

Evaluasi Sistem Penambangan Coking Coal untuk mencapai nilai Crucible Swelling Number (CSN) 3-7 di Pit Haju PT Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Met Coal di Kalimantan Tengah.

Fariz Aditya*, Raimon Kopa¹

¹ Jurusan Teknik Pertambangan FT Universitas Negeri Padang

*fariz.marduum@gmail.com

Abstract. PT Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Met Coal is one of the company's pilot projects in world-class coking coal mining. The right technology and coking coal mining system must be implemented because the quality produced greatly affects the customer's trust. Coking coal is a type of coal that is used as a fuel as well as a reducing agent in the iron / steel industry. One important indicator in distinguishing the quality of coking coal with thermal coal types is the CSN (Crucible Swelling Number) test. Coking coal must have a CSN value of at least 3. Coking coal can decrease in quality due to contamination during the mining process. Based on problem analysis there are 3 mining activities that can affect the quality of coking coal, namely: front loading preparation activities, loading and hauling activities and coal accumulation activities in ROM stock. After applicated improvement of the mining system in each of these activities comprehensively and then pouring it into the SOP design for coking coal mining, the CSN value was increased by 66% and the ash value decreased by 43%.

Keywords: Preparation Front Loading, Loading and Hauling Activities, Coal Accumulation Activities, CSN and Ash

1. Pendahuluan

Batubara merupakan batuan sendimen organik hidrokarbon yang terbentuk dari alam dari akumulasi tumbuhan yang terendapkan telah mengalami proses sedimentasi. Keadaan ini terjadi pada kondisi bebas oksigen yang berlangsung pada tekanan dan temperatur tertentu dalam waktu yang sangat lama.

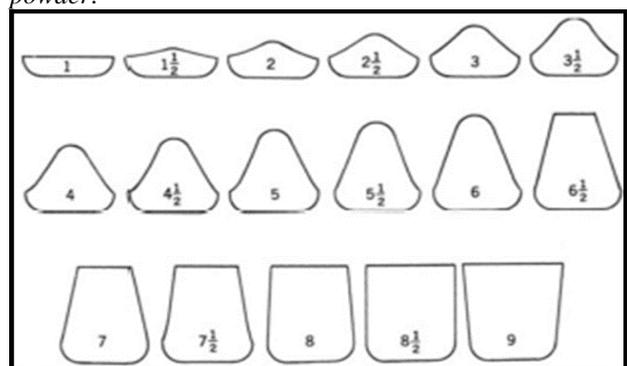
Batubara dapat diklasifikasikan menurut kegunaannya menjadi 2 macam yaitu^[1] :

1. *Thermal coal (steaming coal)* adalah batubara yang digunakan sebagai bahan bakar (*fuel*), contohnya pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU).

2. *Mettalurgical coal (coking coal)* yaitu batubara yang digunakan sebagai sumber karbon atau sebagai reduktor, contohnya pada proses *blast furnace* di industri peleburan besi dan baja.

Salah satu tes yang relatif cepat dan murah untuk menentukan apakah suatu batubara memiliki sifat caking adalah *Test Crucible Swelling Number (CSN)* atau *Free Swelling Index (FSI)*. Prinsip dari penentuan CSN ini adalah pemanasan batubara bubuk berukuran 0.212 mm pada cawan dengan ukuran atau dimensi tertentu dengan kondisi minim udara (pada saat pemanasan cawan tersebut ditutup) pada temperatur 800 +/- 10°C selama 1.5 menit dan pada suhu 820°C selama 2.5 menit^[2]. Kemudian pemanasan dilanjutkan pada temperatur tersebut selama 2.5 menit lagi atau sampai penguapan *volatile matter* tidak terjadi lagi. Nilai

rentang dari CSN adalah 0 – 9, yaitu mengikuti gambar profil yang ditentukan oleh standar seperti pada gambar yang bersumber dari *Australian Standard AS 1038.12.1*. Hasil CSN 0 diperoleh apabila batubara tidak meleleh (*melting*) dan sisa hasil pemanasan tersebut berupa *powder*.



Gambar 1. Standard Profiles and Corresponding Swelling^[2]

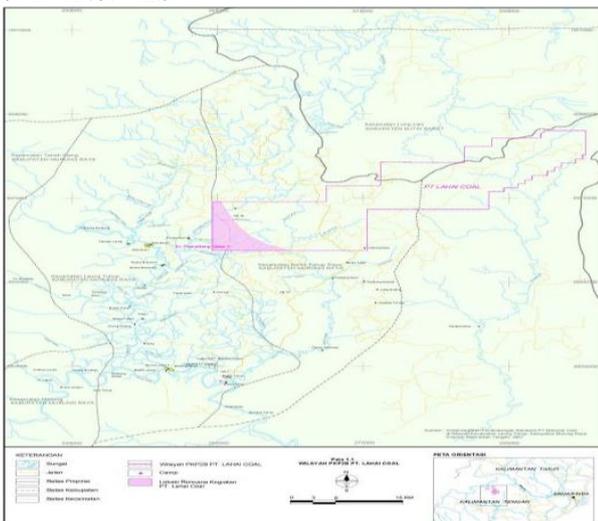
PT Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Met Coal adalah pilot *project* perusahaan dalam penambangan batubara jenis *coking coal* untuk mengembangkan portofolio bisnis perusahaan menjadi perusahaan energi kelas dunia. Teknologi dan metoda penambangan yang tepat harus diterapkan karena kualitas batubara yang dihasilkan sangat berpengaruh terhadap kepercayaan customer kepada PT Pamapersada Nusantara.

Coking coal dapat menurun kualitasnya akibat kontaminasi yang dialami selama proses penambangan. Perubahan nilai CSN karena kontaminasi jauh lebih besar dibandingkan penurunan nilai kualitasnya. Jadi pengaruh kontaminasi terhadap *coking coal* ini jauh lebih besar dibandingkan pengaruhnya terhadap *thermal coal*. Nilai CSN yang didapatkan pada kondisi minim kontaminasi dengan kadar *ash* < 7% adalah 3,5 – 7,5 sedangkan pada kondisi banyak kontaminasi dengan kadar *ash* > 7% maka nilai CSN berada pada kisaran 1 – 3. Oleh karena itu hal ini harus menjadi perhatian bagi perusahaan yang menambang *coking coal*, terutama dalam melakukan penambangan dan *handling* batubaranya.

Pada bulan Oktober 2017 sampai Januari 2018 PT Pamapersada Nusantara mendapat penalti dari PT Lahai coal sebesar USD 1459 karena telah terjadi kontaminasi pada batubara mereka. Kontaminasi ditemukan di *front loading* batubara dan di *stock ROM*. Kerugian yang dialami PT Pamapersada Nusantara setara dengan ± Rp 20.000.000 per bulannya. Hal ini menjadi perhatian serius dari manajemen PT Pamapersada Nusantara, ini dibuktikan dengan dibentuknya tim *improvement* yang diikuti oleh Departemen Produksi, Departemen *Engineering* dan OTD.

