan *hauling*. Hanya sebagian alat angkut yang menggunakan *vessel* tipe *gateless*, sehingga masih ada kemungkinan batubara tercecer di jalan. Departemen *Coal Mining* memiliki Komatsu HD785-7 *Gateless* sebanyak 36 unit dari total 63 unit *Heavy Dump Truck*.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka simulasi pengurangan *coal losses* yang paling mungkin dilakukan adalah di *loading point*. Cara pengurangannya dengan mengotimalkan pemuatan (*loading*) batubara di front sampai benar-benar bersih. Jangan ada batubara tersisa yang diratakan menjadi *floor pit*.

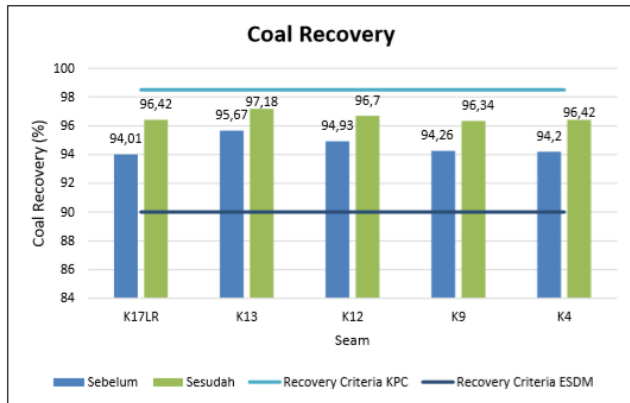
Dapat dilihat pada gambar-10, Grafik Simulasi Persentase *Coal Recovery* Sebelum dan Sesudah Pengurangan *Coal Losses* di *Loading Point* pada Bulan Mei 2019. Apabila Penghasil atau Kontribusi terbesar dalam *losses* batubara yaitu di *loading point* dihilangkan, *Coal Recovery* yang didapatkan akan bertambah. Seperti Pada *Seam* K17LR. Nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 94,01%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 96,42%. Pada *Seam* K13 nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 95,67%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 97,18%. Pada *Seam* K12 nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 94,93%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 96,7%. Pada *Seam* K9 nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 94,26%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 96,34%. Pada *Seam* K4 nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 94,2%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 96,42%.

**Tabel-6.** Simulasi Pengurangan Coal Losses Bulan Mei 2019

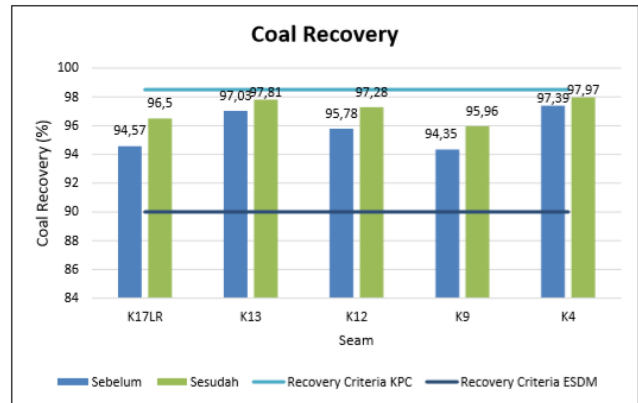
| No              | Seam  | Coal Losses Loading Point (%) | Coal Losses Total (%) | Coal Losses Setelah Pengurangan (%) | Coal Recovery Awal (%) | Coal Recovery Setelah Pengurangan (%) |
|-----------------|-------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1               | K17LR | 2,41                          | 4,49                  | 2,08                                | 94,01                  | 96,42                                 |
| 2               | K13   | 1,51                          | 2,83                  | 1,32                                | 95,67                  | 97,18                                 |
| 3               | K12   | 1,77                          | 3,57                  | 1,8                                 | 94,93                  | 96,7                                  |
| 4               | K9    | 2,08                          | 4,24                  | 2,16                                | 94,26                  | 96,34                                 |
| 5               | K4    | 2,22                          | 4,3                   | 2,08                                | 94,2                   | 96,42                                 |
| Total/rata-rata |       | 9,99                          | 19,43                 | 9,44                                | 94,61                  | 96,61                                 |