2. Kajian Pustaka

Lokasi penambangan batubara PT. Lahai Coal yang dijadikan sebagai tempat penelitian secara administrasi terletak pada ,Kecamatan Barito Tuhup Raya, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Secara geografis lokasi penelitian berada pada koordinat 114°10' 17.6" BT – 114°10' 18" BT dan 0° 2' 12" LS – 0° 2' 12.07" LS.



Gambar 2. Peta Kesampaian Daerah Penelitian PT.Lahai Coal^[3]

Struktur geologi yang dijumpai di lembar Muara Teweh berupa sesar, lipatan dan kelurusan yang arah umumnya barat daya-timur laut dan barat laut-tenggara. Sesar terdiri dari sesar normal, sesar geser dan sesar naik yang melibatkan batuan sedimen berumur tersier dan pra-tercier. Kelurusan ini diduga merupakan jejak

sesar dan kekar yang arahnya sejajar dengan struktur umum. Lipatan berupa sinklin dan antiklin sama dengan sesar dan kelurusan yang arahnya sejajar dengan struktur regional yaitu timur laut – barat daya. Mengingat lithologi di daerah ini yang di dominasi oleh batuan yang berumur tersier.

Kegiatan tektonik di daerah ini dimulai sejak mezolitikum dengan munculnya batuan granit, granodiorit, diorit dan gabro dalam kompleks busang. Kemudian diikuti oleh terbentuknya gunung api kasale dan pengendapan kelompok selangka pada zaman kapur akhir. Pada awal eosan tengah terjadi kegiatan gunung api yang menghasilkan batuan gunung apa nyaan. Pada zaman eosan akhir di cekungan Barito dan hulu Mahakam terbentuk formasi haloq dan batu kelau yang tidak terpisahkan, formasi batuayau dan tanjung. Formasi ini ditutupi secara selaras oleh formasi ujuh bilang sejak oligosen dan waktu yang sama juga terbentuk formasi tuyu di cekungan Kutai. Pada zaman oligosen akhir sampai dengan miosen awal terbentuk formasi berai, montalat, jangkan, keramuan, Puruk Cahu yang diikuti oleh kegiatan gunung api malasan. Pada cekungan Kutai terbentuk formasi pamaluan yang berada di atas formasi tuyu. Pada kala miosen tengah di cekungan barito terbentuk formasi wahau dan formasi kelinjau yang berada di atas formasi berai, montalat, jangkan, keramuan dan Purug Cahu, sedangkan di cekungan Kutai terjadi pengendapan formasi pulubalang yang disertai dengan kegiatan gunung api meragoh. Pada miosen akhir sampai kuarate terjadi kegiatan gunung api mentulang dan bandang di cekungan Barito sedangkan di cekungan Kutai terbentuk formasi kampung baru.

Susunan stratigrafi cekungan Barito dan Hulu Mahakam dimulai dari yang paling tua ke muda adalah sebagai berikut: satuan batuan Tersier periode ketiga, Formasi Tanjung, Formasi Berai, Formasi Warukin, Formasi Dahor dan endapan alluvial. Daerah batubara PT. Lahai Coal berada pada Formasi Warukin^[4].

Metallurgy Coal atau *coking coal* adalah batubara yang digunakan terutama sebagai sumber karbon di industri besi dan baja, dimana batubara digunakan sebagai reduktor bijih besi menjadi logam. *Metallurgy Coal* adalah batubara yang akan meleleh (*fluid*) kemudian akan mengembang dan menjadi padat kembali apabila dipanaskan pada kisaran temperatur antara 350–550°C dengan kondisi tanpa udara yang sering disebut *plastic range*. Sifat *fluid* dan *re-solidify* tersebut disebut sifat *caking*. *Metallurgy Coal* masuk kedalam *rank* atau kelas bituminous menurut klasifikasi ASTM terutama yang memiliki sifat agglomerasi. Atau dengan kata lain, *rank* batubara yang berpotensi memiliki sifat *caking* adalah hanya golongan *bituminous*. Menurut klasifikasi ASTM, golongan batubara *bituminous* dari *high volatile bituminous* sampai *low volatile bituminous* rata-rata memiliki sifat *agglomerating*. Sifat *agglomerating* dari batubara adalah sifat dari *maceral* yang dikandung oleh batubara terutama *vitrinite*.

Faktor yang umum mengapa *bituminous coal* memiliki sifat *caking* adalah bahwa golongan batubara ini bersifat *compact* dan memiliki *moisture* relatif rendah, serta

porositas dan *internal surface* area yang lebih kecil dibandingkan dengan *lower rank coal* atau non *metallurgy coal*. Puncak *fluidity* batubara adalah bertepatan dengan titik dimana pada proses *coalification* posisi *cross-linking* antara struktur aromatik batubara yang terendah atau paling dekat, tetapi sebelum ikatan antar aromatik menjadi lebih kuat sehingga susah untuk dimobilisasi atau dipisah pada *range* temperatur *coking*. Di dalam organik batubara terdapat 3 kelompok *maceral* yaitu; *vitritine*, *liptinit* dan *inertinit*^[5]. Pengelompokan ini didasarkan pada bentuk, morfologi, ukuran, relief, struktur (*internal structure*), kesamaan komposisi kimia, warna pantulan, dan intensitas refleksi serta tingkat pembatubaraan (*degree of coalification*).

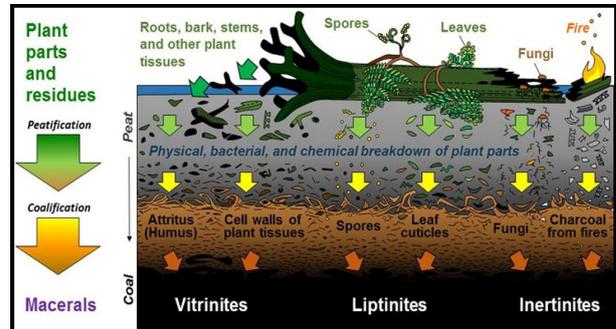
Maceral vitritine berasal dari tumbuhan yang mengandung serat kayu (*woody tissues*) seperti batang, dahan, akar, dan serat-serat daun^[5]. Pengamatan dengan mikroskop sinar langsung (*transmitted light microscope*) kelompok *vitritine* menunjukkan warna cokelat kemerahan sampai gelap, tergantung dari tingkat ubahan (*metamorfosa*) batubara itu. Semakin tinggi tingkatan suatu batubara semakin gelap terlihatnya maseral tersebut di bawah mikroskop dan demikian pula sebaliknya^[6].

Sedikitnya kandungan *vitritine* dapat memberikan petunjuk bahwa lapisan batubara tersebut relatif berada di bagian atas, sedangkan banyaknya *vitritine* menunjukkan lapisan batubara tersebut berada di bagian bawah^[4]. Pada lingkungan *lower delta plain* (laut dangkal) umumnya kandungan *vitritine* banyak, sedangkan sebaliknya pada lingkungan *upper delta plain* (laut dalam) dan *meandering fluvial*, bila *vitritine* banyak, maka ditafsirkan kecepatan penurunan cekungan berjalan cepat, artinya muka air tinggi, sedangkan jika kandungan *vitritine* sedikit ditafsirkan kecepatan penurunan berjalan pelan, artinya muka air rendah. *Telocollinit* akan banyak terbentuk di bawah kondisi air tawar, sedangkan *desmocollinit* akan banyak terbentuk di bawah kondisi *marin*.

Maceral Liptinit yang sering juga disebut eksinit (*extinit*) berasal dari jenis tanaman yang relatif rendah tingkatannya seperti spora (*spores*), ganggang (*algae*), kulit luar (*cuticles*), getah tanaman (*resin*), dan serbuk sari (*pollen*)^[5]. Kelompok eksinit ini terlihat sebagai maseral yang berwarna terang, kuning sampai kuning tua di bawah sinar langsung, sedangkan di bawah sinar pantul kelompok eksinit menunjukkan pantulan berwarna abu-abu sampai gelap. Kelompok eksinit mengandung unsur *hydrogen* yang paling banyak diantara maseral lainnya. Berdasarkan morfologi dan bahan asalnya kelompok eksinit dibedakan menjadi *sporinit*, *kutinit*, *alginite*, *fluorinit*, *suberinit*, *exudatinit*, *bituminit*, *liptodetrinit*, dan *resinit*.

Maceral inertinit diduga berasal dari tumbuhan yang sudah terbakar (*charcoal*) dan sebagian lagi diperkirakan berasal dari maseral lainnya yang telah mengalami proses oksidasi atau proses *decarboxylation* yang disebabkan oleh jamur dan bakteri (proses biokimia). Dalam proses karbonisasi, kelompok inertinit sangat lamban bereaksi (*inert*). Kelompok inertinit

mengandung unsur *hydrogen* yang terendah diantara dua kelompok lainnya. Berdasarkan struktur, tingkat pengawetan (*preservation*), dan intensitas pembakaran, kelompok inertinit dibedakan menjadi *fusinit*, *semifusinit*, *sclerotinit*, *mikrinit*, *inertodetrinit*, dan *macrinit*.



Gambar 3. Proses Terbentuk Formasi *Maceral*^[5]

Tabel 1. Klasifikasi Maseral pada Batubara^[5]

Grup Maseral	Subgrup Maseral	Maseral	
Vitrinite (Huminit)	Telo-vinit	Textinite	
		Texto-ulminite	
		Eu-ulminite	
		Telocollinite	
		Atinite	
	Detro-vinit	Desinite	
		Desmocollinite	
		Corpogelinite	
		Pongelinite	
		Eugilinite	
Liptinite		Sporinite	
		Quinit	
		Resinite	
		Suberinite	
		Fluorinite	
		Liptodetrinite	
		Exudatinit	
		Bituminit	
		Fusinit	
		Semifusinit	
Inertinite	Telo-inertinite	Sclerotinit	
		Inertodetrinit	
	Detro-inertinite	Micrinit	
		Gelo-inertinite	Macrinit

Maceral vitritine dan *liptinit* dikenal sebagai *maceral reactive*, sedangkan *inertinit* adalah *maceral* yang *non reactive*. Sifat dari *maceral* reaktif dalam kandungan organik batubara apabila dipanaskan tanpa udara pada *range* temperatur tertentu akan meleleh (*melting*) kemudian menjadi solid kembali membentuk *coke* atau kokas yang bersifat kohesif dan *porous*. *Maceral liptinit* sebenarnya seperti halnya *vitritine* juga mengalami *melting* pada saat dipanaskan, namun *liptinit* tidak kembali solid seperti *vitritine*, melainkan sebagian menyublim atau berubah menjadi gas atau uap. Sedangkan *maceral inertinit* tidak mengalami atau perubahan pada saat dipanaskan^[6].

Kualitas *coking coal* memiliki sifat mudah berubah karena oksidasi dan kontaminasi. Parameter kualitas yang cepat berubah adalah sifat *rheology* terutama *fluidity*. Penurunan sifat *fluidity* karena oksidasi ini sangat bervariasi tergantung tingkat oksidasi dan kualitas dari *coking coal*nya. Oleh karena itu, penentuan secara langsung dengan simulasi dengan menggunakan batubara yang ingin diketahui sifatnya akan lebih mendekati dibanding dengan teoritis. Dalam skala laboratorium, untuk mengetahui bahwa suatu batubara bituminus sudah mengalami oksidasi atau tidak, bisa dengan melakukan *transmittance test*. Tes ini di dalam

ASTM standard berjudul tes “*Determining the Relative Degree of Oxidation in Bituminous Coal by Alkali Extraction*”^[7].

Pengklasifikasian batubara bertujuan untuk mengetahui variasi mutu atau kelas batubara. Klasifikasi batubara yang umum digunakan adalah klasifikasi menurut ASTM (*American Society fo Testing Materials*) berdasarkan *rank*. Untuk klasifikasi batubara *coking coal* saat ini tidak ada acuan secara khusus tetapi klasifikasi tersebut berkembang secara komersial. Oleh karena itu di beberapa tempat atau negara, *range* nilai parameter tersebut bisa berbeda untuk golongan yang sama.

Dari sisi komersial, *mettallurgy coal* dapat diklasifikasikan menurut penggolongan harga sebagai berikut : *premium hard coking coal*, *standart hard coking coal*, *semi hard coking coal* dan *semi soft coking coal*^[8]. Dengan cara pengklasifikasian diatas, batubara PT. Lahai Coal di klasifikasikan berdasarkan kandungan *ash* dan sulfur.

Tabel 2. Klasifikasi Batubara PT Lahai Coal^[3]

COAL PRODUCT	QUALITY		Calorific Value (Kkal/kg)
	ASH	TOTAL SULFUR	
Semi Soft <i>Coking coal</i> Low Sulfur (SSCC LS)	1 - 7 %	0,1 - 0,8 %	6900 - 8200
Semi Soft <i>Coking coal</i> Medium Sulfur (SSCC MS)	1 - 7 %	0,8 - 1,4 %	
Semi Soft <i>Coking coal</i> High Sulfur (SSCC HS)	1 - 7 %	> 1,4 %	
THERMAL A	7 - 10 %	0,1 - 0,8 %	
THERMAL B	10 - 14 %	0,8 - 2 %	
THERMAL HS	7 - 10 %	> 1,4 %	

Metallurgy Coal adalah sebagai sumber karbon di industri besi dan baja, dimana batubara digunakan sebagai reduktor bijih besi menjadi logam besi dan baja. Berbeda dengan *thermal coal* yang langsung digunakan di power generation tanpa proses terlebih dahulu, *coking coal* tidak bisa langsung digunakan di dalam smelter^[8]. Sebelum digunakan dalam proses smelter, batubara *coking* harus dikarbonisasi terlebih dahulu sampai menghasilkan kokas atau *coke*. Dan *coke* inilah yang langsung digunakan dalam proses peleburan bijih besi khususnya yang menggunakan proses peleburan dalam *blast furnace* seperti. Fungsi utama *coke* dalam proses peleburan bijih besi dalam *blast furnace* ini adalah sebagai reduktor untuk bijih besi^[10] [11].