**Tabel-7.** Simulasi Pengurangan Coal Losses Bulan Juni 2019

| No              | Seam  | Coal Losses Loading Point (%) | Coal Losses Total (%) | Coal Losses Setelah Pengurangan (%) | Coal Recovery Awal (%) | Coal Recovery Setelah Pengurangan (%) |
|-----------------|-------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1               | K17LR | 1,93                          | 3,93                  | 2                                   | 94,57                  | 96,5                                  |
| 2               | K13   | 0,78                          | 1,47                  | 0,69                                | 97,03                  | 97,81                                 |
| 3               | K12   | 1,50                          | 2,72                  | 1,22                                | 95,78                  | 97,28                                 |
| 4               | K9    | 1,61                          | 4,15                  | 2,54                                | 94,35                  | 95,96                                 |
| 5               | K4    | 0,58                          | 1,11                  | 0,53                                | 97,39                  | 97,97                                 |
| Total/rata-rata |       | 6,4                           | 13,38                 | 6,98                                | 95,82                  | 97,1                                  |



**Gambar-10.** Grafik Simulasi Persentase *Coal Recovery* Sebelum dan Sesudah Pengurangan *Coal Losses* di *Loading Point* Bulan Mei 2019



**Gambar-11.** Grafik Simulasi Persentase *Coal Recovery* Sebelum dan Sesudah Pengurangan *Coal Losses* di *Loading Point* Bulan Juni 2019

Dapat dilihat pada Gambar-11 Grafik Simulasi Persentase *Coal Recovery* Sebelum dan Sesudah Pengurangan *Coal Losses* di *Loading Point* pada Bulan Juni 2019. Apabila Penghasil atau Kontribusi terbesar dalam *losses* batubara yaitu di *loading point* dihilangkan, *Coal Recovery* yang didapatkan akan bertambah. Seperti Pada *Seam* K17LR. Nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 94,57%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 96,5%. Pada *Seam* K13 nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 97,03%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 97,81%. Pada *Seam* K12 nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 95,78 Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 97,28%. Pada *Seam* K9 nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 94,35%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 95,96%. Pada *Seam* K4 nilai *Recovery* sebelum dihilangkannya *losses* di *loading point* yaitu sebesar 97,39%, Sedangkan apabila *losses* di *loading point* dihilangkan *Recovery* yang didapat bertambah yaitu sebesar 97,97%.

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengamatan di lapangan dan analisis data mengenai penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil analisis *coal losses* kegiatan penambangan pada pit inul *middle* panel 3 antara lain:
  - Persentase *losses* batubara bulan Mei 2019: *Seam* K17 LR: 5,99% (clean up roof 2%, loading point 2,41%, hauling/others 0,08%), *seam* K13: 4,33% (clean up roof 1,26%, loading point 1,51%, hauling/others 0,06%), *seam* K12: 5,07% (clean up roof 1,73%, loading point 1,77%, hauling/others 0,07%), *seam* K9: 5,74% (clean up roof 2,03%, loading point 2,08%, hauling/others 0,13%). *seam* K4: 5,8% (clean up roof 1,85%, loading point 1,93%, hauling/others 0,22%).
  - Persentase *losses* batubara bulan Juni 2019: *Seam* K17 LR: 5,43% (clean up roof 1,61%, loading point 1,93%, hauling/others 0,39%), *seam* K13: 2,97% (clean up roof 0,65%, loading point 0,78%, hauling/others 0,03%), *seam* K12: 4,22% (clean up roof 1,15%, loading point

1,5%, hauling/others 0,07%), *seam* K9: 5,65% (clean up roof 2,15%, loading point 1,61%, hauling/others 0,39%). *seam* K4: 2,61% (clean up roof 0,48%, loading point 0,58%, hauling/others 0,04%).

- Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *coal losses* pada kegiatan penambangan adalah proses penambangan, meliputi kegiatan pembersihan batubara (clean up roof batubara), *Loading* batubara di *Loading Point*, pengangkutan batubara (coal hauled). Dari ketiga faktor tersebut pada penambangan batubara, masih bisa diminimalisir *coal losses* nya.
- Upaya untuk mengurangi terjadinya *losses* batubara pada kegiatan penambangan dapat dilakukan dengan upaya sebagai berikut: Pengisian batubara ke *truck* tidak melebihi kapasitas *truck*, *finishing coal floor* dengan cara perapian kembali batubara yang tertinggal di *floor* batubara lalu dikumpulkan disuatu area atau *pile* yang nantinya dapat di tambang kembali. batubara setelah penambangan yang menyisakan kurang dari 1 *load* batubara, lebih baik tetap di *loading* ke *truck* batubara dan diisi lagi dengan kualitas batubara yang sama agar dapat terisi penuh *truck* batubara tersebut dan supaya batubara nya tidak ditinggal di *floor* yang dapat mengakibatkan hilangnya batubara atau *coal losses*.