Pada proses pembuatan *coke*, sebelum *coking coal* dimuat kedalam *coke oven* umumnya dilakukan *blending* untuk memenuhi kualitas *coke* yang diperlukan. Ada juga yang menggunakan *single coking coal* (tanpa *blending*) tetapi jarang. Salah satu yang menjadi pertimbangan dalam *blending* tersebut adalah yang paling utama untuk improve kualitas *coke* yang dihasilkan, salah satunya adalah *Coke strength*. Biasanya *lower rank coking coal* diblending dengan *medium* atau *higher rank coking coal* untuk mendapatkan *coke strength* yang diinginkan^[12].

Sebelum *coking coal* di muat kedalam *coke oven* batubara yang sudah diblending kemudian di hancurkan ke ukuran kira - kira 3 mm (80-85 % lolos 3 mm) kemudian dimuat kedalam *bunker services*. Dari

bunker tersebut *coking coal* kemudian dimuat kedalam *coke oven* dengan menggunakan *charging car (larry car)*. Di dalam oven tersebut terjadi proses pembentukan *coke* dengan tahapan sebagai berikut; *Coke oven* dipanaskan melalui *side wall chamber*. Panas diberikan baik dari *coke oven* sendiri atau gas dari *blast furnace*. Karena panas di distribusikan secara progressif di dalam oven, maka *coking coal* meleleh dan kemudian memadat kembali. *Plastic layer* terbentuk secara paralel terhadap dinding *coke oven*, dimulai dari dinding oven terus menjalar ke bagan tengah muatan batubara dalam oven tersebut. *Plastic layer* kemudian dikontrol nilainya antara 12 mm/h dan 19 mm/h. *Rate plastic layer* ini disebut *Coking Rate*. Pada saat temperatur di bagian tengah oven dalam rentang 900 dan 1000 °C, proses *coking* sudah selesai dan *coke* yang terbentuk kemudian di dorong keluar dengan menggunakan alat yang disebut *Ram Machine*. *Coke* kemudian dibawa menggunakan *coke car* ke ruangan *quenching* atau pendinginan yaitu dengan disemprot dengan air. Setelah dingin, *coke* kemudian dibawa ke *storage coke* untuk digunakan di dalam *blast furnace*^[13].

Blast Furnace adalah suatu *reactor* berbentuk silinder dengan ukuran yang cukup besar sekitar tinggi sampai 40 meter dengan volume inernal sampai 4,000 m³. Didalam tungku ini bijih besi atau oksida besi direduksi dengan menggunakan *coke* dan udara sehingga bijih besi menjadi besi logam. Bongkahan *coke*, bijih besi, dan *limestone* dimasukan dari bagian atas *furnace*. *Lime stone* ditambahkan untuk mengikat silikat dan *aluminat* yang terkandung dalam *coke* dan bijih besi membentuk *slag* yang biasanya didominasi oleh *calcium silikat* dan *calcium aluminat*. *Slag* kemudian disadap dalam kondisi cair di bagian bawah *furnace*. *Ash* dari *coke* di kontrol secara ketat untuk meminimalisir volume *slag* yang dihasilkan. Temperatur dijaga agar *slag* tetap dalam bentuk cair sehingga mudah dikeluarkan dari dalam *furnace*^[14].

Slag sebagai produk samping biasanya digiling ke ukuran tertentu dan digunakan dalam pembuatan jalan. Bijih besi dirubah menjadi besi logam pada temperatur sekitar 1500°C. *Slag* dan logam panas besi mengalir ke bagian bawah *furnace* dan terpisah di bagian bawah karena perbedaan berat jenis, dimana besi cair berada di bagian bawah, sedangkan *slag* berada di bagian lapisan atas. Besi cair yang dihasilkan kemudian disadap dan diproses lebih lanjut menjadi baja pada *furnace* yang terpisah untuk pemurnian. *Furnace* yang digunakan seperti *basic oxygen plant*, dimana silika yang masih terkandung dalam besi cair tersebut direduksi dengan penambahan lagi *limestone* menjadi *slag*, sedangkan karbon dioksidasi menggunakan oksigen murni sehingga terbakar dan lepas dari besi tersebut. Pada saat kadar karbon sudah berkurang pada level tertentu, kemudian elemen untuk *ferro alloy* yang diperlukan seperti mangan, nikel, *chrome*, dan lain lain ditambahkan^[14].

Di dalam *blast furnace*, *coke* dipanaskan segera setelah turun kebagian bawah *furnace* pada temperatur 1000 – 1300 °C di sekitar *raceway*, dan menjadi gas reduktor pada temperatur *range* 2000 - 2400 °C. Gas

yang tidak bereaksi meninggalkan *furnace* sebagai produk samping dan digunakan di bagian lain pabrik besi baja tersebut.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April–Mei tahun 2018. Lokasi penelitian di Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini lebih terarah ke penelitian terapan (*Applied Research*), yaitu salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk mengaplikasikan teori yang didapat dibangku perkuliahan terhadap kondisi aktual dilapangan.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Untuk proses pengumpulan data dilakukan di perusahaan PT. Pamapersada Nusantara site Adaro Met Coal dan merujuk kepada beberapa literatur yang terkait dengan judul. Proses pengumpulan data sendiri untuk tahap awal dilakukan di perusahaan PT. Pamapersada Nusantara site Adaro Met Coal. Data yang diambil untuk mendukung penelitian ini berupa data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diambil langsung dilapangan atau bisa juga dikatakan data yang diambil dari pengamatan langsung. Proses pengambilan data ini berupa pengambilan sample batubara dan Uji *Crucible Swelling Number* (CSN). Sample batubara diambil setiap hari sesuai dengan jenis batubara yang akan di kapalkan (*Barging*). Sample tersebut dibawa ke Laboratorium Sucofindo yang ada di site untuk di preparasi dan di uji. Data primer yang juga digunakan adalah foto dan video proses loading batubara dan proses penumpukan material di Stock ROM. Hal ini sebagai bukti dan bahan evaluasi terkait perbaikan yang dilakukan di lapangan

Data sekunder adalah data yang didapat tanpa mengambil langsung kelapangan. Data sekunder digunakan untuk mendukung dari proses penelitian yang akan dilaksanakan. Pada penelitian ini, sebagian besar data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Adapun data sekunder yang digunakan adalah data topografi daerah penelitian, data lithologi batubara, data kualitas Batubara dan data curah hujan.

3.3 Teknik Pengolahan Data

Teknik yang dilakukan dalam analisa data yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, baik itu data primer maupun data sekunder. Sehingga dari keduanya didapat penyelesaian masalah. Data primer yaitu nilai CSN yang didapatkan dari hasil Laboratorium digunakan sebagai acuan dalam perbaikan sistem penambangan yang dilakukan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Permasalahan Kegiatan Penambangan saat ini

Dengan sistem penambangan *coking coal* yang saat ini dilakukan oleh PT PAMA masih terdapat beberapa permasalahan yang terjadi. Hal ini berakibat komplain dari pihak *costumer* terhadap PT PAMA terkait dengan penurunan kualitas yang terjadi akibat adanya kontaminasi pada batubara mereka. Naikannya kadar *ash* yang di akibatkan dari kesalahan system penambangan berdampak kepada turunnya nilai *Crucible Swelling Number* (CSN) seperti pada tabel 10. Ketika terjadi kontaminasi yang sangat banyak pada batubara mereka maka *costumer* akan mengenakan penalti kepada PT PAMA yang menyebabkan kerugian secara finansial kepada perusahaan.

Tabel 3. Nilai Ash dan CSN saat ini

BULAN	Ash %	CSN
OKTOBER 2017	4,2	3,2
NOVEMBER 2017	2,5	3,7
DESEMBER 2017	7,2	4,2
JANUARI 2018	8,4	3,5
AVERAGE	6,0	3,7

Permasalahan yang masih sering terjadi pada proses penambangan *coking coal* meliputi kegiatan persiapan *front loading* batubara yang mana masih sering ditemukannya kontaminasi pada batubara yang telah dibersihkan serta *front loading* batubara yang tergenang air. Untuk proses *loading* dan *hauling* banyak ditemukannya kontaminasi dan tumpahan batubara di *front loading*. Pada proses penumpukan batubara sering ditemukan genangan air dan kerusakan lantai kerja pada *stock ROM*. Berikut rangkuman permasalahan yang terjadi pada sistem penambangan *coking coal* di PT PAMA :

Tabel 4. Permasalahan pada sistem penambangan yang ada

No	Kegiatan	Permasalahan
1	Persiapan <i>front loading</i>	Masih ditemukan material pengotor di lapisan atas batubara yang telah dilakukan proses <i>cleaning</i> Ditemukannya <i>front loading</i> batubara yang tergenang air
2	Kegiatan <i>loading</i> dan <i>hauling</i>	Sering ditemukannya kontaminasi <i>overburden</i> di <i>front loading</i> dan <i>stock ROM</i> batubara Ditemukan tumpahan batubara di <i>front loading</i> pada saat pemuatan batubara ke atas <i>dump truck</i>
3	Penumpukan batubara di <i>stock ROM</i>	Banyak genangan air yang ada pada <i>stock ROM</i> sehingga sering terjadi kerusakan Proses pemuatan batubara ke <i>dump truck</i> menyebabkan kerusakan pada lantai <i>stock ROM</i>

4.2 Persiapan *Front Loading*

4.2.1 Proses pembersihan (*cleaning*) batubara

Proses *cleaning* dilakukan dengan menggunakan excavator dengan merk Komatsu type PC 200 yang memiliki bucket yang telah dimodifikasi dengan menambahkan cutting edge di ujung bucket agar dapat memudahkan proses pembersihan batubara. Cara melakukan *cleaning* yang benar adalah *overburden* di tarik ke arah luar dengan posisi excavator mundur agar batubara yang sudah di *cleaning* tidak terinjak kembali oleh excavator yang membersihkan



Gambar 4. Proses *Cleaning* batubara dengan PC 200

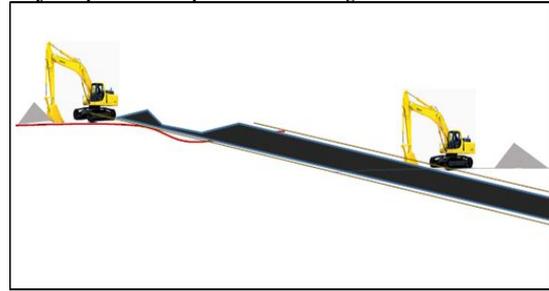
Setelah selesai proses *cleaning*, lokasi batubara diberikan pita pembatas untuk menjadi acuan pada saat proses *loading* ke *dump truck* dan sebagai tanda agar tidak dilewati oleh alat berat. Batubara yang di proses *cleaning* harus batubara yang akan dimuat dan diangkut ke *stock ROM* atau pelabuhan. Apabila batubara tidak akan dimuat dalam waktu dekat maka tidak boleh dilakukan pembersihan terlebih dahulu. Dilarang melakukan proses *cleaning* di area yang tidak ditentukan oleh *mineplan engineer*. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya penurunan kualitas batubara yang sudah dibersihkan oleh air apabila terjadi hujan.



Gambar 5. Proses pemasangan pita batas area *cleaning*

Material hasil *cleaning* yang dapat mengotori batubara harus dibersihkan dari kepala dan *roof* batubara dengan jarak minimal 1 meter dan tidak boleh ada genangan air. Material hasil *cleaning* batubara harus segera di *loading* untuk menghindari adanya kontaminasi yang terjadi ketika hujan. Tidak diperkenankan adanya kontak antara batubara yang sudah di *cleaning* dengan alat berat apapun selain unit *excavator* yang akan melakukan penggalian. Dan

pada saat malam hari harus tersedia lampu penerangan dengan jarak ± 30 meter dari lokasi batubara untuk meminimalisir kontaminasi yang bisa terjadi pada saat proses *cleaning* dilakukan.



Gambar 6. Standar Proses *Cleaning* batubara

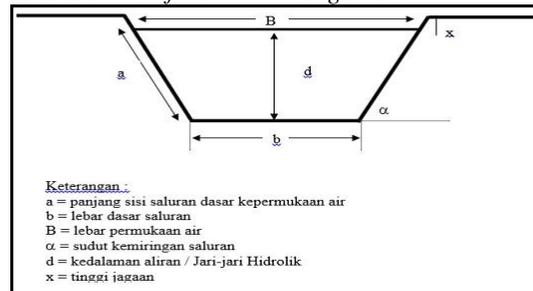
4.2.2 Pembuatan *drainage* pada *front loading* Batubara

Untuk mencegah adanya kontaminasi pada batubara yang sudah di *cleaning* pada saat hujan maka lokasi *front* wajib dibuatkan saluran air (*drainage*)^[15]. *Drainage* ini bertujuan untuk mengarahkan air agar tidak masuk ke *front* penambangan batubara dan mengotori batubara yang sudah bersih. Karakteristik batubara di PT Pamapersada mudah tergerus air dan rapuh (*brittle*) maka dari itu hal ini bisa mengurangi volume batubara yang ada karena terkikis dan terbawa air.



Gambar 7. Bentuk actual *drainage* yang baik

Drainage yang dibentuk dengan baik, bisa mencegah air limpasan hujan tidak bersinggungan langsung dengan batubara. Hal ini juga berdampak kepada PH air di tambang yang bisa meningkat jika air yang masuk kedalam tambang bersinggungan langsung dengan batubara. Agar lebih memudahkan pekerjaan di lapangan, *drainase* dibentuk selebar *bucket* PC300 Komatsu ± 1 meter dengan dimensi sesuai dengan arahan *mine infrastructure engineer*.