Adapun saran yang dapat diberikan terkait dengan penelitian yang telah dilakukan di PT Kaltim Prima Coal yaitu sebagai berikut:

- Untuk meminimalisir *coal losses*, pada penambangan batubara maka batubara setelah penambangan yang menyisakan kurang dari 1 *load* batubara, lebih baik tetap di *loading* ke *truck* batubara dan diisi lagi dengan kualitas batubara yang sama agar dapat terisi penuh *truck* batubara tersebut dan supaya batubara nya tidak ditinggal di *floor* yang dapat mengakibatkan hilangnya batubara atau *coal losses*.
- Pada *seam* K17LR, K13, K12, K9 dan K4 dapat diminimalisir *losses* batubara pada proses penambangan dengan cara batubara setelah penambangan yang tersisa di *floor* agar dapat dimuat kembali.
- Untuk mengurangi *coal losses* dapat dilakukan beberapa upaya antara lain: *finishing coal floor* dengan cara perapian kembali batubara yang tertinggal di *floor* batubara lalu dikumpulkan disuatu area atau *pile* yang nantinya dapat di muat kembali, Pengisian batubara ke *truck* tidak melebihi kapasitas *truck*.

4. Untuk meminimalisir *coal losses* dapat dilakukan *selective mining* pada *seam* batubara yang tipis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Evan Salehudin selaku Manager Departemen Coal Mining, Bapak Rudy Setiadi selaku *Superintendent Technical Coal Mining*, Bapak Nurqadim Ranjani Raihan selaku pembimbing lapangan, Bapak Hasrul selaku pembimbing laporan serta semua karyawan PT Kaltim Prima Coal Sangatta yang telah memberikan kesempatan dan membantu penulis melaksanakan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Tyulenev, S. A. Zhironkin, and E. A. Garina, "A. The method of coal losses reducing at mining by shovels," *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, vol. 7, no. 4, 363-370, 2016.
- [2] O. Litvin, *et al.*, "Methodology of coal losses calculation at open pit mining for complex geological conditions—review," *Acta Montanistica Slovaca*, vol. 22, no. 2, pp. 146-152, 2017.
- [3] M. Tyulenev, *et al.*, "The calculation of coal losses in open pit faulted areas," *Coal International*, vol. 265, no. 3, pp. 30-34, 2017.
- [4] R. Hafizi, U. Saismana, dan Annisa, "Studi Kasus Perubahan Parameter Kualitas Batubara Pada Aktivitas Barging PT Carsurin Tanah Merah Coal Terminal Di Desa Janju, Kecamatan Tanah Grogot," *Jurnal Himasapta*, vol. 4, no. 3, 2020.
- [5] A. Toding, A. Triantoro, dan Riswan, "Analisis Perbandingan Kualitas Batubara di Lokasi Penambangan dan Stockpile di PT Firman Ketaun Perkasa," *Jurnal Himasapta*, vol. 4, no. 01, 2019.
- [6] F. A. Wardhany, A. Triantoro, dan R. N. Hakim, "Kajian Teknis Coal Washing Plant Di PT Bahari Cakrawala Sebuk, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan," *Jurnal Geosapta*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [7] R. Sripriya, *et al.*, "An analysis of medium losses in coal washing plants," *International Journal of mineral processing*, vol. 80, pp. 177-188, 2006.
- [8] P. Baruya, *Losses in the coal supply chain*, London: IEA Clean Coal Centre, 2012.
- [9] Sukandarrumidi, *Batubara dan Gambut*, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 1995.
- [10] R. L. Peurifoy, *Construction Planning, Equipment and Methods*, 8th ed, New York: MC-Graw-Hill, 2011.
- [11] D. Mardiono, "Upaya Peningkatan Coal Recovery di PT Kalimantan Prima Coal, Kalimantan Timur," *Prosiding TPT XX PERHAPI 2011*, p. 186, 2010.