Gambar 8. Penampang saluran bentuk trapezium

4.2.3 Rancangan SOP kegiatan Persiapan Front loading

Berdasarkan Analisa permasalahan dan solusi perbaikan maka dibuatkanlah rancangan Prosedur Standar Operasi (SOP) untuk kegiatan persiapan *front loading*. Berikut rancangan SOP tersebut :

1. Kegiatan *cleaning* batubara harus menggunakan unit PC 200 dengan ujung bucket yang telah di tambahkan *cutting edge*.
2. Material hasil *cleaning* harus dibersihkan dari kepala (*top*) batubara.
3. Jarak material hasil *cleaning* dari kepala batubara minimal 1 meter dan tidak boleh terdapat genangan air.
4. Material hasil *cleaning* harus segera diloaded agar mencegah kontaminasi ketika terjadi hujan.
5. Saluran air (*drainage*) dipastikan harus tersedia agar air tidak mengalir dibadan batubara dan menggenangi *front loading* batubara.
6. Pada saat kegiatan penambangan di malam hari harus terdapat lampu penerangan dengan jarak ± 30 meter dari *front loading* dengan standar pecahayaan minimal 20 Lux.

4.3 Kegiatan Loading dan Hauling

4.3.1 Pengecekan kondisi aktual batubara

Dengan kondisi batubara yang tipis dan terdapat banyak *parting* yang tidak sama pada semua area maka diperlukan cara untuk bisa memastikan kondisi aktual batubara yang akan digali. Proses untuk memastikan ini biasa disebut *Joint Sign Off* yang dilakukan oleh pengawas batubara PT PAMA dengan PT Lahai Coal. Pada proses ini dilakukan pembuatan lubang dari hasil penggalian *excavator* (*channel sampling*) pada lapisan batubara yang akan dicek. Setelah itu akan diukur ketebalan aktual batubara dan *parting* yang ada pada lapisan tersebut seperti gambar dibawah ini. Setelah itu akan dikeluarkan keputusan terkait proses *loading* untuk batubara yang ada di lokasi tersebut. Hasil *joint sign off* terdapat rekomendasi seperti apakah batubara tersebut diambil atau tidak dengan pertimbangan banyak *parting* yang ada dan jika diambil apakah *parting* tersebut di pisahkan atau dicampur dengan lapisan batubara. Hal ini dilakukan untuk memastikan batubara yang dimuat selalu terkontrol kualitasnya dan minim pengotor.



Gambar 9. Proses *joint sign off*

4.3.2 Standar front loading

Front loading batubara harus berada lebih tinggi dari pada jalan angkut batubara. Hal ini diwajibkan agar setelah proses penggalian (*loading*) batubara tidak menimbulkan lubang yang bisa berpotensi menjadi genangan air. Posisi *front loading* batubara yang lebih tinggi juga mempermudah alat *loading* untuk melakukan pemuatan ke *dump truck* dan mengurangi resiko terkena material yang berjatuh dari *bucket excavator*.



Gambar 10. Bentuk *front loading* batubara yang standar

Batubara yang akan di *loading* oleh *excavator* terlebih dahulu di lakukan pembersihan menggunakan *bucket excavator* atau digaru (*ripping*) menggunakan *bulldozer* yang sudah dibersihkan *tracknya* terlebih dahulu. Pembersihan ini dilakukan untuk memudahkan *excavator* melakukan penggalian karena jika tidak batubara tersebut sangat keras untuk digali.

4.3.3 Teknik penggalian batubara

Proses penggalian batubara untuk jenis *coking coal* di PT PAMA ada 3 tahapan yang dilalui yaitu :

1. Roofing

Roofing adalah kegiatan yang dikerjakan setelah proses *cleaning* selesai dilakukan yaitu proses mengambil batubara bagian atas (*roof*) setebal ± 20 cm. Hal ini dikarenakan tipe batubara di PT PAMA pada bagian atas (*roof*) memiliki kandungan sulfur yang tinggi sehingga harus dipisahkan dan dimasukkan ke dalam jenis batubara yang *high sulphur*. Kegiatan ini dilakukan dengan *excavator* PC 300 dengan batubara *roof* tersebut dikumpulkan terlebih dahulu setelah itu baru dimuat ke atas *dump truck*.



Gambar 11. Proses excavator sedang melakukan proses roofing

2. Coal getting

Proses yang dilakukan setelah roofing adalah coal getting yaitu proses penggalian batubara pada bagian body batubara. Dalam proses ini sedapat mungkin memaksimalkan batubara yang terambil untuk dijadikan produk utama. Aktivitas ini menggunakan excavator jenis PC 300 yang sudah di bersihkan track dan bucketnya terlebih dahulu sebelum masuk ke lokasi penggalian batubara. Posisi excavator harus lebih tinggi dari pada ban alat angkut dan kondisi dudukan excavator harus rata dan stabil. Posisi alat angkut (hauler) tidak boleh menginjak body batubara agar meminimalkan kontaminasi yang terjadi akibat material yang menempel pada dump truck. Apabila material batubara berada jauh dari jalan dump truck maka harus kumpulkan (stock) terlebih dahulu setelah itu di dekatkan (estafet) ke posisi front loading excavator.



Gambar 12. Posisi alat muat dan alat angkut

3. Flooring

Flooring adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengambil batubara tersisa di bagian bawah lapisan batubara yang tebalnya 5 - 10 cm. Batubara hasil dari flooring ini digolongkan ke batubara yang mengandung kadar ash yang tinggi yaitu thermal B.



Gambar 13. Proses kegiatan flooring

4.3.4 Rancangan SOP Kegiatan Loading dan Hauling

Berdasarkan Analisa permasalahan dan solusi perbaikan maka dibuatkanlah rancangan Prosedur Standar Operasi (SOP) untuk kegiatan loading dan hauling. Berikut rancangan SOP tersebut :

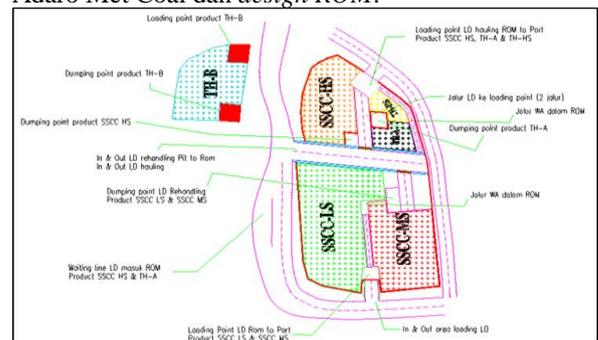
1. Sebelum melakukan loading batubara harus dilakukan terlebih dahulu joint sign off bersama pihak customer untuk mengetahui kondisi batubara dan cara penanganannya.

2. Pastikan excavator dalam kondisi bersih dari kontaminasi. Apabila masih kotor harus dicuci terlebih dahulu sebelum masuk ke lokasi front loading batubara.
3. Posisi alat muat (excavator) harus lebih tinggi dari bak (vassel) alat angkut (dump truck) agar memudahkan operator dalam proses pemuatan batubara.
4. Dump truck dilarang menginjak badan (body) batubara.
5. Kegiatan penggalian batubara harus meliputi proses roofing, coal getting dan flooring
6. Pada saat kegiatan penambangan di malam hari harus terdapat lampu penerangan dengan jarak ± 30 meter dari front loading dengan standar pecahayaan minimal 20 Lux.

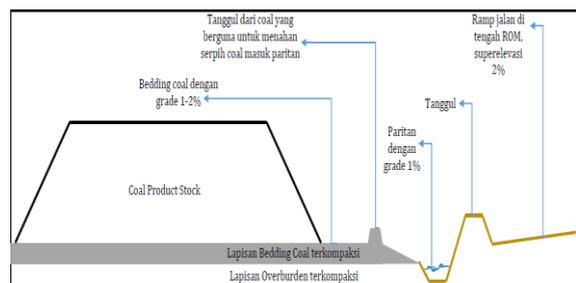
4.4 Penumpukan Batubara di Stock ROM

4.4.1 Pembuatan design pembentukan Stock ROM

Proses manajemen ROM PT PAMA dimulai dari design dan pembentukan stockpile yang baik. Design ROM memperhatikan kapasitas dan jenis batubara yang akan ditampung, sehingga luasan ROM bisa berbeda masing-masing jenis batubara^[15]. Rencana arah aliran air sangat penting dalam pelaksanaan design ROM, karena ketika arah aliran air tidak direncanakan dengan baik maka akan berakibat kontaminasi pada batubara yang ada ROM. Arah jalan masuk dan keluar di ROM juga harus di design dengan baik untuk mengurangi kemungkinan kerusakan ROM akibat dump truck yang masuk^[15]. Dibawah ini adalah layout ROM PT PAMA jobsite Adaro Met Coal dan design ROM.



Gambar 14. Design ROM PT PAMA

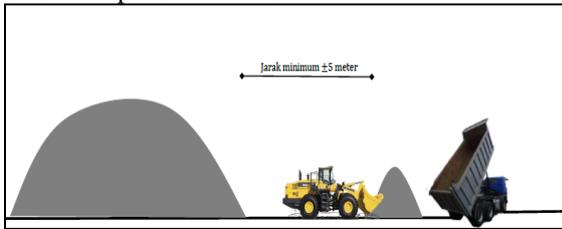


Gambar 15. Design drainase ROM PT PAMA

4.4.2 Aturan lalu lintas dan kegiatan di area stock ROM

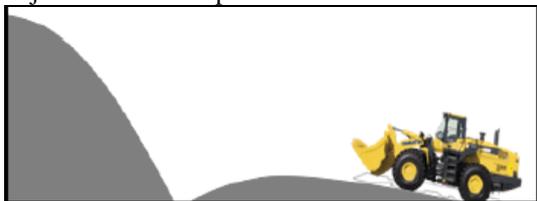
Proses penumpukan batubara di ROM ada beberapa aturan yang harus dilaksanakan untuk menjaga kondisi stock ROM supaya tidak rusak dan kualitas batubara tidak terkontaminasi.

1. Jarak *dump truck* membuang batubara (*dumping*) di ROM berjarak 5 meter dari kaki (*toe*) tumpukan batubara dan dilakukan tempat yang sudah ditentukan. *Dump truck* tidak boleh masuk ke dalam tumpukan batubara.



Gambar 16. Standar jarak dumping di ROM

2. Proses pemindahan batubara (*trimming*) dilakukan oleh alat *Wheel Loader* type WA500 dengan dibantu dengan 1 unit *bulldozer* yang khusus di peruntukan untuk ROM dengan type DZ 85. Proses pemindahan batubara dari hasil *dumping* *dump truck* tidak boleh sampai mengenai lapisan (*bedding*) ROM agar tidak terjadi kontaminasi pada batubara



Gambar 17. Proses pemindahan batubara oleh *wheel loader*

3. Proses pemuatan batubara untuk di bawa ke pelabuhan dengan menggunakan kaedah FIFO (*First In First Out*) yaitu batubara yang lebih dulu di tumpuk maka itulah pertama kali harus di muat ke *dump truck*. Hal ini untuk mencegah batubara tersimpan lama di ROM yang bisa mengakibatkan swabakar pada batubara^[16] ^[17] ^[18]. Proses pemuatan (*loading*) batubara kedalam *dump truck* harus dilakukan pada tempat yang telah di tentukan dengan jarak minimum 5 meter dari tumpukan batubara.



Gambar 18. Proses pemuatan batubara oleh *wheel loader*

4.4.3 Rancangan SOP Penumpukan Batubara di Stock ROM

Berdasarkan Analisa permasalahan dan solusi perbaikan maka dibuatkanlah rancangan Prosedur Standar Operasi (SOP) untuk kegiatan penumpukan batubara di stock ROM. Berikut rancangan SOP tersebut :

1. Pembentukan stock ROM harus berdasarkan design dari mine plan dengan mempertimbangkan arah aliran air.
2. Proses pembuangan (*dumping*) batubara oleh *dump truck* dilakukan pada satu titik area dengan jarak minimum dari *toe* tumpukan batubara paling luar yaitu 5 meter
3. Proses pemindahan batubara di *stock ROM* dilakukan dengan menggunakan *Wheel Loader* type WA 500.
4. Pada saat pemuatan batubara untuk diangkut ke pelabuhan, proses tersebut dilakukan ditempat yang sudah ditentukan (*loading point*) dengan mengikuti kaidah FIFO.
5. *Dump truck* tidak boleh menginjak dan menaiki tumpukan batubara di *stock ROM*.
6. Pada saat kegiatan penambangan di malam hari harus terdapat lampu penerangan dengan jarak ± 30 meter dari *front loading* dengan standar pecahayaan minimal 20 Lux.

4.5 Evaluasi Hasil Penerapan SOP

Untuk melihat seberapa efektif proses perbaikan yang telah dilakukan dalam sistem penambangan batubara *coking coal* yang meliputi proses persiapan *front loading*, kegiatan *loading hauling* serta pada proses penumpukan batubara di *stock ROM* maka kita harus melihat hasil CSN yang didapat setelah perbaikan. Dari proses perbaikan yang dilakukan selama 3 bulan yang dimulai pada bulan Februari sampai April 2018 maka dilakukan evaluasi terhadap nilai ash dan CSN. Dan dari hasil evaluasi setelah perbaikan itu didapatkan nilai kadar *Ash* mengalami penurunan sebesar 43 % dari sebelum perbaikan. Sedangkan nilai CSN naik 66 % dari sebelum perbaikan. Berarti perbaikan yang telah dilakukan efektif dalam menurunkan nilai *ash* pada batubara sehingga berdampak pada kenaikan nilai CSN.

Tabel 5. Nilai Ash dan CSN setelah perbaikan.

BULAN	Ash %	CSN
FEBRUARI 2018	3,8	6,1
MARET 2018	4,9	7,0
APRIL 2018	1,6	7,3
AVERAGE	3,4	6,8

Kegiatan	Permasalahan	Faktor Penyebab	Solusi Permasalahan
Persiapan Front Loading	Masih ditemukan material pengotor di lapisan atas batubara yang telah dibersihkan	Proses cleaning batubara yang dilakukan tidak benar	Proses cleaning dilakukan dengan menggunakan alat PC 200 yang bucket telah ditambahkan cutting edge Material hasil cleaning diarahkan kearah hiar dengan posisi Excavator mundur Dipasang pita pembatas area yang telah di cleaning Material cleaning harus diarahkan 1 meter dari puncak (top) batubara dan hasil cleaning harus segera di loading
	Diemukannya front loading batubara tergenang air	Tidak adanya drainase di front loading	Pembuatan drainase dengan menggunakan PC 300
Loading Hauling	Sering ditemukannya kontaminasi OB di front loading dan stock ROM	Adanya parting pada lapisan batubara	Dilakukan Joint Sign Off dengan kostumer untuk mengecek lapisan batubara Posisi excavator harus lebih tinggi dari dump truck
	Batubara di front sering tumpah	Metoda loading yang dilakukan excavator tidak benar	Dump truck tidak boleh menginjak body batubara Harus dilakukan roofing dan flooring pada saat penggalan batubara
Penumpukan batubara di stock ROM	Diemukan banyak genangan air di stock ROM	Tidak adanya drainase di stock ROM	Pembuatan design stock ROM dengan memperhatikan arah aliran air Dump truck tidak boleh naik ketumpukan batubara. Batas dumping 5 meter dari kaki tumpukan batubara
	Kerusakan pada lantai stock ROM	Tidak adanya sistem keluar masuk dump truck di stock ROM	Proses pemindahan batubara harus dilakukan dengan menggunakan wheel loader Proses pemuatan batubara mengikuti kaedah FIFO dan jarak pemuatan 5 meter dari kaki tumpukan batubara

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Pada proses persiapan *front loading* batubara proses *cleaning* harus dilakukan dengan unit yang telah dimodifikasi pada bucketnya dengan metoda mundur ke arah yang akan dilakukan pembersihan. Pengendalian aliran air yang melintas paea batubara dilakukan dengan pembuatan parit di sekitar *front loading*.
- Pada kegiatan loading dan hauling sebelum melakukan pengambilan batubara harus dilakukan *joint sign off* terlebih dahulu untuk memastikan kondisi lapisan batubara. Posisi *excavator* pada proses *loading* harus lebih tinggi dari pada dump truck untuk memudahkan pemuatan dan dump truck tidak boleh melintas di atas batubara agar tidak mengotori batubara yang sudah bersih.
- Proses penumpukan batubara harus mengikuti aturan lalu lintas di *stock ROM* dan saluran air harus dibentuk dengan baik agar tidak terjadi genangan air di *stock ROM* yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada lantai (*based*) *stock ROM*.

5.2 Saran

- Untuk memperoleh kualitas batubara sesuai yang diinginkan standar prosedur penambangan yang sudah dibuat harus dijalankan secara terus menerus.
- Kontrol dari pengawas lapangan sangat berpengaruh dalam kegiatan loading batubara untuk mengawasi proses penambangan dilakukan sesuai dengan prosedur.
- Pada lapisan batubara seam HC sebaiknya proses penambangan dilakukan pada shift 1 untuk mencegah kontaminasi bisa terjadi karena ketebalan seam yang tipis.

Daftar Pustaka

- World Coal Institute. *Sumber Daya Batubara*. Hlm. 9 (2004)
- H. Mulyana. *Kualitas Batubara dan Stockpile Management*. PT Geoservices, LTD (2005)
- PT Lahai Coal. *Analisis Dampak Lingkungan Hidup Pertambangan Batubara*. PT Lahai Coal (2006)
- Situmorang, B.J.A. *Potensi Batubara Daerah Long Bangun Kabupaten Kutai Barat Kaltim*. Jurnal Ilmiah MATG. Vol 5. No 1 (2012)
- Sri Widodo. Rini Antika. *Studi Fasies Pengendapan Batubara Berdasarkan Komposisi Maseral di Kabupaten Barru Sulawesi Selatan*. Jurnal group Teknik Geologi Vol 6, No 6 (2012)
- Miftahul Huda, Silti Salinita. *Perubahan Komposisi Maseral dalam Batubara Wahau setelah Pengeringan/Upgrading*. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Vol. 13, No 3 (2017)
- Annual Book ASTM Standard. *Gaseous Fules, Coal and Coke, Petroleum Products, Lubricant and Fossil Fuels*, Section 5 Vol.05, No.5: (2002)
- Cook, A.C *The Origin and Petrology of organic matter in Coal*. The University Wollongong. (1982)
- Irwandy Arif. *Batubara Indonesia*. PT Gramedia Pustaka Utama (2014)
- Sukandarrumidi. *Batubara dan Gambut*. Universitas Gajah Mada (2008)
- Sukandarrumidi. *Batubara dan Pemanfaatannya*. Universitas Gajah Mada (2009)
- Erlina Yustanti. *Pencampuran Batubara Coking dengan Batubara Lignite Hasil Karbonisasi sebagai Bahan Pembuatan Kokas*. Jurnal teknologi pengolahan limbah Vol 15, No 1 (2012)

- [13] Diez M.A, Alvarez R, Barriocanal. C. *Coal for Metallurgical Coke Production : Predictions of Coke Quality and Future Requirements for Cokemaking*. International Journal of Coal Geology Vol 50, Hlm 389 – 412 (1999)
- [14] Zamzam Buchory, Abubakar. *Analisis Kelayakan Pabrik Pembuatan Kokas Non Coking*. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Vol 3, No 3 (2015)
- [15] Yanto Indonesianto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Universitas Pembangunan Nasional (2005)
- [16] R. Silvika Maksum, Nurhakim, Riswan. *Optimasi Pengelolaan Stockrom-Stockpile Serta Simulasi Penanganan Tumpukan Batubara di Stockrom*. Jurnal Geosaita Vol.2, No.1 (2016)
- [17] Triono, Y. Suryadi Ambak. *Kajian Teknis Pencegahan Swabakar Batubara di PT. Bukit Baiduri Energy Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Geologi Pertambangan Vol.2 (2015)
- [18] M. Nurul Filah, E. Ibrahim, Y. Bayu Ningsih. *Analisis Terjadinya Swabakar dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Batubara pada Area Timbunan 100/200 pada Stockpile Kelok S Di PT. Kuansing Inti Makmur*. Jurnal Teknik Pertambangan (2016)